

ЗАГАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ХАРЧОВІЙ ГАЛУЗІ

Конспект лекцій
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
освітньої програми «Харчові технології»
галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво
спеціальності G13 Харчові технології
денної та заочної форм навчання

Модуль 1 – 3

Голова вченої ради факультету митної справи,
матеріалів та технологій ЛНТУ _____ В. В. Ткачук

Затверджено вченою радою факультету митної справи, матеріалів та технологій
ЛНТУ, протокол № ____ від _____ 2026 року

Електронна копія друкованого видання передана для внесення
в репозиторій ЛНТУ
Директор бібліотеки _____ Н. П. Поліщук

Рекомендовано до видання на засіданні кафедри харчових технологій та хімії ЛНТУ,
протокол № ____ від _____ 2026 року
Завідувач кафедри ХТХ _____ І. М. Дударєв
Укладачі:

_____ С. Є. Голячук, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри харчових технологій та хімії ЛНТУ

_____ І. М. Дударєв, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри
харчових технологій та хімії ЛНТУ

_____ С. Г. Панасюк, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри
харчових технологій та хімії ЛНТУ

_____ І. В. Тараймович, кандидат технічних наук, доцент, доцент
кафедри харчових технологій та хімії ЛНТУ

Рецензент: _____ В. А. Сай, кандидат технічних наук, доцент, доцент
кафедри харчових технологій та хімії ЛНТУ

Відповідальний за випуск: _____ І. М. Дударєв, доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри харчових технологій та хімії ЛНТУ

З 38 Загальні технології у харчовій галузі [Текст]: конспект лекцій для
здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми
«Харчові технології» галузі знань 6 Інженерія, виробництво та будівництво
спеціальності G13 Харчові технології денної та заочної форм навчання.
*Модуль 1 – 3 / уклад. С. Г. Голячук, І. М. Дударєв, С. Г. Панасюк, І. В.
Тараймович. Луцьк : ЛНТУ, 2026. 171 с.*

Методичне видання складене відповідно до робочої програми з курсу
«Загальні технології у харчовій галузі» з метою надання методичної допомоги в
процесі вивчення дисципліни.

©С. Г. Голячук, І. М. Дударєв, С. Г. Панасюк, І. В. Тараймович, 2026

ВСТУП

Сировина та допоміжні матеріали є основою функціонування харчових виробництв і визначають якість, безпечність та харчову цінність готової продукції. Раціональний вибір сировини, її правильне зберігання та підготовка до перероблення є ключовими чинниками ефективності технологічних процесів та конкурентоспроможності харчових підприємств.

Водночас вода є одним із найважливіших компонентів харчових технологій, що використовується як сировина, теплоносії, розчинник та середовище для перебігу фізико-хімічних і біохімічних процесів.

Сучасні технології перероблення рослинної сільськогосподарської сировини ґрунтуються на комплексному використанні біологічних ресурсів, впровадженні ресурсозберігаючих та екологічно безпечних технологій, а також на застосуванні інноваційних методів оброблення та зберігання продуктів. Рослинна сировина є важливим джерелом поживних речовин, біологічно активних компонентів та функціональних інгредієнтів, що широко використовуються у виробництві харчових продуктів різного призначення.

Зміст даного конспекту лекцій структуровано за модульним принципом і охоплює такі навчальні модулі:

Модуль 1. Сировина та допоміжні матеріали харчових виробництв;

Модуль 2. Технології водопідготовки для харчових підприємств;

Модуль 3. Технології перероблення рослинної сільськогосподарської сировини.

У конспекті розглянуто класифікацію та властивості харчової сировини, допоміжних матеріалів і харчових добавок, основні показники якості та безпечності сировини, види природних вод, їх склад і домішки, методи очищення та підготовки води для харчових підприємств, а також технологічні процеси перероблення зернової, плодово-ягідної, овочевої та іншої рослинної сировини.

Матеріали конспекту спрямовані на формування у здобувачів вищої освіти системного розуміння основ харчових технологій, розвитку професійних компетентностей, аналітичного мислення та здатності застосовувати набуті знання у практичній діяльності та наукових дослідженнях. Конспект може бути використаний як базовий навчально-методичний матеріал для підготовки до практичних і лабораторних занять, самостійної роботи, а також під час виконання курсових і кваліфікаційних робіт.

Поданий конспект лекцій рекомендовано для використання у навчальному процесі здобувачами вищої освіти денної та заочної форм навчання, аспірантами, науково-педагогічними працівниками та фахівцями харчової промисловості.

Модуль 1. СИРОВИНА ТА ДОПОМІЖНІ МАТЕРІАЛИ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Тема 1.1. Сировина харчових виробництв

1. Особливості харчових продуктів та їх виробництва.
2. Сировина харчових виробництв.
3. Плоди, ягоди, овочі та гриби.
4. Зерно та олійна сировина.
5. М'ясна та рибна сировина.
6. Молоко і молочні продукти як харчова сировина.

Асортимент харчових продуктів промислового виробництва дуже великий, і його практично неможливо перелічити. Продукція тільки хлібопекарської промисловості нараховує більш 800 найменувань виробів, кондитерської – понад тисячу. Постійно розширюється асортимент м'ясної, молочної, консервної й іншої галузей. В останні роки з'явилися харчові продукти цільового призначення – дитячого, дієтичного і лікувального харчування, для працюючих у суворих кліматичних умовах і т.д.

Появі нових видів харчової продукції сприяє удосконалювання і розробка нових технологічних прийомів. Наприклад, сушіння харчових продуктів у замороженому стані під вакуумом (сублімаційне сушіння) цілком зберігає смакові якості м'яса, риби, фруктів, овочів і роблять їх придатними для тривалого збереження в природних умовах.

В даний час у суспільному харчуванні усе ширше використовуються продукти промислового виробництва. Це значно спрощує структуру підприємств суспільного харчування, скорочує час готування їжі, зменшує відходи виробництва, а також суспільні витрати на готування їжі, однак ставить перед харчовою промисловістю нові задачі по випуску відповідної продукції (напівфабрикатів швидкого готування і т.п.).

В міру зростання й удосконалювання продуктивних сил зусилля працівників харчової промисловості повинні направлятися на випуск, розширення асортименту і поліпшення якості продукції. Ці задачі можна вирішити тільки при повному забезпеченні харчової промисловості сировиною. На підприємствах харчової промисловості переробляється сільськогосподарська сировина рослинного і тваринного походження, а також несільськогосподарські види сировини – різні синтетичні матеріали, сіль, сода, жирні кислоти, спирти, есенції, синтетичні фарби. Крім того, у харчовій промисловості у великій кількості використовуються пакувальні матеріали: дерево, папір, полімери, жерсть і ін.

Одні харчові галузі здійснюють первинну переробку сировини (витяг цукру з буряка, готування консервів із плодів), інші – вторинну, тобто використовують сировину, яка підлягала раніше промисловій обробці (хлібопекарське, кондитерське виробництва). Велика частина продукції харчової промисловості стає безпосереднім

продуктом споживання, а біля однієї третини направляється на подальшу переробку (наприклад, цукор, борошно – для кондитерських виробів). Деякі види продукції (цукор, спирт, крохмаль, олія, сіль, гліцерин, відходи і побічні продукти – жом, барда, макуху, шрот, меляса) надходять для подальшої переробки в інші галузі народного господарства.

В даний час усе більшого значення набуває проблема заміни харчової сировини, що витрачається на технічні цілі. Тільки для виробництва мила, оліфи, лаків, емалів і інших технічних нестатків щорічно використовується величезна кількість харчових рослинних олій. Істотно скоротити споживання харчової сировини для виробничо-технічних нестатків дозволить широке впровадження синтетичних матеріалів, створюваних хімічною промисловістю. Крім того, деякі нові хімічні галузі дають можливість цілком замінити харчову сировину не харчовою (виробництво спирту, синтетичних жирних кислот і миючих засобів). Виготовлення цих продуктів з не харчової сировини значно дешевше і не тільки вивільняє рослинні і тваринні жири, але і підвищує якість продукції.

Розширенню ресурсів сировини сприяє ефективне використання продукції харчових галузей, застосовуваної в якості - вихідних чи матеріалів напівфабрикатів іншими промисловими підприємствами (цукор, сіль, олія, патока й ін.). Ці продукти необхідно виробляти в такому вигляді, щоб наступна промислова переробка могла здійснюватися найбільш ефективно, з найменшими витратами праці, палива й енергії, включаючи витрати на вантажно- розвантажувальні операції і внутрішньозаводське транспортування.

З зазначеною обставиною зв'язане також розширення асортименту продукції харчової промисловості. Наприклад, цукрова промисловість постачала ін- шим харчовим підприємствам сахарин-пісок, а підприємства-споживачі готували з нього сироп. Застосувавши більш удосконалені способу очищення сиропу, на цукрових заводах почали робити для промислової переробки цукор у виді сиропу різних концентрацій і складу в залежності від вимог споживачів. Наприклад, деякі цукрорафінадні заводи постачають рідкий цукор підприємствам хлібопекарської промисловості, а також для вироблення безалкогольних напоїв. Масло-жирова промисловість освоює і розширює асортимент кулінарних жирів у виді рідких емульсій, що задовольняють специфічні вимоги хлібопекарської, кондитерської, харчовокоцентрованої галузей. Зручний також для використання в кондитерській і хлібопекарській промисловості знежирений молочний жир. У крохмалепаточній промисловості налагоджене виробництво крохмалю, глюкози, кукурудзяного сиропу й інших продуктів, пристосованих для наступної (вторинної) промислової переробки.

Важливу проблему представляє пошук ефективних методів одержання і використання в харчовій промисловості білків мікробіологічного походження, а також білків, одержуваних з риби, сої, насіння олійних культур, водоростей, вторинних молочних продуктів. Препарати з білків рослинного походження є замінниками м'яса і молока і використовуються у виробництві м'ясних і деяких молочних продуктів.

Джерелом білка можуть служити і дріжджі. З пекарських дріжджів одержують чисті білки й амінокислоти у виді порошку. Його застосовують для

збагачення різних борошняних продуктів і кулінарних виробів. В даний час дріжджі й інші мікроорганізми вирощують у живильних середовищах з нафтових продуктів, природного газу, метанолу, відходів деревообробної, целюлозної промисловості й інших нехарчових матеріалів.

Харчова сировина являє собою, як правило, швидкопсувні сезонні продукти й вимагає негайної переробки, або має обмежені терміни збереження. По тому як збереження якості сировини дозволяє збільшити терміни виробництва з нього харчових продуктів, зменшує витрати на його переробку і підготовку до вживання. Висока схоронність забезпечується застосуванням різних способів консервування, спрямованих на припинення уповільнення життєдіяльності мікроорганізмів і ферментів (збереження при знижених температурах, в атмосфері інертного газу, негайне видалення продуктів життєдіяльності й ін.). Державними планами передбачений інтенсивний розвиток промислового консервування продукції, насамперед плодоовочевої.

Важливими умовами зниження втрат сировини, збільшення виходу і поліпшення якості готової продукції виступають висока організація, механізація й автоматизація вантажно-розвантажувальних робіт, належне розміщення, устаткування складів і площадок для збереження сировини.

Фрукти – загальне поняття для плодів та насіння дикорослих та культурних багаторічних рослин.

Споживання фруктів постійно збільшувалось, починаючи з 1900 р. Пропозиція на 1 особу у 1990 р. становила приблизно 130 кг/рік. Із них близько 30 % цитрусових та 70 % зерняткових, кісточкових фруктів та ягід.

Більшість видів фруктів на 85 % складаються з води і дають мало енергії (40 – 80 ккал / 100 г). Найважливішими енергопостачальними харчовими речовинами є розчинені вуглеводи (глюкоза, фруктоза, сахароза). Лише у мікродозах є білок (близько 1 %) та жир (близько 0,3 %) (виняток: авокадо – 23 % жиру). Фрукти містять 1 – 5 % баластних речовин. Вони мають велике значення, оскільки містять багато біологічно активних вторинних рослинних речовин – вітаміни (С, групи В, β -каротин), мінеральні речовини (калій, кальцій, фосфор, залізо, магній), органічні кислоти та ароматичні речовини. Фруктові кислоти та ароматичні речовини мають освіжаючу та поживляючу дію. Вони стимулюють рухливість кишечника. Фруктові кислоти мають бактерицидну дію і сприяють кращому засвоєнню кальцію. Крім того, багатом біоактивним вторинним рослинним речовинам приписують захисну дію, напр., проти ракових захворювань (онкологічні захворювання).

Недостиглий плід містить переважно довголанцюгові вуглеводи (крохмаль та баластні речовини). З досяганням останні розкладаються фруктовими ензимами у коротколанцюгові вуглеводи. Збільшується цукристість і фрукт стає м'якшим.

Внаслідок розкладання зеленого пігменту (хлорофілу) стає видно перекриті раніше жовті та червоні пігменти (напр., банани).

Стиглість – це стан зрілості фрукту. Споживча стиглість – це стан зрілості, коли колір, аромат і смак знаходяться у повній гармонії.

Групи фруктів. Зерняткові фрукти з найважливішими представниками – яблуком, грушею та айвою, у Німеччині є найулюбленішою групою фруктів. На жаль, сорти, які нині переважають, такі як Грені Сміт або Кокс Оранж, містять порівняно мало вітаміну С. Яблука для зберігання зривають недозрілими і зберігають за температури близько 2 °С у суміші газів азоту та діоксиду вуглецю. Таким чином уповільнюється процес дозрівання.

Кісточкові фрукти (вишня, слива, абрикос, персик) не можуть зберігатися довго, тому їх потрібно вживати одразу після збирання врожаю або консервувати (компот, консерви в банках, мармелад, винно-горілчані вироби).

Ягоди ростуть переважно на кущах. Найулюбленішими ягодами є полуниця, малина, ожина, агрус, червона та чорна смородина, чорниця, брусниця та виноград. Їх зазвичай збирають повністю зрілими. Ягоди дуже соковиті і тому довго не лежать. Найбільш зберігаючим видом консервування є заморожування. Чорна смородина займає перше місце за вмістом вітаміну С (177 мг / 100 г). Найвідоміші південні фрукти – цитрусові (апельсин, мандарин, лимон, грейпфрут) та банани. Цитрусові фрукти відомі своїм високим вмістом вітаміну С (30—50 мг / 100 г). Банани зривають зеленими, вони дозрівають під час транспортування. Дозрівання може бути прискорене обробкою газом етиленом, який утворюється спільно фруктами. При цьому збільшується активність ензимів, які перетворюють крохмаль оболонки у м'якоть фрукту. Банани мають багато калію, а вуглеводів містять удвічі більше, ніж інші види фруктів (24 %).

До горіхів належать волоський горіх, лісовий горіх, американський (бразильський) горіх, каштан благородний, кокосовий горіх, мигдаль та кешью. Горіх містить лише невелику кількість води (4 – 6 %), багато білка (15 – 25 %) і особливо багато жиру (до 65 %). Тому горіх має велику енергетичну цінність (650 – 700 ккал / 100 г). Арахіс з погляду ботаніки належить до бобових. Із жиру арахісу виготовляють харчову рослинну олію та маргарин. Арахіс, що погано зберігався, або старий арахіс може містити плісняву отруту афлатоксин, яка збуджує ракові захворювання.

Серед видів мигдалю розрізняють гіркий і солодкий мигдаль. Через небезпеку смертельного отруєння синильною кислотою гіркий мигдаль слід реалізовувати лише в упаковці, їстівні та благородні каштани, на противагу іншим видам горіху, мають зовсім інший склад. Вони містять багато крохмалю та цукру і мало жиру.

Овочі, бобові та картопля є найважливішими постачальниками вітамінів, баластних та мінеральних речовин у здоровому харчуванні. Біологічно активні вторинні речовини рослин для визначення корисності овочів мають все більше значення.

Сорти овочів класифікують за частинами рослин, які споживають. До листових овочів належать, напр., різні види капусти, листові салати або шпинат.

Більшість сортів капусти добре зберігаються взимку. Баластні речовини (3 – 4 %) під час варіння переходять у розчинний стан. Вміст білка коливається від 1,2 до 4,5 %; частка вуглеводів становить 1 – 3 %. Жири є лише у мікроскопічних частках. Зелена капуста особливо багата на вітамін А (у вигляді каротину), вітаміни В, В2 та

ніацин. Капуста містить ізотіоціанати, які можуть перешкоджати засвоєнню йоду щитоподібною залозою (утворення зобу).

Листкові овочі часто споживають сирими. Вони мають велику частку води та баластних речовин. Салат, ендивій та цикорій містять гірку речовину інтібін. Шпинат нарівні з великою кількістю вітамінів (каротин, В1, В2, С) і мінеральними речовинами (надзвичайно багатий залізом!) має також небажану супутню речовину, оксалатову кислоту. За умови потрапляння великої її кількості в нирки вона може викристалізуватися до оксалату кальція і призвести до утворення каменів.

До квіткових овочів належать цвітна капуста, брокколі та артишоки. Вони легко перетравлюються (легкі овочі). Плодоовочі – це, напр., солодка паприка, помідори, огірки, квасоля, горох та цуккіні. Вони мають відносно високий вміст води (91 – 97 %) і дуже мало калорій. Більшість із них можна споживати сирими. Боби з метою інактивації фітогемеглютиніну слід завжди варити.

Кореневі та бульбоовочі – це, напр., морква, редька, кольрабі, червоний буряк, козелець (скорцонера) та коренева петрушка. Чим старішими стають ці овочі, тим більше у них баластних речовин (целюози), і як наслідок тим гірше вони перетравлюються. Більшість кореневих овочів бідні білком (1 %), але вони містять багато вуглеводів (7 – 16 %). Скорцонера містить вуглевод інулін, утворений зі фруктози, неперетравні полісахариди.

Цибулеві овочі (часник, цибуля зелена, цибуля-різанець, цибуля ріпчаста) постачають важливі біологічно активні речовини сапоніни, глюкозинолати, фенолові кислоти, флавоноїди, терпени та сульфіди.

Харчову цінність грибів часто переоцінюють. Гриби легко псуються, їх слід споживати безпосередньо після збирання або ж сушити чи консервувати. Лісові гриби можуть накопичувати важкі метали (кадмій), тому їх можна вживати у їжу не більше 250 г за тиждень. Це не стосується грибів, які вирощують штучно.

Зберігання та збут. Урожай свіжих овочів залежить від сезону. Проте торгівля пропонує овочі протягом року (імпорتنі товари, вирощування в теплицях). Свіжі овочі продають за торговими класами (зовнішній вигляд). Як овочеві продукти тривалого зберігання є овочеві консерви (стерилізовані за температури понад 120 °С), сильно заморожені овочі (- 8 °С) або квашені овочі (бродиння молочної кислоти).

Бобові – це висушене насіння метелико - квіткових, напр., квасоля, горох, сочевиця, соя чи арахіс. Вони мають харчово-біологічне значення внаслідок високого вмісту баластних речовин (11 – 18 %), проте від них часто виникає метеоризм. Із усіх рослинних продуктів харчування бобові мають найвищий вміст білка (20 – 36 %), біологічна кількість якого може бути добре доповнена іншими його носіями (зерно, м'ясо). Частка крохмалю в бобових становить 47 – 56 %, за винятком сої – 6 %.

Картопля. Світове виробництво картоплі становить близько 250 млн. т за рік. В країнах Європи споживання картоплі постійно знижується. Якщо у 1950 р. її споживання ще становило майже 190 кг на 1 особу за рік, то у 1990 р. – 70 кг. Приблизно половину картоплі вживають у їжу у свіжому вигляді, іншу половину перероблюють. Завдяки своєму складу картопля має високу цінність як основний продукт харчування (вміст крохмалю близько 18 %, біологічно цінного білка – 2 %).

Сира картопля для людини мало придатна для вживання, оскільки картопляний крохмаль лише у процесі варіння перетворюється у клейстер і потім може перетравлюватись. У дозрілій картоплі містяться цінні мінеральні речовини (калій, кальцій, залізо, магній) та вітаміни (групи В, С, А, К), а у недозрілій – соланін.

Злаки уже багато тисячоліть становлять основу харчування людей. Нині вони постачають приблизно половину харч, енергії та понад третину харч, білка для населення усього світу. Вирощування високоврожайних сортів протягом останніх 30 років сприяло значному підвищенню продуктивності. Зернина злакових культур складається з ендосперму (крохмаль), алеїронового шару, оболонки насінини, зародку та плідної оболонки.

Види злаків. Пшениця завдяки великому вмісту клейковини є найважливішим зерновим злаком, який містить білок клейковини глютен із компонентами: глютенін та гліадин. Останній може бути вирішальним фактором несумісності харчових продуктів. Пшениця придатна для виготовлення макаронних та хлібобулочних виробів. Одним із видів пшениці є спельта; зібрану не повністю дозрілою, її висушують і отримують зелене зерно. Жито було раніше найважливішим злаком у регіонах Європи з прохолодним кліматом. Протягом останніх 100 років його вирощування зменшилось на користь пшениці. Жито дуже стійке, його можна вирощувати як озимую, так і яровою культурою. Жито є переважно хлібним злаком, але його використовують також для виготовлення горілки і як заміник кави.

Ячмінь зарахований до найдавніше культивованих видів злаків. В Європі ячмінь через погану здатність до випікання взагалі використовують як корм для тварин і для виробництва пива.

Овес використовують переважно як корм для коней та птиці. Він має відносно високий вміст жиру. У харчування люди вживають головним чином вівсяні пластівці (зерно розтріскується внаслідок оброблення парою, а потім його роздавлюють). У дієтології вівсяні висівки завдяки вмісту розчинних баластних речовин застосовують для уповільнення ресорбції холестерину.

Просо дуже чутливе до морозу. У субтропічних країнах воно є основним важливим харчовим продуктом (пшоняна каша, коржі). На заході просо – корм для тварин.

Кукурудза була основним харчовим продуктом інків, ацтеків та народів майя. У Європі її використовують переважно як корм для тварин. Крім того, у невеликих кількостях її використовують, напр., як овочеву культуру, виробляють кукурудзяний крохмаль та пластівці.

Рис – один із найважливіших продуктів харчування у тропічних та субтропічних зонах. Неочищений рис (бурий рис, натуральний рис) зі сріблястими лусками, тобто плодовою та насінневою оболонками з алеїроновим шаром, є харчовим продуктом високої біологічної цінності. Проте у процесі очищення та полірування вітаміни видаляються.

М'ясо містить в середньому близько 20 % протеїну, мінеральні речовини: залізо, фосфор і калій, а також вітаміни А, В.

Свинина має великий вибір різних частин. Якість яловичини залежить від віку і статі тварини. М'ясо молодих тварин ніжне, м'ясо старіших тварин стає грубоволокнистим і придатне лише для відварювання. Низькоякісне м'ясо позначається як м'ясо ТТС (ТТС — темне, тверде, сухе).

Телятина має світло-рожевий колір, вона тонковолокниста нежирна і легко перетравлюється.

Дичина має високий вміст білка (близько 22 %) і низький вміст жиру. М'ясо кожного виду дичини має особливості смаку, вигляду і запаху, які додатково залежать від корму і пори року.

До субпродуктів належать мозок, серце, печінка, легені, нирки, вилючкова залоза та шлунок. Субпродукти постачають важливі харчові речовини та вітаміни. Проте вони містять також багато холестерину. На жаль, печінка та нирки часто містять кадмій, тому їх не можна вживати регулярно.

Птиця за споживанням стоїть на 3-му місці. Вона містить 15 – 20 % білка та від 2 (грудинка індика) до 3 % (гуси) жиру. Внаслідок масового вирощування на птахофермах птиця може бути забруднена сальмонелою (мікроорганізми).

Ковбаса – це суміш подрібненого м'яса, жирової тканини, добавок та приправ. В Україні пропонується близько 1500 сортів ковбас. Середнє споживання на 1 особу становить 100 г ковбаси щоденно. Ковбасні виробни мають 3 класи якості.

Ковбаси вищого класу якості виготовляють із м'яса з невеликим вмістом жиру та сухожиль. Ковбаси середнього класу якості складаються із м'яса з грубо видаленими сухожиллями та жиром. Ковбаси низького класу якості нарівні з великою кількістю сухожиль та жиром можуть містити також субпродукти та шкірки сала.

Риба, черепашкові та безхребетні організми (морські плоди) належать до основних продуктів харчування мешканців узбережжя. Завдяки морському риболовству, новим формам вирощування риби поблизу узбережжя та швидким транспортним шляхам риба нині є всюди.

Найбільш значними видами морської риби є сайда, тріска та червоний окунь.

Найулюбленіші види прісноводної риби – форель та короп.

Риба – важливий постачальник білка. Амінокислоти риб і ссавців схожі. Риб'ячий жир багатий есенційними жирними кислотами омега-3. Вони захищають кровоносні судини та знижують ризик інфаркту міокарда. Вміст жиру різних видів риби становить від 1 до 25 %. Нежирна риба (тріска, сайда, пікша) накопичує жир не у м'ясі, а в печінці (риб'ячий жир). Жирні риби (лосось, вугор, оселедець, скумбрія) відкладають жир під шкірою та у м'язах. Частка жиру чітко впливає на енергоємність. Риба багата жиророзчинними вітамінами А і Е та вітамінами групи В. У м'ясі риби є калій, кальцій, залізо і особливо мікроелемент йод (приблизно 50 – 200 мкг / 100 г). Споживанням риби 1 – 2 рази на тиждень у районах, бідних на йод можна запобігти розповсюдженню зобу.

М'ясо риби має дуже світлий колір. Причиною цього є мала кількість червоного м'язового пігменту. М'ясо риби містить мало сполучної тканини, тому легко перетравлюється. Риба швидко псується. При цьому відбуваються процеси

перетворення, за яких із амінокислот виникають вільні аміни, часто з інтенсивним запахом (напр., триметиламін).

З прісноводних риб господарське значення мають райдужна форель та істівний короп. Черепашкові, ракоподібні та безхребетні організми. Ця група за складом харчової цінності подібна до нежирних риб. Вони містять багато мінеральних речовин. Устриці та молюски мають високий вміст йоду та селену. Свіжість особливо важлива для морських продуктів, оскільки їх частково споживають сирими (устриці).

6. *Молоко* містить 3,5 % білка. Найважливішими білками є казеїн (80 %) та білок сироватки (20 %). 1 літр молока покриває добову потребу в більшості есенціальних амінокислот (крім метіоніну та фенілаланіну).

Вміст жиру в молоці залежить від породи корів та пори року становить від 3 до 5 %. Жир розподілений в маленьких краплинах з оболонкою із білка (1 – 22 мкм) і легко перетравлюється. Молочний жир складається переважно із тригліцеридів приблизно з 60 різними жирними кислотами. За кількістю найважливішими є олеїнова, пальмітинова, стеаринова та міристинова, а також багаторазово ненасичені жирні кислоти (лінолева, ліноленова). Характерною є масляна кислота (3,5 %), вивільнення якої спричиняє прогірклий запах.

Молочного цукру (лактози) міститься 4,8 %. Дисахарид із галактози та глюкози надає молоку солодкуватий смак. Завдяки їм можлива ферментація. Молочний цукор легко перетравлюється і позитивно впливає на кишкову флору. Він полегшує ресорбцію мінеральних речовин: кальцію, магнію та цинку (інтолерантність до продуктів харчування). Молоко та молочні продукти є найважливішим джерелом кальцію та фосфору. Вони містять багато вітамінів А та В2, а також інші в менших кількостях.

До свіжих молочних продуктів належать йогурт, кефір, маслянка, сир, свіжий сир, вершки та сметана, а також морозиво. Йогурт отримують внаслідок бродіння молочної кислоти. При цьому молочнокислі бактерії перетворюють частину молочного цукру в молочну кислоту, яка сприяє зсіданню казеїну, молоко стає густим. Вона робить молочні продукти кориснішими.

Питання для самоконтролю:

1. Дайте визначення поняття «сировина харчових виробництв».
2. Яка класифікація сировини у харчовій промисловості?
3. Що відносять до основної, допоміжної та вторинної сировини?
4. Які вимоги висуваються до якості харчової сировини?
5. Які фізико-хімічні показники характеризують якість сировини?
6. Які біологічні та мікробіологічні показники враховують при оцінці сировини?
7. Які органолептичні показники використовують для оцінювання якості сировини?

Тема 1.2. Проблема забезпечення харчових виробництв сировиною та шляхи її вирішення

1. Причини зменшення світових запасів ресурсів сировини розрахунку на душу населення в різних країнах.

2. Шляхи розширення сировинної бази.

1. Проблеми національної безпеки належать до найважливіших, найскладніших багатоаспектних та інтегральних явищ суспільного, економічного і політичного життя. Наявність безпеки є необхідною умовою та одним із основних мотивів життєздатності людини, суспільства, держави і світового співтовариства. Проблема продовольчої безпеки є, безсумнівно, однією з ланок національної безпеки, і саме її наявність і розвиненість має безпосередній прямий вплив на розвиток будь-якої країни в цілому.

Продовольча безпека - це саме захищеність життєвих інтересів людини, яка виражається у гарантуванні державою безперешкодного економічного доступу людини до продуктів харчування з метою підтримання її звичайної життєвої діяльності. Набори продуктів є дуже важливими складовими існування населення.

У сучасних умовах продовольча безпека набула актуальності та глобальності.

Держава зацікавлена в тому, щоб якість продовольчих товарів була на високому, рівні. Від цього залежать фізичний та психологічний стан населення, а також і добробут держави. А, як відомо, кожна країна має за мету забезпечити своє населення гарними умовами життя. Україна не є винятком.

Прикро, що за всі роки незалежності Україна не стала заможною державою. Вона посідає перше місце серед країн Східної Європи за обсягом фінансової допомоги, рівнем дитячого алкоголізму, кількості чоловіків-курців, рівнем вимирання населення, відстає і щодо рівня ВВП. За 1991-2021 роки з мапи держави зникло 641 село. Тому можна зробити висновок, що незалежності України загрожує економічна небезпека, і, в першу чергу, це продовольча небезпека. Не може вважатися економічно розвинутою і багатою держава, якщо людина, яка проживає в цій країні, обмежена у продуктах харчування. Невипадково Жан-Жак Руссо казав: «Єдиний засіб утримати державу в стані незалежності - це сільське господарство. Володійте хоч усім світовим багатством, але якщо у Вас не має чим харчуватися - Ви залежите від інших. Торгівля створює багатство, а сільське господарство забезпечує свободу».

За підрахунками Кабінету Міністрів України 60% вартості мінімального споживчого кошика, припадає на продукти харчування. У США на їжу у споживчому кошику припадає лише 18%, у Німеччині – 9,8%

У цей же час, українці почали переймати спосіб життя, який притаманний індустріальним країнам. Вони почали їсти дешеві, калорійні продукти, в яких досить великий вміст солі, цукру, жирів, і замалий вміст мікроелементів. Також українці не займаються спортом, мало рухаються. Це призвело до того, що половина населення України мають надмірну вагу, а 20% страждають від ожиріння. Ожиріння викликає захворюваність на атеросклероз, інсульт, інфаркти, цукровий діабет, злоякісні

новоутворювання, хвороби травлення та інші, які скорочують життя українців і утворює серйозну небезпеку державі.

Слід відзначити, що енергетична цінність щоденного раціону людини в середньому у світі зростає, але її приріст значно відстає від приросту населення. У групі середньорозвинених країн є такі, в яких енергетична цінність раціону навіть зменшилась, а в групі низькорозвинених країн у більшості випадків вона або залишилася на тому ж рівні, або значно зменшилася. При цьому розриву величині енергетичної цінності раціону та обсягів споживання білка і жирів між високорозвинутими та середньорозвинутими країнами більший, ніж між середньо- та низькорозвинутими країнами.

2. Виробництво зерна у світі в цілому не відповідає темпам приросту населення. Основними продовольчими культурами для більшості країн Африки є коренеплоди, приріст виробництва яких у світі значно поступається приросту населення. Невипадково Р. Мальтус ще понад 200 років тому зробив висновок, що економічне зростання буде обмежуватися можливостями землі.

Таблиця 1 – Проблеми забезпечення продовольством та шляхи їх вирішення

Проблеми забезпечення продовольством	Шляхи вирішення
1	2
1. Недостатня кількість продуктів харчування. Виробництво такої кількості продукції, якої вистачатиме для забезпечення не тільки ліквідації недоїдання серед приблизно 1 млрд чол. зараз, але і для харчування ще 1 млрд людей, які з'являться на планеті до 2030 року.	1. Створення нових сортів, гібридів, ліній рослин, а також порід, гібридів, ліній тварин за допомогою селекції, генної інженерії та біотехнології, які матимуть вищу урожайність та продуктивність, стійкість до шкідників і хвороб, нові властивості, включаючи лікувальні, придатні для перевезення на далекі відстані і довготривалого зберігання, пристосовані до місцевих умов.
2. Якість продуктів харчування. Отримання продукції з високим вмістом білків, вітамінів, макро- і мікроелементів, жирами, що легко засвоюються організмом людини.	2. Введення в культуру нових нетрадиційних для конкретної країни рослин з високою урожайністю
3. Захист рослин і тварин у процесі їх вирощування і отримання продукції від шкідників і хвороб.	3. Освоєння нових земель при відновленні родючості деградованих площ, поширення іригації з технологією економних витрат води при запобіганні засолення ґрунту.
4. Надзвичайна бідність більшості	4. Розробка нових технологій з

населення країн, що розвиваються, яка запобігає задоволенню їх потреб навіть у мінімальній кількості продуктів харчування.	урахуванням агрокліматичних умов конкретних зон планети, де розташовані бідні країни, навчання їх населення правильному застосуванню цих технологій при забезпеченні засобами виробництва.
5. Обмеженість постачання фермерам бідних країн засобів виробництва (пального, добрив, пестицидів, гербіцидів тощо), що примушує їх використовувати «дідівські» методи вирощування культур і тварин при ручній праці.	5. Збільшення технічної допомоги бідним країнам з боку індустріальних країн та міжнародних установ у вигляді загальноосвітніх та спеціалізованих сільськогосподарських програм, передачі новітніх технологій та високоякісного насіння.
6. Відсутність реального стимулювання фермерів бідних країн щодо підвищення ефективності їх праці з метою збільшення продукції.	6. Зменшення втрат у процесі збирання урожаю за рахунок використання високопродуктивної техніки при його перевезенні та зберіганні за рахунок створення надійної інфраструктури транспорту і сховищ.
7. Слабкий розвиток ринкової інфраструктури при надзвичайно низькій інформативності щодо потреб місцевих та регіональних ринків.	7. Підвищення добробуту населення бідних країн, що дасть можливість підвищити його здатність купівлі продуктів харчування.
8. Надзвичайно швидкий приріст населення взагалі і міського особливо.	8. Створення таких систем фінансування виробництва, переробки і зберігання сільськогосподарської продукції, які б забезпечили доступ до фінансових ресурсів дрібним виробникам і підприємцям.
9. Низька освіченість населення, особливо сільського.	9. Поширення закупівлі індустріальними країнами продукції, яка може вироблятися конкретною бідною країною, при перевазі імпорту з неї напівфабрикатів над сировиною в обмін на власну сировину (зерно, боби тощо).
10. Деградація земель, наступ пустелі, знищення лісів, нестача води.	10. Створення в бідних країнах, перш за все у сільській місцевості, малих переробних підприємств та інфраструктури сховищ для зберігання продукції, що сприятиме створенню додаткових робочих місць і підвищенню добробуту населення.
11. Етнічні та расові конфлікти,	11. Запобігання зусиллями міжнародного

громадянські війни, які призводять до економічної нестабільності в бідних країнах.	суспільства виникненню етнічних та расових конфліктів, громадянських війн.
	12. Впровадження програм контролю народжуваності та планування сім'ї з метою зниження в бідних країнах щорічного приросту населення до 1 - 1,5% на рік.
	13. Збільшення технічної та гуманітарної допомоги з боку міжнародного суспільства та індустріально розвинутих країн.
	14. Проведення земельної реформи з метою забезпечення землею для вирощування продуктів харчування кожної родини.

Проблема «хліба насущного» є одвічною для людства. На даному етапі розвитку цивілізації вона спричинена з одного боку постійним зростанням потреб людини, а з іншого – поступовим зменшенням ресурсів традиційної продовольчої сировини. Зростання потреб у продуктах харчування пов'язане як із швидким збільшенням загальної чисельності населення планети, так і відносним підвищенням добробуту, а це, в свою чергу, обумовлює чітку тенденцію до розширення виробництва харчів. У той же час світові запаси ресурсів сировини в розрахунку на душу населення мають тенденцію до зменшення.

Причинами такого зменшення в різних країнах є різні фактори, їх чимало, головні серед них такі:

1. Величезні втрати сировини в ланцюзі "виробництво – заготівля – зберігання – переробка – споживання". За підрахунками вчених, загальні втрати ресурсів сировини за рахунок неповного використання потенціалу рослин і тварин, їхніх хвороб та ушкоджень шкідниками, прямих втрат при збиранні, зберіганні та переробці досягають за різними видами сировини від 40 до 55 – 60% від валового збору.

2. Нераціональне використання продовольчої сировини. Воно зумовлене, з одного боку, зростаючими витратами цінної продовольчої сировини на технічні та кормові цілі, а з іншого – неповним та неефективним використанням потенційних можливостей сировини, недосконалістю технологій переробки, внаслідок чого значна частина сировини іде у відходи.

3. Наслідки урбанізації та розвитку промислової інфраструктури. Щорічно на будову міст, промислових та військових об'єктів, прокладання шляхів, нафто-, газо- та продуктопроводів, очисних споруд тощо відводяться величезні площі, що призводить до скорочення сільськогосподарських угідь, зокрема ріллі, луків, лісових насаджень.

4. Зростання антропогенного навантаження та «екологічна криза». Швидкий розвиток промисловості, інтенсифікація сільського господарства, безгосподарська вирубка лісів та інші форми діяльності людини призводять до ерозії ґрунтів, їх виснаження та забруднення промисловими відходами, до загострення та збільшення природних катаклізмів (руйнівні повені, посухи, поширення епізоотій тощо), до виникнення техногенних катастроф планетного масштабу (на кшталт Чорнобильської), до порушення балансу природного відновлення біоресурсів. Все це та дещо інше зменшує можливості людства в забезпеченні харчових виробництв традиційними видами продовольчої сировини.

5. Проблеми перехідного етапу економічного розвитку. До наведених вище загальних проблем в Україні додаються проблеми, пов'язані з набуттям незалежності та формуванням державного устрою, з порушенням усталених та налагоджених нових економічних відносин між країнами СНД, зі структурними змінами в народногосподарському комплексі та інші.

Пошук шляхів подолання «сировинної кризи» ведеться здавна. У різних країнах вони мають свою специфіку. Для України на даному етапі розвитку ці пошуки полягають в наступному:

а) скорочення прямих та непрямих втрат продовольчої сировини. Цього можна досягнути багатьма способами, а саме:

- вдосконаленням технології вирощування, заготівлі, зберігання і транспортування сировини, впровадженням досягнень агро- та зоотехнії і передового досвіду господарювання, підвищенням родючості ґрунтів та продуктивності тварин, надійним захистом рослин та тварин від хвороб і шкідників, використанням досконалої спеціалізованої сільськогосподарської техніки та транспортних засобів, застосуванням нових прогресивних методів сортування, кондиціонування, пакування, транспортування і зберігання сільськогосподарської сировини;

- використанням більш ефективних та високопродуктивних видів, сортів, порід і гібридів, що дозволить нарощувати ресурси сировини без збільшення і навіть при скороченні посівних площ, чисельності поголів'я тощо;

- збалансуванням темпів розвитку виробництва сировини з нарощуванням потужностей бази зберігання і переробки, максимальним наближенням переробних підприємств до місць виробництва сировини, поглибленням інтеграції галузей АПК;

- технічним переоснащенням, реконструкцією та розширенням діючих і будівництвом нових підприємств на базі прогресивних ресурсозберігаючих технологій і техніки, переходом від механізації окремих технологічних процесів і ділянок до створення комплексно механізованих та автоматизованих ліній, цехів і виробництв;

- вдосконаленням управління технологічними процесами та якістю продукції завдяки впровадженню мікропроцесорної техніки, інформаційно-керуючих комп'ютерних технологій і систем, оптимізацією матеріальних, енергетичних, фінансових та інформаційних потоків;

б) поступове скорочення та повне припинення використання продовольчої сировини на технічні та кормові цілі шляхом заміни її мінеральною, синтетичною та мікробіологічною продукцією;

в) збільшення виходу корисної продукції з одиниці вихідної сировини. Це досягається завдяки впровадженню комплексної глибокої переробки сировини, освоєнню -сучасних безвідходних технологій переробки, біотехнологій, вакуумної, кріогенної, мембранної та екструзійної техніки, дозволяючої значно підвищити ступінь використання потенціалу сировини;

г) максимальне залучення місцевої та нетрадиційної сировини з метою заміни дефіцитної, імпоротної та дорогої традиційної сировини, випуску збалансованих за харчовою та біологічною цінністю продуктів, розширення асортименту за рахунок нових та поліпшених за властивостями продуктів харчування;

д) впровадження у виробництво новітніх досягнень хімії, біології, технологічної науки для розробки більш ефективних методів обробки, пакування та зберігання готової продукції, які б дозволяли якнайкраще зберегти унікальні нативні (нативний – який перебуває в природному стані, не модифікований, який зберіг структуру, властиву йому в живій клітині) склад і властивості вихідної сировини, підвищити її стійкість при зберіганні та ступінь засвоєння при вживанні.

Проблема забезпечення сировиною харчових виробництв є лише часткою комплексу проблемних питань розвитку галузі і її успішне вирішення можливе разом зі структурною перебудовою галузі, впровадженням оптимізованих систем організації та управління виробництвом, оновленням матеріально-технічної бази, суттєвим зниженням матеріало- та енергомісткості готової продукції, підвищенням її якості та конкурентоспроможності.

Продовольча проблема, в першу чергу голоду, актуальна не для усіх країн. Якщо проблема голоду може бути вирішена відносно просто - шляхом нарощування виробництва сільськогосподарської продукції, то проблема науково- обґрунтованого, збалансованого харчування, ожиріння значно складніше.

Сьогодні поки ще не розроблений фінансово-економічний механізм безпечного харчування і кожна країна пропонує свій підхід. Для цього запроваджують нові нормативи харчування дітей, які виключають висококалорійну їжу та напої, вводять податки на шкідливі для здоров'я продукти, жирну їжу, збільшують виробництво екопродукції. Наприклад, у Британії харчові компанії підписали добровільне зобов'язання про скорочення кількості цукру та калорій у їхніх продуктах.

Товстуни обходяться дорожче державним та соціальним службам. Товстунів штрафують, вимагають на авіалініях Франції та США купувати собі два квитки. За даними австралійської авіалінії Qantas, з 2000 року середня вага пасажирів збільшилась на 2 кг. Для лайнера «AirBus A380», який здійснює переліт з Сіднея до Лондона, вимагається додатково 472 долара витрат на пальне, або 1 млн доларів на рік, що зменшує прибуток авіакомпанії на 13% [2].

Звичайно, представлено не всі існуючі заходи з впровадження здорового способу життя, харчування можна використати в Україні. Незважаючи на це, країна

робить деякі скромні кроки з налагодження виробництва безпечних для здоров'я харчових продуктів. Так, за останні роки Верховною Радою України були прийняті такі закони, як Закон України «Про якість та безпеку харчових продуктів і продовольчої сировини», Закон України «Про виробництво та обіг органічної сільськогосподарської продукції та сировини», посилюється боротьба з фальсифікацією молочних продуктів.

Все це свідчить, що для забезпечення продовольчої безпеки України необхідно:

- обрати пріоритетні напрями інноваційних програм, які забезпечують виробництво екологічно чистих харчових продуктів;
- обов'язково фінансувати ці програми та жорстко контролювати використання ресурсів і забезпечення високої ефективності;
- створити фінансовий механізм виробництва екологобезпечних продуктів харчування, який передбачав би економічні важелі (пільги, податки, кредити та інші преференції) вплив на підприємства виробників та переробників сільськогосподарської продукції;
- забезпечити контроль якості харчових продуктів на всій території країни;
- створити умови для виробництва технологій, які мають змогу забезпечувати випуск безпечних харчових продуктів.

Питання для самоконтролю:

1. У чому полягає проблема забезпечення харчових виробництв сировиною в сучасних умовах?
2. Які основні фактори впливають на дефіцит або нестабільність постачання харчової сировини?
3. Які економічні, екологічні та соціальні аспекти впливають на сировинну безпеку харчової галузі?
4. Які шляхи раціонального використання та ресурсозбереження сировини у харчових виробництвах?
5. Які альтернативні та інноваційні види сировини можуть використовуватися у харчовій промисловості?
6. Яка роль логістики та управління ланцюгами постачання у забезпеченні підприємств сировиною?
7. Які державні та міжнародні програми спрямовані на забезпечення продовольчої безпеки та стабільності сировинних ресурсів?

Тема 1.3. Біологічно-активні речовини харчової сировини

1. Білкові речовини.
2. Ліпіди (Жири).
3. Вуглеводи.
4. Вітаміни.
5. Харчові кислоти.
6. Мінеральні речовини.
7. Біологічно активні фітосполуки.

Вода, її вплив на властивості харчових продуктів.

Вода входить до складу харчових продуктів у різних кількостях. Кількість води в харчових продуктах впливає на їхню калорійність, поживність, товарний вигляд, смак, запах, здатність до зберігання та інші властивості.

Продукти з високим вмістом вологи мають низьку калорійність, поживність і зазвичай менший термін зберігання. З втратою частини води продукти, особливо хлібобулочні вироби, сири, свіжі фрукти й овочі, втрачають смак, товарний вигляд – всихаються, зморщуються, в'януть.

Продукти з великим вмістом води нестійкі у зберіганні, бо в них швидко розвиваються мікроорганізми, активно відбуваються біохімічні процеси. Тому молоко, молочні продукти, м'ясо, риба, деякі фрукти й овочі (зелені) є продуктами, що швидко і надто швидко псуються.

Продукти, що містять менше вологи, а більше харчових речовин, калорійніші, здатні до тривалого зберігання. Це передусім крупи, борошно, цукор, сушені фрукти, овочі та ін.

Деякі гігроскопічні продукти (чай, цукор, сухофрукти, борошно та ін.) здатні поглинати вологу з навколишнього середовища. Тому для зберігання окремих груп і найменувань товарів передбачається оптимальна відносна вологість повітря. Вона виражається в процентах і визначається відношенням фактичної кількості вологи повітря до кількості вологи за найбільшого насичення за певної температури.

Вода – це сполука водню та кисню. Це прекрасний розчинник. Завдяки своїм діелектричним властивостям (маленька полярна молекула) вода може оточувати функціональну групу біомолекул (напр., аміногрупи) та розчиняти солі. Отже, вода є середовищем, у якому розчинені біохімічні речовини, що вступили в реакцію, можуть зустрітись завдяки молекулярному рухові. Крім того, завдяки силі зв'язку вода "притягується" речовинами, які вона може розчиняти. Так, молекули води в організмі прямують за іонами мінеральних речовин, які транспортними протеїнами (іонними насосами) переносяться через мембрани.

Таким способом регулюються ресорбція води в кишечнику, вміст води в кожній клітині. Крім того вода є речовиною, яка вступає в реакцію, засобом охолодження (потіння) транспортним середовищем (кров).

Для покриття потреби у воді однаково цінні питна вода, мінеральна вода та будь-які напої. Питна, мінеральна вода не мають калорій. Підсолоджені напої,

лимонади та особливо алкогольні напої багаті на калорії. Для компенсації втрат води через потіння під час заняття спортом вживають напої, створені спеціально для спортсменів та виготовлені у вигляді поживної суміші води та мінеральних речовин.

Білки: склад, функції, фізіологічне значення у харчуванні.

У складі азотистих сполук, крім вуглецю, водню і кисню, є азот. До цих сполук належать: білки, амінокислоти, амідні кислот, аміни, аміак, нітрати, нітри. Білки є основною азотистою сполукою харчових продуктів.

Білок або протеїн (від гр. протос – головний) є головним чинником живої природи. Він входить до елементів клітини: ядра, цитоплазми і є обов'язковим складником їжі людини, бо білок в організмі синтезується тільки з білків, що надходять ззовні. Без обміну білків неможливе життя, ріст і розвиток будь-якого організму. Білки – основний будівельний матеріал клітин, ферментів, гормонів, імунних тіл. Вони беруть участь у транспортуванні кисню, в обміні вітамінів, мінеральних речовин, жирів, вуглеводів, є енергетичним матеріалом (забезпечують до 15% енергоцінності добового раціону). Добова потреба людини в білках – 80-100 г, половину з яких повинні становити тваринні білки.

Біологічна цінність білків залежить від амінокислотного складу (відомо 22 амінокислоти). Амінокислоти поділяють на замінні (можуть бути синтезовані організмом людини) і незамінні (не синтезуються і повинні надходити з їжею). До незамінних амінокислот належать: триптофан, лізин, фенілаланін, лейцин, ізолейцин, метіонін, треонін, валін. Аргінін і гістидин є незамінними для дитячого організму. Встановлено добову потребу організму в кожній з цих кислот.

Ступінь повноцінності білків продукту залежить від оптимального співвідношення амінокислот. Білки, що містять усі незамінні амінокислоти, є повноцінними, а білки, в яких відсутня одна або кілька кислот - неповноцінними.

Так, повноцінними вважають казеїн молока і альбумін яєць, неповноцінними – колаген, еластин хрящів, сухожилля.

У м'ясі міститься 14 – 20% білків, рибі – 13 – 18, сирі кисломолочному – 15 – 16, твердому – 22 – 29, яйцях – 12-14, сої – 33-44, хлібі пшеничному – 6 – 10, крупах – 7,6-4,9, молоці – 3-4, картоплі – 2, овочах – 0,5-6,5, фруктах – 0,2-1,5%.

Білки (протеїни) – це основні речовини для життєво важливих біохімічних процесів. Людина змушена споживати харчовий білок для утворення аутологічного білка.

Компонентами білків є амінокислоти. Вони мають кислотну групу та аміногрупу, а також характерний для кожної з 20 природних амінокислот хімічний залишок.

Кислотна група в умовах ензиматичного каталізу (амінотрансфераза) з'єднується з аміногрупою іншої амінокислоти з утворенням пептидного зв'язку. Сполуки від 2 до 20 амінокислот називають пептидами, а сполуки більшої кількості амінокислот – білками, або протеїнами. Кількість та порядок амінокислот визначають кожен білок і надають йому дуже специфічну просторову структуру та властивість.

Харчовий білок є основою для побудови аутологічного білка. У процесі травлення він розщеплюється на окремі амінокислоти, які потім ресорбуються.

Амінокислоти знаходяться в клітині і готові для побудови аутологічного білка на рибосомах. У випадку з білком високої біологічної цінності склад амінокислот харчового білка дуже схожий з аутологічним білком. Сам організм може виробляти від 12 до 20 амінокислот. Решта – 8 мають регулярно надходити з їжею (есенціальні амінокислоти), оскільки за нестачі навіть однієї амінокислоти гальмується побудова аутологічного білка. Бобові, наприклад, містять лише невелику кількість метіоніну, кукурудза та пшениця бідні лізином. Щоб покрити потребу в лізині, слід, відповідно, з'їдати більше кукурудзяного білка. Отже, у порівнянні з яйцем (100) він має малу біологічну цінність. Склад тваринних білків подібний до складу білка людини, тому вони мають більшу цінність, ніж рослинні. Завдяки комбінованому харчуванню досягають особливо високої біологічної цінності білка.

Кожний рослинний та тваринний організм містить тисячі різних типів білка. Вони є найрізноманітнішими складовими частинами живих клітин. Білки надають тканині міцну структуру (колагени), сприяють обміну речовин (ензими), обумовлюють рухи м'язів (м'язово-білкова активність та міозин), сприяють зсіданню крові (фібрин), захищають від інфекцій (антитіла), переносять сигнали (гормони), слугують як транспортні речовини (червоний гемоглобін) та багато іншого. Білок утворюється лише у кількості, потрібній для функціонування організму. На противагу цукру (глікогену) та жиру (депо жиру) білок не накопичується.

Кожен вік характеризується певною середньою потребою білка на добу. У немовлят та дітей вона становить близько 2 г білка на 1 кг маси тіла, у дорослих – близько 0,8, а у старіючих людей близько 1,2 г на 1 кг ваги тіла. За великої нестачі білка у бідних країнах у дітей вода накопичується у порожнині живота.

Білок також є джерелом енергії. Він постачає 4,1 кал/г (17 Дж/г). 15 – 20 % добового надходження енергії має покриватися білком. У багатьох індустріальних країнах багато людей споживають білка більше, ніж потрібно. Це пов'язано зі складом звичного нині цивілізованого раціону. У країнах третього світу, навпаки, забезпечення білком далеко не покривається. За умов надмірного забезпечення білком спостерігаються також негативні наслідки. Надмірна кількість білка постачає енергію, яка не потрібна. До того ж у осіб з обмеженою функцією нирок сечовина, що утворюється з білка, погано виділяється і шкодить організму.

Жири: склад, функції, фізіологічне значення у харчуванні.

Жири за хімічною природою є сполуками триатомного спирту гліцерину (10-16%) і жирних кислот (84-90%). За хімічною класифікацією їх називають гліцеридами або ефірами. Харчова цінність, фізико-хімічні, органолептичні властивості жирів залежать від кількісного співвідношення і властивостей жирних кислот. За певних умов жир розкладається (гідролізується) на гліцерин і жирні кислоти.

Жирні кислоти поділяють на насичені і ненасичені. До насичених жирних кислот належать низькомолекулярні – масляна, капронова, каприлова, капринова і високомолекулярні – пальмітинова, стерінова, арахідова та ін.

Низькомолекулярні насичені жирні кислоти мають рідку або мазку консистенцію, специфічний запах (леткі), високомолекулярні насичені кислоти мають тверду консистенцію, нелеткі, без запаху. Низькомолекулярні жирні кислоти

містяться тільки у вершковому маслі, кокосовій, пальмоядровій оліях і надають їм пластичності та запаху. Високомолекулярні насичені жирні кислоти входять до складу всіх харчових жирів, але в різних кількостях.

Ненасичені жирні кислоти мають вільні валентності або подвійні зв'язки між атомами вуглецю в молекулі, тому здатні до реакцій приєднання. Наприклад, під час зберігання до жирних кислот приєднується кисень повітря (відбувається окислення жирів), що призводить до псування.

Ненасичені жирні кислоти – високомолекулярні: олеїнова має один подвійний зв'язок, лінолева – два, ліноленова – три, арахідонова – чотири, клупанодонова – п'ять. Що більше подвійних зв'язків у жирній кислоті, то більшу здатність до окислення вона має. Ненасичені жирні кислоти мають рідку консистенцію.

Лінолева, ліноленова, арахідонова жирні кислоти є біологічно цінними, а лінолева – незамінна (не синтезується в організмі і повинна надходити з їжею).

Що більше у складі жиру високомолекулярних насичених жирних кислот, то вища його температура плавлення і нижча засвоюваність. Гірше засвоюється яловичий та бараний жири – на 79-84% (температура плавлення – 40-51 °С), краще – свинячий – на 90-95% (температура плавлення – 33-46° С), найкраще – вершкове масло – на 95-98% (температура плавлення – 28-34° С). Олії порівняно з тваринними жирами містять поліненасичених жирних кислот у 2 рази більше, а насичених – у 4-5 разів менше, тому вони рідкі – температура плавлення – 16-19°С, засвоюються на 96-98%, мають високу біологічну цінність (містять 50-60% лінолевої незамінної кислоти).

Жир як харчовий продукт складається з гліцеридів і супутніх речовин, які впливають на біологічну, смакову цінність, зовнішній вигляд (колір, прозорість). До супутніх речовин належать фосфоліпіди, стерини, воски, барвні речовини, вітаміни.

Жири – це рослинні та тваринні будівельні речовини та речовини – накопичувачі енергії. Для фізіології харчування найважливішими є тригліцериди (жири та олії), фосфоліпіди (напр., лецитин) та холестерин.

Тригліцериди накопичуються у жировій тканині і становлять понад 90 % жиру організму. Вони слугують переважно як депо енергії та для теплоізоляції.

Із усіх харчових речовин жир постачає найбільше енергії (9,3 ккал/г – 38 Дж/г) і для накопичення потребує найменше місця, тому що зв'язує мало води. Фосфоліпіди утворюють основні елементи біологічних мембран. Водовідштовхувальні жирні кислоти є власне бар'єрами. Ненасичені жирні кислоти мають один або декілька подвійних зв'язків. Вони особливо важливі для фізіології харчування. Лінолева кислота (18 : 2) – есенціальна (напр., у соняшниковій олії, кукурудзяній олії). Вона слугує для побудови арахідонової кислоти (20 : 4). Остання сприяє еластичності клітинних мембран і є вихідною речовиною для синтезу важливих медіаторних речовин (простагландини та лейкотриєни). Ейкозапентаєнова кислота (20 : 5; омега-3) та докозагексаєнова кислота (22 : 6, омега-3) із рибацького жиру становлять інтерес через свою позитивну дію на жировий обмін, запальні хвороби та як профілактика тромбозу. Холестерин слугує як стабілізуюча складова біологічних мембран і як вихідний матеріал для синтезу стероїдних гормонів (естрогени та ін.).

Найважливішим продуктом розкладу є жовчні кислоти. Організм щодня утворює близько 1000 мг холестерину, близько 500 мг потрапляє у процесі харчування.

Нині 40 – 50 % потреби в енергії покривається за рахунок жирів переважно тваринного походження. Жири є також носіями жиророзчинних вітамінів (вітамінів А, Е, D, К) та есенціальних жирних кислот, деяких посередників смакових речовин.

Вуглеводи: склад, властивості, фізіологічне значення у харчуванні.

Вуглеводи – сполуки вуглецю, водню і кисню. Утворюються вуглеводи в зелених частинах рослин з участю хлорофілу з вуглекислого газу повітря (CO_2) і води ґрунту (H_2O) під дією сонячної енергії. Тому джерелом надходження вуглеводів в організм є продукти рослинного походження.

Вуглеводи поділяють на групи: моноцукри – глюкоза, фруктоза, галактоза, поліцукри – цукроза, мальтоза, лактоза, трегалоза (дицукриди), рафіноза (три цукрид); нецукроподібні (не мають солодкого смаку) – крохмаль, інулін, глікоген, клітковина, лігнін, пектин.

Основними моноцукрами, що входять до складу харчових продуктів, є глюкоза і фруктоза. Глюкоза у вільному стані міститься у фруктах, меді, патоці, кондитерських виробках, особливо багато її у винограді, а у хімічно зв'язаному стані – в цукрі, крохмалі, молочному цукрі (лактоза), солодовому цукрі (мальтоза). Фруктоза також міститься у фруктах, меді і, крім цього, в топінамбурі, цикорії, входить до складу цукру, інуліну та ін.

Глюкоза і фруктоза зброджуються ферментами дріжджів з утворенням спирту і вуглекислого газу, а під дією ферментів молочнокислих бактерій утворюється молочна кислота. Ці властивості глюкози і фруктози використовують у технології виробництва спирту, вин, пива, молочнокислих продуктів, сирів, хліба, солоників овочів та ін.

Галактоза є складником лактози, пектинових речовин.

Поліцукри – цукроза, мальтоза, лактоза, трегалоза складаються з двох молекул моноцукрів, рафіноза – з трьох молекул. Цукроза міститься у великій кількості в цукрових буряках – 12-24%, цукровій тростині – 14-26%, кондитерських виробках – до 65%, кісточкових плодах – до 9%, динях – до 8,5%.

Мальтоза у вільному стані не входить до складу харчових продуктів. Вона утворюється під час гідролізу крохмалю і міститься в патоці, солоді (проросле зерно). Лактоза міститься тільки в молоці, трегалоза – в грибах, рафіноза – у невеликих кількостях у сої, горосі, цукрових буряках.

Цукри мають різну солодкість. Якщо солодкість цукрози прийняти за 100, то солодкість фруктози становить 173, глюкози – 74, мальтози – 32, галактози – 32, рафінози – 23, лактози – 16. Різною є також здатність цукрів поглинати вологу. Найбільш гігроскопічна фруктоза, найменш – лактоза і мальтоза, чиста цукроза практично негігроскопічна, цукор-пісок, в якому є небагато інвертних цукрів, гігроскопічний.

Нецукроподібні. Крохмаль складається з багатьох молекул моноцукру – глюкози. У великих кількостях крохмаль міститься в зерні злакових культур – 60-

70%, у картоплі – 12-26%, у насінні бобових культур – 50-60%. Багаті на крохмаль хлібобулочні, макаронні, борошняні кондитерські вироби, борошно, крупи.

Інулін є в коренях цикорію, бульбах топінамбуру, артишоках.

Глікоген як резервна речовина міститься в м'язах тварин (тваринний крохмаль). Глікоген бере участь у ферментативних процесах дозрівання м'яса після забою тварин.

Клітковина (целюлоза геміцелюлози), лігнін і пектин містяться у стінках клітин оболонок зерна, шкірках фруктів, овочів і в меншій кількості – в м'якоті. Клітковина і лігнін мало засвоюються, але є неодмінним компонентом їжі.

Пектин (1 – 1,5%) разом з цукром (65%) і кислотою (1%) здатний утворювати желе. Сливи, абрикоси, яблука та інші фрукти, що містять багато пектину, використовують для виробництва мармеладу, джему, пастили, желе та ін. Пектин має велику фізіологічну і лікувально-профілактичну цінність.

Вуглеводи — головні складові рослин. Вони є важливою складовою збалансованого харчування.

Завдяки гідроксильним групам моно- та дисахариди дуже добре розчиняються у воді (приклад: цукор). Крохмаль має сітчасту структуру, тому він погано розчиняється у воді. У воді полісахариди розбухають. Моносахариди та дисахариди на смак солодкі, у полісахаридів смак нейтральний. Із нагріванням хімічний склад вуглеводів змінюється. Так звана реакція Майларда викликає побуріння та специфічний смак смаженого (напр., у тостах). Коли хліб довго зберігають, молекули крохмалю забирають із тіста воду (черствіння). Під час нагрівання вода знову вивільняється (черствий хліб у духовці м'якшає).

Людина задовольняє свою потребу у вуглеводах переважно рослинними продуктами харчування. Коротколанцюгові вуглеводи утворюються переважно у фруктах, довголанцюгові вуглеводи – у картоплі, зерні або бобових.

Вуглеводи – не есенціальні речовини, але вони є важливими енергоносіями (4,3 ккал/г, 17 Дж/г). Вуглеводи надають смак, консистенцію, об'єм та енергію. У разі виснаження організму виноградний цукор є найшвидшим постачальником енергії. У повсякденному харчуванні перевагу слід надавати довголанцюговим вуглеводам у формі нерафінованих продуктів із зерна або картоплі, оскільки вони краще вгамовують голод, потребують менше виділення інсуліну та бережуть зуби. Частка вуглеводів у щоденному енергозабезпеченні має становити близько 50 – 55 %.

Вітаміни містяться у сировині рослинного та тваринного походження в незначних за масою частках, але навіть у цих малих дозах вони надзвичайно важливі для нормальної життєдіяльності організму. Без вітамінів організм людини не може засвоювати основні харчові речовини – білки, жири, вуглеводи. При відсутності вітамінів виникають тяжкі захворювання – авітамінози. Вітаміни класифікують за ознакою їх розчинності на дві групи:

I. Водорозчинні (В, С, Р, Н, U).

II. Жиророзчинні (β-каротин, А, D, Е, К).

У сировині рослинного походження (фруктах, овочах, зернових) містяться в основному водорозчинні вітаміни, а у сировині тваринного походження (молоко, м'ясо, риба) – жиророзчинні.

Вітамінність харчових продуктів змінюється в залежності від умов зберігання сировини на підприємстві та організації технологічного процесу.

Порушення технології може призвести до повного руйнування або втрати вітамінів. Для максимального збереження вітамінів при переробці рослинної сировини проводять такі заходи:

- заморожування (особливо ефективний спосіб збереження вітамінів);
- скорочують тривалість високотемпературної дії на продукт;
- видаляють повітря з продукту;
- запобігають контакту продукту з металами, які каталізують процес окиснення (залізо);
- інактивують ферменти;
- створюють відповідну реакцію середовища (рН);
- застосовують стабілізатори вітамінів, антиокислювачі, сульфітацію;
- скорочують технологічний цикл виробництва.

Кожний з цих заходів реалізують залежно від виду сировини і кінцевого продукту.

Органічні кислоти сприяють обміну речовин в організмі людини і відіграють активну роль у регулюванні технологічних процесів харчових виробництв (сповільнення життєдіяльності мікроорганізмів, інверсія цукрози у виробництві концентрованих фруктових соків). У плодах і овочах органічні кислоти перебувають у вільному стані або у вигляді солей, надаючи їм специфічного смаку і сприяючи кращому засвоєнню. Кислий смак продукту залежить не тільки від загального вмісту кислот, а й від ступеня їх дисоціації, тобто від значення рН (активної кислотності), який для більшості плодів і ягід становить у середньому близько 3-4, для овочів – 4-6,5.

Залежно від величини рН свіжі плоди та овочі поділяють на: кислотні (рН 2,5-4,2) і некислотні (рН 4,3-6,5). Кислотність овочів і плодів впливає на проведення низки технологічних процесів – вибір режиму стерилізації консервів, варіння желе, виробництво соку та ін. Наприклад, консерви із некислої сировини, в якій можуть розвиватися бацили і клостридії, необхідно стерилізувати при температурі вищій від 100°C. Кислотність – це один із показників доброякісності плодів та овочів. Від значення цього показника залежить смак продукту, його цукрово-кислотний індекс. В організмі людини кислоти, крім щавелевої, розчиняють шкідливі солі і виводять їх з організму.

У плодах та овочах найчастіше зустрічаються яблучна, лимонна, винна кислоти, у меншій кількості є щавелева, янтарна, саліцилова, бензойна.

Яблучна кислота переважає у кісточкових і зерняткових плодах (0,4-1,3%); із овочів вона міститься в томатах (0,24%). Лимонної кислоти багато в цитрусових, особливо в лимонах (5,7%), чорній смородині та журавлині (1-2%). Винна кислота міститься у великій кількості у винограді (до 1,7%). Щавелевої кислоти багато у

щавлі, ревені, шпинаті, незначну кількість її виявлено в помідорах, чорній смородині, цибулі, моркві.

Мінеральні елементи харчових продуктів містяться у складі органічних і неорганічних сполук. Їх поділяють на макро-, мікро- й ультрамікроелементи.

Макроелементи (становлять до 99% мінеральних речовин): кальцій, фосфор, калій, залізо, магній, натрій, хлор, сірка – містяться в кількостях більше 1 мг.

Мікроелементи: мідь, кобальт, нікель, марганець, цинк, хром, йод, фтор та ін. – містяться в кількостях до 1 мг.

Ультрамікроелементи: олово, свинець, ртуть та ін. – містяться в мікрограмах і менше на 100 г продукту.

Кальцій сприяє зсіданню крові, бере участь у формуванні кісток, зубів, збуджує і гальмує діяльність кори головного мозку, активізує ферменти шлунку, гормони. Добова потреба дорослої людини в кальції становить 800 мг (надалі добові потреби організму в харчових речовинах наведено тільки для дорослої людини). Найбільше кальцію містять (мг/100 г) тверді – до 1050, кисломолочні сири – 140, молоко – 118, крупи вівсяні – 65, капуста цвітна – 89, білоголова – 45.

Калій підвищує тонус м'язів серця, регулює виділення води з організму, збуджує органи кровообігу. Добова потреба людини в калії – 2-3 г. Багато калію міститься (мг/100 г) у сушених абрикосах (курага) – 1780, квасолі – 1144, картоплі – 429, яловичині – 338, яблуках – 248.

Магній регулює кальцієвий і холестериновий обмін, посилює жовчовиділення, знижує артеріальний тиск. Добова потреба людини у магнії – 400 мг. Магній міститься в тих самих продуктах, що й калій, але в меншій кількості.

Натрій бере участь у водно-сольовому обміні організму, утворенні буферних систем крові, соляної кислоти соку шлунку. Потреба людини в ньому – 4-6 г на добу, що відповідає 10-15 г кухонної солі. Харчові продукти не забезпечують потребу людини в натрії, тому їжу підсолують. Найбільше натрію міститься (мг/100 г) у житньому хлібі – 701, сирах – 606, яйцях – 143, молоці – 51.

Фосфор відіграє важливу роль у функціонуванні багатьох систем організму. Він входить до складу білків, кісткової тканини, аденозинтрифосфату (АТФ) та інших сполук. Добова потреба людини у фосфорі – 1-1,5 г. Найбільше фосфору містять (мг/100 г) сир голландський – 544, квасоля – 541, крупа вівсяна – 360, печінка яловича – 342.

Хлор разом з натрієм забезпечує утворення соляної кислоти соку шлунку, регулює тиск крові. Добова потреба людини у хлорі – 2 г, але з сіллю його надходить 6-9 г, що шкодить організму. Тому в багатьох випадках рекомендують використовувати кухонну сіль в обмеженій кількості. Порівняно багато хлору міститься (мг/100 г) у сирах – 880, яйцях – 106, молоці – 106, яловичині – 76.

Сірка потрібна для синтезу амінокислот, вона входить до складу вітаміну B11, гормонів, інсуліну, крові, кісток. Людині на добу потрібно 1 г сірки. Сірка в невеликих кількостях міститься переважно в продуктах тваринного походження: м'ясі, рибі, яйцях.

Залізо входить до складу гемоглобіну крові, ферментів, бере участь в окислювальних процесах. Добова потреба людини в залізі – 15 мг. Найбільше заліза містять (мг/100 г) печінка – 8,4, квасоля – 7,9, яйця – 3,0, яблука – 2,0.

Йод бере участь в утворенні гормону щитовидної залози. Добова потреба людини у йоді – 100-260 мкг. Він міститься в рослинних і тваринних продуктах морів.

Фтор потрібний для формування зубів. Брак фтору спричинює карієс, а надлишок – плямистість емалі і дистрофію. Людина отримує на добу з водою 1-1,5 мг фтору, з їжею – 0,23-0,35 мг.

Мікроелементи мідь, цинк виконують різні позитивні функції в організмі. Потреба людини у міді становить 2 мг на добу, у цинку – 10-15 мг. Надлишкова кількість цих елементів спричинює деякі захворювання або отруєння. Мідь і цинк містяться в дуже незначних кількостях у печінці, яловичині, бобових культурах, у зерні злакових культур і продуктах його переробки та деяких інших продуктах.

Свинець міститься в деяких продуктах переважно тваринного походження в кількості 0,05-0,1 мг/кг, олово – в тих же продуктах у кількості 0,003- 0,63 мг/кг. У таких пропорціях вони не шкодять організму людини. У продукти харчування ці елементи потрапляють з різних джерел, наприклад, свинець – з посуду, припоїв, обладнання, газів автотранспорту, олово – з полуди металевих банок, мідь – з металевих частин апаратури, від обробки садів і виноградників отрутохімікатами.

Загальну кількість мінеральних речовин у продуктах харчування та сировині визначають спалюванням наважки продукту. Зольність (вміст попелу) свідчить про вміст природних мінеральних елементів у продукті і, наприклад, у борошні є ознакою його товарного сорту, а в таких продуктах, як крохмаль, цукор, томатопродукти та ін. – ознакою ступеня очищення від побічних мінеральних домішок.

Елементи – це компоненти неживої та живої природи. Із 92 елементів, які є в природі, людський організм потребує понад 20. Ці, необхідні для життя, елементи містить земна кора у різних кількостях. Алюміній та силіцій разом складають одну третину усіх елементів земної кори, у тілі ж людини вони є в дуже малих кількостях. І навпаки, вміст фосфору, азоту та вуглецю в організмі людини більший. Маса водню становить близько 10 % маси тіла людини, але 60 % його атомів входять до його складу. Всі хімічні елементи присутні в організмі людини у вигляді сполук.

Фенольні сполуки корисні для організму, наприклад біофлавоноїди – володіють функціями близькими до вітамінів (гесперидин, катехін, рутин), найважливішими серед їх властивостей є антиоксидантні та радіопротекторні.

У той же час поліфеноли іноді ускладнюють технологічний процес, через потемніння нарізаних на частинки плодів. Вміст поліфенолів у фруктах та овочах коливається від 0,02 до 2,35%.

Ферменти є могутніми каталізаторами хімічних процесів, які протікають у живих організмах. З каталітичною дією ферментів приходиться зустрічатися в багатьох харчових виробництвах, причому в одних випадках ця дія шкідлива і повинна бути відвернена або припинена, а в інших – корисна і підтримується.

Прикладом негативної ферментативної активності є окислювальний процес потемніння подрібнених плодів, який каталізується ферментом поліфенолоксидазою, розщарування томатного соку – пектинметилестеразою.

Прикладом позитивної дії ферментів може служити процес освітлення фруктових соків за допомогою особливих ферментних препаратів плісневих грибів, які містять пектолiтичні ферменти. При внесенні цих препаратів у сік пектинові речовини розкладаються, і завдяки цьому руйнується колоїдна система соків. Все це створює сприятливі умови для ефективного фільтрування і отримання кришталево прозорого соку.

Пектолiтичні та цитолiтичні ферменти використовуються для підвищення виходу соку із важкопресованої сировини, а обробка подрібненої плодової маси мацеруючими ферментами запропонована для розм'якшення в технології соків з м'якоттю, як альтернатива попередній тепловій обробці. Позитивну роль відіграють ферменти при дозріванні м'яса і риби.

Ароматоутворюючі речовини

З таких речовин у рослинах найбільше присутні окигеновмісні похідні терпенів – альдегіди і спирти, а також інші леткі сполуки – ефірні масла. Вони утворюються і виділяються головним чином у залозистих волосках (лусочках) шкірочки плодів, надаючи їм певного аромату. Найбільш поширені такі ефірні масла: лімонен (цитрусові, кріп), карвон (кмин, петрушка, кріп), ліналоол (цитрусові, коріандр). Деякі ефірні масла мають бактерицидні властивості і утворюються лише після механічного пошкодження тканини (алліцин часнику і цибулі). До цього вони перебувають у вигляді глікозидів і фізіологічно неактивні. Після пошкодження клітин раніше роз'єднані глікозиди і гідролітичні ферменти вступають у взаємодію, внаслідок чого вивільняються ефірні масла.

Питання для самоконтролю:

1. Дайте визначення поняття біологічно-активні речовини (БАР) та поясніть їх роль у харчуванні людини.
2. Яка класифікація біологічно-активних речовин харчової сировини?
3. Які основні групи вітамінів містяться в харчовій сировині та яка їх біологічна роль?
4. Яку роль виконують мінеральні речовини та мікроелементи в організмі людини?
5. Що таке фенольні сполуки, флавоноїди та антиоксиданти, і яка їх функція у харчових продуктах?
6. Які ферменти та інші біологічно-активні сполуки містяться в харчовій сировині?
7. Які фактори впливають на збереження біологічно-активних речовин під час зберігання та технологічної обробки сировини?

Тема 1.4. Генно-модифіковані джерела харчової продукції

1. Генно-модифіковані організми: основні задачі та перспективи.
2. Основні принципи створення трансгенних рослин.
3. Біобезпека генно-модифікованих організмів.
4. Харчова токсиколого-гігієнічна оцінка трансгенних культур.

Згідно з визначенням ФАО, «генетично модифікований організм» – це організм, в генетичний апарат (геном) якого штучно вставлений ген або гени іншого організму. Ці генетичні зміни проводяться з науковою або господарською метою.

Наприкінці 70-х років з'явились перші бактерії з інпродукованими генами інсуліну, інтерферону, соматотропного гормону. Генетично модифіковані організми використовуються з метою забезпечення населення земної кулі харчовими продуктами, збереження біорізноманітності, лікування багатьох захворювань, підвищення якості харчових продуктів, поліпшення їх біологічної цінності.

У ХХІ столітті почався бурхливий розвиток харчових продуктів, сировини, інгредієнтів на основі генетично модифікованих організмів, які найшвидше розповсюджуються в країнах, що розвиваються.

Перші трансгенні продукти почала виробляти американська корпорація «Монсанто» і у 1988 році вони вже були на світовому ринку. Сьогодні трансгенні продукти харчування виготовляють декілька основних транснаціональних корпорацій: «Монсенто», «AgrEvo», «Aventis», «Novartis», «Du Pont». Вони мають свої представництва в багатьох країнах всіх континентів. Сьогодні розроблено більше 120 видів генетично модифікованих рослин.

Найближчим часом на ринок надійдуть інші генетично модифіковані овочі, зокрема, капуста білоголова і брокколі, морква, цикорій, баклажани, салат, перець, горох, кавун, а також ячмінь, пшениця, цукрова тростина, журавлина, виноград, малина, полуниця та ін.

Наукові засади біотехнології заклав засновник мікробіології французький учений Луї Пастер. Він не лише встановив, що усі процеси бродіння є результатом життєдіяльності мікроорганізмів, а й першим запропонував у 1861 р. промислові методи упередження псування вина (пастеризацію), використання бактерій для боротьби з філоксерою у 1874 р. та передбачив можливість промислового отримання та використання антибіотиків як лікарських засобів у 1877 р.

Отже, передвісниками «генної революції», що уможливила створення генетично модифікованих організмів та їх використання у виробництві генетично модифікованої продукції, були такі наукові досягнення:

1953 р. – вчені Дж. Уотсон (США) та Ф. Крік (Англія) запропонували модель будови ДНК, що дало змогу науково пояснити біологічні властивості цієї структури як носія генетичної інформації;

1970 р. – Г. Корана (США) вперше синтезував повну дволанкову молекулу ДНК, включаючи послідовність з 77 нуклеотидів (компоненти, з яких складаються

нуклеїнові кислоти) та довів, що вона може слугувати матрицею для побудови аланінової транспортної РНК (рибонуклеїнової кислоти);

1970 р. – Г. Сміт (США) виділив з клітин ферменти-рестриктази, здатні вибірково «розрізати» молекули ДНК та РНК на фрагменти. Відкриття рестриктаз стало вирішальним кроком на шляху до створення рекомбінантних молекул ДНК;

1972 р. – у лабораторії П. Берга (США) отримано першу рекомбінантну молекулу ДНК (реДНК), у якій були з'єднані фрагменти фага лямбда (фаги – це віруси, що уражують бактерії), галактозний оперон (набір генів, відповідальних за розщеплення молочного цукру лактози) та бактерії *Escherichia coli* з кільцевою ДНК мавп'ячого вірусу SV 40;

1973 р. – у лабораторії Г. Бойєра та С. Коена (США) отримано першу функціонально активну молекулу рекомбінантної ДНК, шляхом поєднання плазмід.

Сучасні біотехнології розрізняють залежно від галузей застосування і поділяють за «кольорами»:

1) «червона» – забезпечення підтримки здоров'я та прогресивного розвитку методів лікування людини (навіть корекція її геному), а також виробництво біофармпрепаратів (протеїнів, ферментів, антитіл);

2) «зелена» – розробка та створення генетично модифікованих рослин, стійких до біотичних та абіотичних стресів; оптимізація методів ведення сільського господарства та лісового господарства;

3) «біла» – промислова, що поєднує виробництво у харчовій, хімічній (у т. ч. біопаливо) та нафтопереробній індустрії;

4) «сіра» – природоохоронна діяльність, біоремедіація;

5) «синя» – використання морських організмів і сировинних ресурсів. Основою «зеленої» біотехнології є гєнна, або генетична, інженерія – сукупність прийомів, методів і технологій отримання рекомбінантних РНК та ДНК, виділення генів з організму (клітин) або біохімічного синтезу генів на основі знань про їх будову, здійснення маніпуляцій з генами та введення їх в інші організми, її результатом є створення генетично модифікованих організмів.

3. На сьогодні існують три покоління генетично модифікованих культур:

Перше покоління – рослини, модифіковані з метою надання їм стійкості до біотичних і абіотичних факторів, наприклад, стійкості до комах-шкідників (СК – стійкий до комах або англ. IR – insect resistance; Bt – *Bacillus thuringiensis* – бактерії, гени яких використовуються) – модифікації кукурудзи, бавовнику; до використання гербіцидів (ГС – гербіцидо-стійкий; англ. herbicide-tolerance crops), тобто продовження життєдіяльності після загибелі навколишніх бур'янів – модифікації сої, кукурудзи, бавовнику, ріпаку. Проводиться розробка та комерційно вирощуються модифікації, стійкі до вірусних (наприклад, папайя), грибкових і бактеріальних інфекцій. Також є культури, стійкі до абіотичних факторів (морозу, посухи тощо).

Друге покоління – рослини, модифіковані з метою поліпшення їх властивостей. Наприклад, насіння олійних культур зі зміненим профілем жирних кислот, високо амілазна кукурудза, лінії рослин із підвищеним вмістом незамінних

амінокислот, мінералів і вітамінів. Також відомий «золотий» рис, який містить значну кількість провітаміну А.

Третє покоління – організми, які модифіковано з метою використання у виробництві ферментів, хімічних сполук для фармакологічних препаратів, пластмас, здатних розкладатися, тощо. Дослідження перебувають на початковому етапі.

Сьогодні дозволені до вирощування генетично модифіковані лінії таких культур: люцерна посівна, ріпак, квасоля, гвоздика, цикорій, бавовник, польовиця, льон, кукурудза, диня, папайя, петунія, слива, баклажан, ріпа, тополя, картопля, рис, троянда, соя, гарбуз звичайний, цукровий буряк, цукрова пальма, перець овочевий, тютюн, томат, пшениця.

До генетично модифікованих продуктів харчування належать:

- продукти, які складаються з живих/життєздатних організмів або таких, що містять їх (наприклад, кукурудза);
- продукти, що виділяються з генетично модифікованих організмів або містять інгредієнти, які виділяються з генетично модифікованих організмів (наприклад, мука, харчові білки або масло, що отримується з генетично модифікованої сої);
- продукти, що містять окремі інгредієнти або добавки, що синтезуються генетично модифікованими мікроорганізмами (наприклад, барвники, вітаміни та незамінні амінокислоти);
- продукти, що містять інгредієнти, оброблені синтезуючими генетично модифікованими ферментами (наприклад, кукурудзяний сироп з високим вмістом фруктози, що виробляється з крохмалом за допомогою фермента глюкозоізомераз).

Основними сферами застосування сучасних біотехнологій є сфера харчування, сільське господарство, охорона здоров'я та ін. (рис. 1).

Прибічники трансгенних рослин вважають, що їх виробництво і використання має великі переваги і перспективи (рис. 2).

По-перше, трансгенна продукція високоврожайна, тому можуть збільшуватися ресурси продовольства для населення.

По-друге, під час вирощування трансгенних культур можна значно зменшити кількість пестицидів, що зараз використовуються у сільському господарстві, і, одночасно, захистити людський організм від їх шкідливої дії і довкілля від забруднення.

Ці ГМ-рослини і продукти, виготовлені з їх використанням, відносяться до першого покоління. На даний час такі продукти вирощують вже в промислових масштабах.

Друге покоління починає свій розвиток. Продукти цього покоління характеризуються поліпшеною споживною цінністю та якістю завдяки змінам кількості і складу мікроелементів, жирно-кислотного складу жирів, інших продуктів, смаку, запаху, кольору, амінокислотного складу білків тощо (рис. 3).

Зокрема, можна збільшити у харчових жирах частку біологічно цінної лінолевої кислоти за рахунок відповідного зменшення частки насичених жирних кислот, що виробляються з поліпшених трансгенних сої, кукурудзи, ріпаку.

Трансгенна картопля і кукурудза містить більше крохмалю і менше води, ніж звичайна. З трансгенної сировини можна виробити більше крохмалю. Під час смаження картоплі необхідно менше олії, з неї можна отримати пухкі фрі і чіпси, які краще засвоюються.

Модифікований рис, який є основним продуктом у багатьох країнах, містить більше, ніж звичайний, β -каротину і заліза, що запобігає важким захворюванням серед населення.

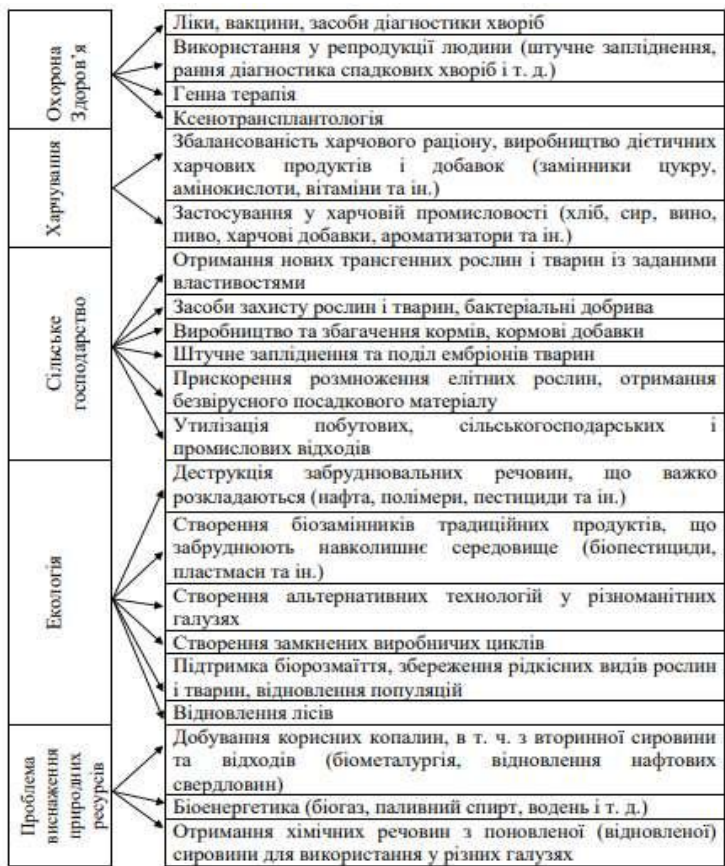


Рисунок 1 – Основні сфери застосування сучасних біотехнологій

Генетики передбачають, що при споживанні генетично модифікованих продуктів легше дотримуватись низькокалорійної і здорової дієти. Населення буде споживати «нові» продукти з більш високим вмістом біологічно цінних вітамінів, мінеральних речовин, незамінних ненасичених жирних кислот.

Лікарі замість вакцин, щеплень будуть рекомендувати пацієнтові, наприклад, спеціально вирощені овочі, в які вмонтовано гени вірусів.

Таблиця 1 - Продукти харчування, отримані за допомогою генетично модифікованих організмів

Назва продуктів харчування	
	<u>Продукти харчування, що підлягають етикетуванню:</u>
1	Соеві боби
2	Концентрат соєвого білка та його текстурати
3	Ізолят соєвого білка
4	Гідролізат соєвого білка
5	Соеве борошно і його текстурати
6	Соеве молоко, в тому числі сухе
7	Ферментовані продукти із сої
8	Соевий соус
9	Тофу
10	Кукурудза для безпосереднього використання в їжі
11	Кукурудза заморожена і консервована
12	Попкорн
13	Картопля для споживання
14	Пюре картопляне сухе
15	Картопляні чіпси
16	Томати для безпосереднього споживання
17	Томатна паста
18	Томатний сік
19	Томатні соуси, кетчупи
20	Кабачки і продукти з них або з їх використанням
21	Дині і продукти з них або з їх використанням
22	Продукти, що містять цикорій
23	Харчові добавки, що вироблені за допомогою генетично модифікованих організмів
24	Біологічно активні харчові добавки, що містять генетично модифіковані організми
	<u>Продукти харчування, що не підлягають етикетуванню:</u>
	Соева і кукурудзяна олія рафінована
	Соевий лецитин
	Фруктоза, отримана із сої, кукурудзи, цукрового буряку
	Кукурудзяний крохмаль
	Глюкоза, отримана з кукурудзи, цукрового буряку, картоплі
	Патока, отримана з кукурудзи, картоплі
	Ріпакова, лляна і бавовняна олія

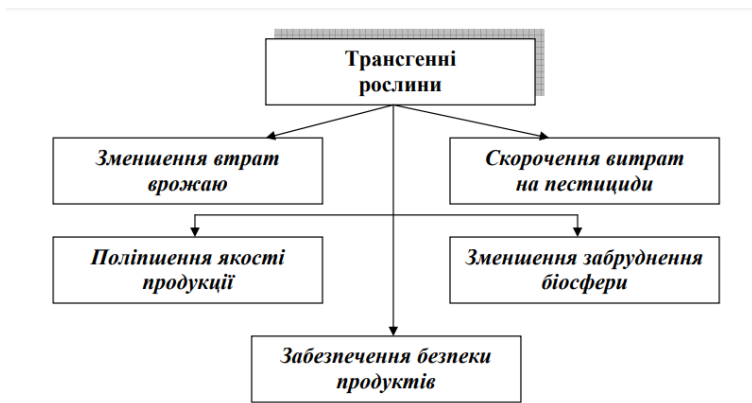


Рисунок 2 – Переваги використання трансгенних рослин

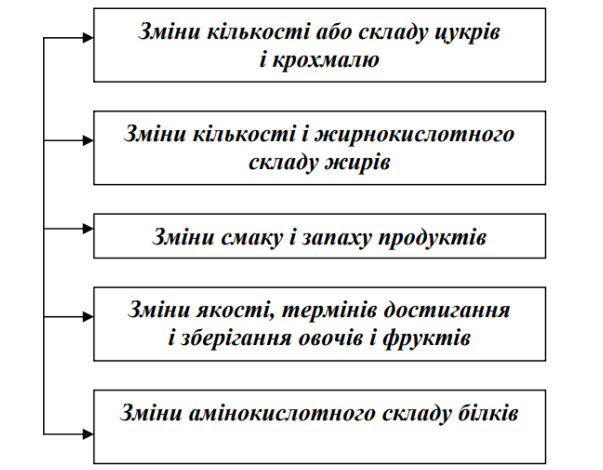


Рисунок 3 – Поліпшення якості харчової і біологічної цінності харчування і продовольчої сировини

Австралійські генетики працюють над створенням бананів, здатних запобігти захворюванню на кір.

Японські генетики створили сорт рису, який дає можливість хворим на цукровий діабет, не використовувати ліки: генетично модифікований рис стимулює виробництво підшлунковою залозою власного інсуліну.

Спеціалісти в галузі генної інженерії вважають, що створення рослин-ліків, рослин-вакцин – це дуже актуальний етап її розвитку.

Модифікують також молоко питне і молоко-сировину для виробництва сирів з метою збільшення вмісту α - β -казеїнів, що сприяє підвищенню щільності згустка, термостійкості молока, збільшенню вмісту кальцію. Завдяки внесенню протеолітичних сайтів в казеїни поліпшується процес дозрівання сиру; через збільшення концентрації к-казеїну – підвищується стабільність казеїнових комплексів і зменшуються розміри міцел казеїну; завдяки зменшенню вмісту α -лактальбуміну зменшується вміст лактози, знижується ступінь кристалоутворення під час заморожування. Модифікація молока в кінцевому рахунку покращує технологічні властивості, а іншими словами – сиропридатність сировини.

До трансгенних рослин третього покоління відносяться такі, з яких виготовляють багато медичних препаратів. Такі рослини називають «біофабриками». До них відносять, зокрема, антикоагулянти, фактори крові, фактори, фактори, що стимулюють імунну систему, еритропоетин (стимулює утворення еритроцитів), ростові фактори, гормон росту людини (для лікування карликовості), людський інсулін, інтерферон (пригнічує віруси, лікує деякі форми раку), лейкосини (активують і стимулюють роботу різних типів лейкоцитів), моноклональні антитіла (для діагностики, а також для адресної доставки ліків, токсинів, ізотопів до ракових пухлин), трансгенні культури, ферментні препарати, харчові продукти супероксид дисмутази (для відновлення кровопотоку під час хірургічних операцій), вакцини (проти гепатиту В).

Для культур четвертого покоління будуть характерні зміни архітектури рослин (наприклад, отримання низькорослих форм), зміни розміру, маси, форми, кількості плодів, підвищення ефективності процесу фотосинтезу рослин.

Генна інженерія, на думку її прибічників, направлена на благополуччя суспільства, зокрема на забезпечення повноцінного харчування і зміцнення здоров'я.

Разом з цим реакція різних науково-дослідних установ, суспільних організацій, вчених, спеціалістів, експертів на генетично модифіковані джерела їжі і медичні препарати неоднозначна. Прихильники генної інженерії, безумовно, вбачають в ній широкі можливості для вирішення продовольчої проблеми, поліпшення харчової цінності і безпечності продуктів харчування, скорочення витрат на засоби боротьби із шкідниками, зменшення забруднення біосфери, використання «нових» продуктів і препаратів з них для лікування і профілактики захворювань тощо. Одночасно, на даний час, немає доказів щодо шкідливості трансгенних продуктів харчування.

Незважаючи на те, що більшість трансгенних рослин відрізняються від своїх аналогів наявністю тільки зміненого білка, харчова продукція з цих рослин відноситься до категорії «нова їжа». Звідси виникла необхідність розроблення критеріїв і методичних підходів до медико-біологічної оцінки такої їжі, над якими працювали вчені різних країн. Спочатку була розроблена концепція.

На сьогодні загальноприйнятою є сучасна концепція композиційної еквівалентності, яка ґрунтується на порівнянні генетично модифікованих джерел їжі з

їх традиційними аналогами за фенотипом, вмістом ключових харчових і антиаліментарних речовин, токсинів, які нормуються в харчових продуктах, алергенів і біологічно активних компонентів, характерних для даного виду продукції. Крім того, враховується те, в якому вигляді даний продукт традиційно використовується в їжу і як він реагує на технологічне оброблення.

При цьому аналізується хімічний склад кінцевої продукції, його харчова та енергетична цінність. Програма досліджень визначається для кожного конкретного продукту індивідуально і за системою, схваленою ФАО/ВООЗ.

Питання для самоперевірки:

1. Дайте визначення поняття генно-модифіковані організми (ГМО) та поясніть принципи їх створення.
2. Які основні методи генної інженерії використовуються для отримання генно-модифікованих рослин і тварин?
3. Які переваги використання генно-модифікованої сировини у харчовій промисловості?
4. Які потенційні ризики та обмеження застосування ГМО у харчових продуктах?
5. Які міжнародні та національні нормативно-правові акти регулюють використання ГМО у харчовій галузі?
6. Які методи ідентифікації та контролю наявності ГМО у харчовій сировині та продуктах?
7. Які етичні, соціальні та екологічні аспекти використання генно-модифікованих джерел харчової продукції?

Тема 1.5. Регулятори консистенції харчової продукції. Емульгатори, загущувачі, драглеутворювачі

1. Харчові добавки – регулятори консистенції харчових продуктів, їх визначення, призначення, класифікації.
2. Загусники та драглеутворювачі (желеутворювачі), їх загальна характеристика, хімічна будова, властивості.
3. Механізми загущення і драглеутворення.
4. Комбінації загусників і драглеутворювачів, за яких спостерігається синергетичний ефект.

Для надання харчовим продуктам відповідної консистенції або поліпшення її, застосовують харчові добавки, які змінюють їх властивості реологій. Асортимент цих речовин досить широкий. У харчовій промисловості застосовують емульгатори, пластифікатори, стабілізуючі і желеутворюючі речовини, піноутворювачі, покращувачі консистенції і інші речовини, які впливають на якість харчових продуктів. Створення нових рецептур харчових продуктів з використанням

натуральних гідроколоїдних стабілізаторів дозволяє розширити асортименти молочних продуктів, м'ясних виробів делікатесної групи, охолоджених і заморожених десертів (муссів, шербетів, суфле і ін.), борошняних кондитерських виробів з фруктово-ягідними начинками, напоїв і багато інших.

Загусники - це речовини, які використовуються для підвищення в'язкості продукту.

Драглеутворювачі - це речовини, які надають харчовому продукту властивості гелю.

Дія, як загусників, так і драглеутворююча заснована на зв'язуванні вільної вологи, що і призводить до стабілізації харчової системи. У хімічному відношенні добавки цієї групи є полімерними сполуками в основному полісахаридами (виняток становить драглеутворювач желатин, який має білкову природу), в макромолекулах яких рівномірно розподілені гідрофільні групи, які взаємодіють з водою. До основних представників цієї групи харчових добавок відносяться модифіковані крохмалі і целюлози, пектини, полісахариди морських водоростей і деякі інші.

Емульгатори – речовини, що сприяють змішуванню двох або більше незмішуваних речовин (частіше рідин). Дифільні ПАР, які орієнтовано розподіляються на межі розділення двох рідин, знижуючи їх поверхневий натяг та утворюючи емульсії.

Піноутворювачі - це речовини, які сприяють рівномірній дифузії газової фази в рідкі та тверді харчові продукти. Піну можна розглядати як дисперсію повітря у рідині або твердому тілі. Для утворення піни необхідно застосовувати речовини з поверхнево активними властивостями, тобто емульгатори.

В останні роки в групі харчових добавок, що регулюють консистенцію продукту, велика увага стала приділятися стабілізаційним системам, що включають кілька компонентів: емульгатор, стабілізатор, загусник. Їх якісний склад, співвідношення компонентів можуть бути вельми різноманітними, що залежить від характеру харчового продукту, його консистенції, технології отримання, умов зберігання, способу реалізації

Натуральні харчові стабілізатори – це велика група речовин різної хімічної природи, яка має полімерну природу, отриманих з сировини рослинного і тваринного походження.

Стабілізатори відіграють важливу роль у функціонуванні органів і систем організму, перш за все органів травлення. Вони адсорбують значну кількість жовчних кислот, а також інші метаболіти, токсини і електроліти, які сприяють детоксикації організму.

За структурою і властивостями більшість натуральних харчових стабілізаторів є гідроколоїдами. Вони складаються з дуже великих і об'ємних полімерних макромолекул, завдяки чому проходить їх гідратація і набрякання; проявляють здатність до гелеутворення, що дозволяє значною мірою змінювати характеристики реологій харчових систем. Завдяки своїм іонообмінним властивостям і комплексоутворюючій здатності більшість натуральних харчових стабілізаторів здатні виводити іони важких металів і радіонуклідів з організму.

Більшість натуральних гідроколоїдних стабілізаторів є полісахаридами і полімерами цукрових залишків. Виключенням є білки, желатин, казеїнати і деякі інші стабілізатори емульсій. Гідроколоїди забезпечують отримання продуктів певної консистенції, покращують і зберігають їх структуру, позитивно впливають на відчуття смаку. Унікальна здатність утворювати гелі робить їх незамінними інгредієнтами у виробництві молочних, м'ясних, рибних продуктів, безалкогольних напоїв, хлібобулочних і кондитерських виробів.

Існують різні види класифікацій загущувачів і гелеутворювачів:

– за природним походженням: натуральні, напівсинтетичні і синтетичні; Натуральні і напівсинтетичні добавки цієї групи застосовують при виробництві харчових продуктів, синтетичні - тільки при виробництві косметичних виробів. До натуральних загущувачів і гелеутворювачів відносять: рослинні камеді і слизи з насіння льону і айви, ріжкового дерева, астрагала, аравійської акації; агар, агароїд, пектин, желатин, альгінат натрію. До напівсинтетичних – похідні натуральних речовин, фізико-хімічні властивості яких змінені в необхідному напрямі введенням певних функціональних груп метилцелюлозу, етилцелюлозу, карбоксиметилцелюлозу, амілопектин, модифіковані крохмалі.

Залежно від джерела отримання розрізняють: рослинного походження, тваринного походження, продуктів ферментації мікроорганізмів.

Крім того добавки полісахаридної природи класифікують залежно від структури:

– за будовою полімерного ланцюга: лінійні (альгінати, каррагінани, модифікована целюлоза, пектин) і розгалужені (ксантани, гуміарабік, камедь);

– за природою мономерних залишків: гомоглікани (модифіковані крохмалі, целюлоза), гетероглікани (альгінати, карагінани, фуцелеран, пектини), тригетероглікани (ксантани, камедь карайи, геланова камедь); тетрагетероглікани (гуміарабік), пентагетероглікани (камедь гхатти);

– залежно від заряду: нейтральні (похідна целюлоза, амілопектини, галактоманани) і заряджені (полісахариди, що сульфатуються). *Загусники та гелеутворювачі.* Однією з важливих характеристик харчового продукту є його консистенція. Продукти часто можуть представляти собою колоїдні системи: емульсії, піни, суспензії, гелі. Для їх створення необхідні речовини з певними властивостями: поверхневоактивними, загущуючими, драгелеутворюючими.

Загусники – речовини, що збільшують в'язкість харчових продуктів та загущують їх. Загусники покращують та зберігають структуру харчового продукту, дозволяють отримати продукти з необхідною консистенцією - «тілом», яке позитивно впливає на смакові відчуття.

Загусники є гідроколоїдами, молекули яких представляють лінійні або розгалужені полімерні ланцюги, скручені у клубки. Завдяки особливостям своєї структури та багаточисельним полярним групам, особливо гідроксильним, згущувачі при додаванні до продукту взаємодіють з водою, що ньому утримується. Полярні молекули води при цьому розташовуються навколо молекули полярних груп загусника. Завдяки сольватації, клубки молекул розкручуються, рухомість молекул

води обмежується, а в'язкість розчину при цьому зростає. При сумісному використанні двох або більше загусників можливий прояв синергетичного ефекту, тобто суміш загущує систему сильніше, ніж можливо було б очікувати від сумарної дії компонентів. Ефективність дії гідро колоїдів залежить також від складу харчового продукту, способом його виробництва та умовам зберігання.

Властивості згущувачів, особливо нейтральних полісахаридів можна змінювати шляхом фізичної обробки, наприклад термічної, або шляхом хімічної модифікації, наприклад введенням у молекули нейтральних або іонних замісників, до таких модифікованих полісахаридів належать складні етери целюлози, крохмалі.

Загусники мають широкий спектр застосування у харчовому виробництві: консервне та кондитерське виробництво, виготовлення соусів, кетчупів, маргаринів, сирів, молочних продуктів та ін.

Гелеутворювачі (драглеутворювачі) - речовини, які при певних умовах здатні створювати гелі (драглі), структуровані дисперсні системи.

Властивість гелеутворювачів створювати дисперсні системи (гідрогелі) широко використовується у консервному та кондитерському виробництві: мармелади, желе, варення, жувальна гумка, низькокалорійні продукти, кисломолочні продукти, морозиво та інші молочні десерти тощо.

Використання гелеутворювачів у харчових системах дає можливість одержати продукти з необхідною консистенцією, покращують та зберігають структуру харчового продукту, що у свою чергу сприяє підвищенню його смакового сприйняття.

Харчові добавки, які при додаванні до харчових продуктів забезпечують можливість утворення або збереження однорідної дисперсії двох або більше речовин що не змішуються, складають окрему групу та називаються емульгаторами.

Емульгатори – це хімічні речовини, які здатні (при розчиненні або диспергуванні у рідині) утворювати та стабілізувати емульсію, завдяки їх здатності концентруватися на поверхні розділу фаз та знижувати міжфазовий поверхневий натяг. У відношенні до харчових продуктів такі речовини можуть називати також стабілізаторами або поверхнево-активними речовинами (ПАР). Емульгатори займають індекси Е 400 – 499.

Дія емульгаторів багатобічна. Вони відповідають за взаємний розподіл двох фаз що не змішуються, за консистенцію виробу, його пластичні властивості та в'язкість, сприяють поліпшенню смакових якостей, надаючи продукту відчуття «наповненості».

Типовими натуральними емульгаторами, що традиційно використовуються у харчовому виробництві є білок та жовток курячого яйця (природний лецитин), сапоніни (відвар мильного кореню та ін.) та камеді рослинного походження.

Більш широке використання у харчовій індустрії мають синтетичні емульгатори або продукти хімічної модифікації природних речовин, промислове виробництво яких почало активно розвиватися у двадцяті роки минулого століття.

За хімічною природою молекули класичних емульгаторів (ПАР) мають дифільну будову. Полярні гідрофільні та неполярні гідрофобні групи атомів таких

молекул відокремлені між собою та розташовані на протилежних кінцях молекули. Гідрофільні атоми забезпечують розчинність у воді, а гідрофобні – неполярних розчинниках. Дифільна будова молекул емульгаторів обумовлює їх схильність до формування у об'ємній фазі розчинника асоціатів, які називають міцелями. У залежності від особливостей будови молекули емульгаторів, які будуть проявлятися у співвідношенні між гідрофільними властивостями полярної групи та ліпофільними властивостями неполярної частини молекули ПАР, можуть утворюватися як класичні міцели у воді, так і оборотні міцели у неполярних розчинниках (олії, жири та ін.). Схильність до формування асоціатів міцелярного типу, як і інші прояви поверхнево-активних властивостей, залежить від хімічної будови молекул ПАР, і перш за все від співвідношення розмірів полярної і неполярної частин молекули, яке виражається показником гідрофільно-ліпофільного балансу (ГЛБ). Чим вища гідрофільність, тим більший показник ГЛБ і тим сильніше проявляється властивість молекул ПАР до утворення класичних міцел та стабілізації прямих емульсій.

Молекули основних емульгаторів харчового призначення мають однакову гідрофобну (ліпофільну) частину, представлену ацилами вищих жирних кислот і відрізняються природою (будовою) гідрофільної частини молекул.

В аніонних (аніонактивних) емульгаторах гідрофільними групами можуть бути іонні форми карбоксильних і сульфонільних груп, в ктіонактивних – іонні форми зєднань амонію з третинними або четвертинними атомами азоту, в неіоногенних емульгаторах – гідроксильні і кетогрупи, ефірні групування та інші. В цвітер-іонних емульгаторах роль гідроксильних груп виконують іонні групування, які мають одночасно позитивні і негативні заряди. Наприклад, в молекулі лецитину гідрофільна групування складається з негативно зарядженого залишку фосфатної кислоти і катіонної групи четвертинної амонієвої основи холіну. Основні види харчових емульгаторів є неіоногенними ПАР. Виняток складає цвітер-іонний лецитин. За різними класифікаційними признаками емульгатори поділяються на підкласи.

У залежності від особливостей хімічної природи емульгатора, а також специфіки харчової системи, до якої вони вводяться, деякі з представників цього функціонального класу харчових добавок можуть виконувати суміжні технологічні функції, наприклад функції стабілізаторів або антиоксидантів. За тими ж показниками харчові добавки інших функціональних класів можуть проявляти у харчових системах емульгуючі здатність.

До окремого функціонального класу виділені емульгуючі солі – харчові добавки, основна технологічна функція яких також пов'язана з утворенням і стабілізацією дисперсних систем, утворених з двох або більше фаз що не змішуються, шляхом зниження між фазного поверхневого натягу. До такого функціонального класу належать комплексоутворювачі, використання яких, наприклад при виробництві сирів, дозволяє запобігти виділення жиру завдяки взаємодії молекул емульгуючої солі з білковими молекулами сирної маси.

Основна технологічна функція цих добавок пов'язана з утворенням та стабілізацією дисперсних систем, що складаються з двох або більше незмішуючихся фаз шляхом зниженням міжфазного поверхневого натягу.

Однак емульгаторами є не самі емульгуючі солі, а продукти їх взаємодії з білками. Термічна обробка сиру можлива тільки через проміжне утворення казеїнового золю. Наявний в вихідному сирі кальцієво-казеїновий гель переходить в рідкий натрій-казеїновий золь завдяки поліфосфату Na або іншим фосфатам, цитрату, тартрату і лактату.

Якщо сир нагрівати без емульгуючих солей, він не плавиться, а зморщується, перетворюючись в резиноподібного масу, і відокремлює олію і воду. Якщо додати при перемішуванні 2-3% солі-плавники у вигляді водного розчину, компоненти стікаються у гомогенне тісто.

Широке використання емульгатори мають у виробництві емульсованих соусів, хлібопекарському виробництві, кондитерському виробництві, у виробництві продуктів швидкого приготування та ін..

Піноутворювачі - емульгатори, які створюють умови для рівномірної дифузії газоподібної фази у рідкі та тверді середовища.

Піна представляє собою тонку дисперсію повітря у рідкій або твердій системі. Для того, щоб утворювалася піна та могла існувати, необхідна присутність у харчовій системі поверхнево-активних речовин – піноутворювачів. Емульгатори, які добавляються у рідкі збиті продукти для запобігання осіданню піни, частіше виконують і роль *стабілізаторів* пін.

Піноутворювачі використовуються при виробництві кондитерських виробів, морозива та інших збитих десертів, молочних коктейлів та пива.

Питання для самоперевірки:

1. Дайте визначення поняття регулятори консистенції харчових продуктів та поясніть їх технологічне значення.
2. Яка класифікація харчових добавок, що впливають на структуру та текстуру продуктів?
3. Що таке емульгатори, які їх функції та механізм дії в харчових системах?
4. Наведіть приклади основних емульгаторів, що застосовуються у харчовій промисловості, та сфери їх використання.
5. Що таке загущувачі, які їх фізико-хімічні властивості та принцип дії?
6. Дайте характеристику драглеутворювачів (гелеутворювачів) та наведіть приклади їх застосування у харчових технологіях.
7. Які фактори впливають на ефективність емульгаторів, загущувачів і драглеутворювачів (рН, температура, концентрація, іонний склад)?

Модуль 2. ТЕХНОЛОГІЯ ВОДОПІДГОТОВЛЕННЯ ДЛЯ ХАРЧОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Тема 2.1. Види природних вод, їх склад, характеристика домішок і забруднень та процеси обробки

1. Характеристика природних вод.
2. Показники якості води.
3. Вимоги до якості води різних споживачів.
4. Характеристика основних процесів обробки води.
5. Класифікація процесів обробки води залежно від домішок, які містяться у природній воді.

1. Склад природних вод безперервно змінюється. Цьому сприяють окисно-відновні процеси, змішування вод різних джерел, осадження солей, що відбувається внаслідок зміни тиску і температури, осадження грубодисперсних частинок, іонообмін між осадами і водою, збагачення підземних вод деякими мікроелементами внаслідок біохімічних процесів. Джерела природних вод – це поверхневі і підземні води, а також атмосферні опади.

Із загальної кількості води, яка забирається в цей час з різних джерел з метою водопостачання різних об'єктів, близько 84 % припадає на поверхневі джерела і тільки 16 % – на підземні води.

До **підземних вод** відносяться: верховоди, ґрунтові води, міжпластові, артезіанські, тріщинуваті, карстові.

До **поверхневих вод** належать води відкритих водойм: ріки, озера, моря, канали, льодовики, водоймища та ін.

Склад підземних вод визначається переважно умовами їхнього формування. Розрізняють:

- підземні води, мінеральний склад яких сформувався у процесі вилугування гірських порід;
- води, що потрапили в осадові породи у процесі утворення цих порід на дні морів і океанів. Вони близькі за складом до вод океанів;
- води, що утворилися під час переходу води зі зв'язаного стану у вільний під впливом високої температури і тиску.

Підземні води не містять зовсім або містять дуже мало завислих речовин. Вони, як правило, безбарвні, але часто мають підвищену жорсткість, відрізняються значним вмістом солей феруму та інших елементів, іноді сильно мінералізовані. Більшість підземних вод надійно захищені від потрапляння в них забруднених поверхневих стоків. Їх кількість і якість в меншій мірі, ніж поверхневих вод, залежить від атмосферних опадів.

Склад **поверхневих вод** визначається кліматичними і геоморфологічними факторами (рельєф, форма, розмір басейну), ґрунтово-геологічними умовами (стан ґрунту і порід), агро- і гідротехнічними заходами, розвитком промисловості та ін.

Часто поверхневі і підземні води з'єднуються між собою, що значно впливає на їх хімічний склад.

Характерними особливостями вод поверхневих джерел є висока каламутність (особливо в період весняного паводку), високий вміст органічних речовин, значна кольоровість, малий солевміст і невелика жорсткість (за винятком води морів і деяких озер).

Величезне значення для водопостачання мають річки. Склад домішок річкових вод визначається характером їх живлення: поверхнєве (забезпечується випаданням дощів, таненням снігів, льодовиків і т.д.); підземне (забезпечується переважно ґрунтовими водами).

2. У цей час на харчових підприємствах залежно від якості вихідної та вимог до додаткової води застосовуються різні схеми установок водопідготовки (ВПУ). У загальному виді всі вони містять у собі предочистку води (очищення від механічних домішок) і іонний обмін.

Відповідно до правил технічної експлуатації промислових підприємств, режим експлуатації установок водопідготовки і водно-хімічний режим повинні забезпечити роботу підприємств і теплових мереж без ушкоджень і зниження економічності, викликаних корозією внутрішніх поверхонь і утворенням накипу.

Устаткування сучасних підприємств експлуатується при високих теплових навантаженнях, що вимагає твердого обмеження товщини відкладень на поверхні нагрівання за умовами температурного режиму їхнього металу протягом робочого часу. Такі відкладення утворюються з домішок, що надходять у робочі цикли підприємств, у тому числі й з додатковою водою, тому забезпечення високої води є найважливішим завданням. Використання води високої якості спрощує також рішення завдань одержання високоякісних харчових продуктів, чистої пари, мінімізації швидкостей корозії конструктивних матеріалів обладнання.

Вода є, по суті, вихідною сировиною, що після належної обробки (очищення) використовується для наступних цілей:

- а) як вихідна речовина для одержання пари для теплових процесів;
- б) для конденсації вторинної пари;
- в) для охолодження різних апаратів і агрегатів;
- г) як теплоносії у теплових мережах і системах гарячого водопостачання.

Для задоволення різноманітних вимог до якості води, споживаної при виробітку харчових продуктів, виникає необхідність спеціальної фізико-хімічної її обробки. Найважливішими показниками якості води, що визначають придатність її при використанні для пиття та у харчовій промисловості промисловості є:

- вміст зважених речовин (прозорість);
- солевміст (сухий залишок, загальна мінералізація); - загальна твердість;
- окислюваність (зміст органічних речовин);
- лужність;
- концентрація водневих іонів – рН;
- вміст корозійноактивних газів (CO_2 і O_2).

Під якістю природної води в цілому розуміється характеристика її складу та властивостей, що визначає її придатність для конкретних видів водокористування, при цьому критерії якості являють собою признаки, за якими проводиться оцінка якості води.

Зважені тверді домішки, що є присутнім у природних водах, складаються із часток глини, піску, мулу, суспендованих органічних і неорганічних речовин, планктону і різних мікроорганізмів. Зважені частки впливають на прозорість води. Вміст у воді зважених домішок, вимірюваний в мг/л, дає уяву про забруднення води частками в основному умовним діаметром більше $1 \cdot 10^{-4}$ мм. При наявності у воді зважених речовин менш 2...3 мг/л чи більш визначених значень, або умовний діаметр частин менше $1 \cdot 10^{-4}$ мм, визначення забрудненості води роблять опосередковано за мутністю води.

Мінералізація (солевміст, сухий залишок) – сумарний вміст всіх знайдених при хімічному аналізі води мінеральних речовин. Мінералізація природних вод, що визначає їхню питому електропровідність, змінюється в широких межах. Більшість рік має мінералізацію від декількох десятків міліграмів у літрі до декількох сотень. Їхня питома електропровідність варіює від 30 до 1500 мксм/см. Мінералізація підземних вод і солоних озер змінюється в інтервалі від 40...50 мг/л до сотень г/л (щільність у цьому випадку вже значно відрізняється від одиниці). Питома електропровідність атмосферних опадів з мінералізацією від 3 до 60 мг/л становить значення 10...120 мксм/см.

Відповідно до ДСТУ природні води за мінералізацією розділені на групи (табл. 1). Межа прісних вод – 1 г/кг – встановлена у зв'язку з тим, що при мінералізації більше цього значення смак води неприємний, солоний або гірко-солоний.

Таблиця 1 – Класифікація вод за ступенем мінералізації

Група води	Значення вмісту у воді мінеральних речовин (сухий залишок)
Прісні:	
- дуже малої	< 100 мг/дм ³ ;
- малої	100...200 мг/дм ³ ;
- середньої	200...500 мг/дм ³ ;
- підвищеної	500...1000 мг/дм ³ ;
- високої	> 1000 мг/дм ³ ;
Мінералізовані	1...25 г/дм ³ ;
З морською солоністю	25...50 г/дм ³ ;
Розсоли	> 50 г/дм ³ .

Твердість води обумовлюється наявністю у воді іонів кальцію (Ca^{2+}), магнію (Mg^{2+}), стронцію (Sr^{2+}), барію (Ba^{2+}), заліза (Fe^{3+}), марганцю (Mn^{2+}). Але

загальний вміст у природних водах іонів кальцію і магнію незрівнянно більше вмісту всіх інших перерахованих іонів— і навіть їхньої суми. Тому під твердістю розуміють суму кількостей іонів кальцію та магнію – загальна твердість, що складається зі значень карбонатної (тимчасовий, що усувається кип'ятінням) і некарбонатної (постійної) твердості. Перша викликана присутністю у воді гідрокарбонатів кальцію й магнію, друга наявністю сульфатів, хлоридів, силікатів, нітратів і фосфатів цих металів. Однак при значенні твердості води більше 9 ммоль/л потрібно враховувати вміст у воді стронцію й інших лужноземельних металів. За значенням загальної твердості природні води ділять на групи – таблиці 2.

Таблиця 2 – Класифікація води за твердістю, мг - екв/л.

Група води	Одиниця виміру
Дуже м'яка	до 1,5
М'яка	Більше 1,5 до 4,0
Середньої твердості	Більше 4 до 8
Тверда	Більше 8 до 12
Дуже тверда	Більше 12

Лужність води називається сумарна концентрація аніонів, що втримуються у воді, слабких кислот і гідроксильних іонів (виражена в ммоль/л), що вступають у реакцію при лабораторних дослідженнях із соляною або сірчаною кислотами з утворенням хлористих або сірчаноокислих солей лужних і лужноземельних металів. Розрізняють наступні форми лужності води: бікарбонатна (гідрокарбонатна), карбонатна, гідратна, фосфатна, силікатна, гуматна – залежно від аніонів слабких кислот, якими обумовлюється лужність. Лужність природних вод, рН яким звичайно < 8,35, залежить від присутності у воді бікарбонатів, карбонатів, іноді та гуматів. Лужність інших форм з'являється в процесах обробки води. Тому що в природних водах майже завжди лужність визначається бікарбонатами, то для таких вод загальну лужність приймають рівної карбонатної твердості.

Вміст **органічних речовин** у воді оцінюється за методиками визначення окислюваності води, вмісту органічного вуглецю, біохімічної потреби в кисні, а також поглинання в ультрафіолетовій області. Величина, що характеризує вміст у воді органічних і мінеральних речовин, які окисляються одним із сильних хімічних окислювачів за певних умов, називається **окислюваністю**. Існує кілька видів окислюваності води: перманганатна, біхроматна, іодатна, церієва (методи визначення двох останніх застосовуються рідко). Окислюваність виражається в міліграмах кисню, еквівалентного кількості реагенту, що пішов на окислювання органічних речовин, що втримуються в 1 л води. Для природних малозабруднених вод рекомендовано визначати перманганатну окислюваність (перманганатний індекс); у більш забруднених водах визначають, як правило, біхроматну окислюваність (ХПК).

Окислюваність перманганатна вимірюється мгО/л, якщо враховується маса іона кисню в складі перманганату калію, що пішов на окислювання «органіки», або мг KMnO_4 /л, якщо оцінюється кількість перманганату калію, що пішов на окислювання «органіки».

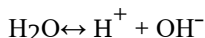
Окислюваність біхроматна, мгО/л, називається також хімічною потребою в кисні (ХПК), – показник, що дає більш правильне подання про вміст у воді органічних речовин, тому що при визначенні ХПК окисляється близько 90 % органічних домішок, а при визначенні перманганатної окислюваності – 30...50 %. В англomовній літературі ХПК позначають терміном COD (Chemical Oxygen Demand), у німецькій літературі – CSB (Chemischer Sauerstoffbedarf).

При аналізі ХПК найбільш надійні результати виходять при ХПК = 300...600 мгО/л. При цьому аналізі окисляються іони Br^- , J^- , NO_2^- , деякі з'єднання сірки та ін.

Біохімічна потреба в кисні (БПК₅, БПК_н), мгО₂/л. Біохімічна потреба в кисні (БПК) – показник, обумовлений при окислюванні «органіки» природних вод не хімічними речовинами, а біохімічними впливами в аеробних умовах. Частіше визначають біохімічне споживання кисню за п'ять діб – БПК₅, і, як правило, цей показник у поверхневих водах перебуває в межах 0,5...4,0 мгО₂/л. При визначенні БПК₅ (температура води 20°C, pH=6...8, забезпечений достатній доступ кисню до проби води) окисляється приблизно 70 % легкоокислюваних органічних речовин, за 10...20 діб – відповідно 90 і 99 % (як правило, але не завжди). Тому, коли визначають БПК_н, мають на увазі, що процес окислювання триває 15...20, у рідких випадках – до 35 діб.

Загальний органічний вуглець. Вміст загального органічного вуглецю (ЗОВ, по закордонних джерелах – TOC, Total Organic Carbon) – досить надійний показник вмісту у воді органічних речовин, у середньому чисельно рівний 50 % маси органічних речовин. У природних поверхневих водах значення органічного вуглецю можуть коливатися від 1 до 20 і навіть до декількох сотень мг/л (у болотистих водах).

Водневий показник (pH) Величина pH один з найважливіших показників якості води для визначення її стабільності, накопуютьовуючих і корозійних властивостей, прогнозування хімічних і біологічних процесів, що відбуваються в природних водах. Якщо розглядати воду без домішок, то фізична сутність pH може бути описана в такий спосіб. Вода, хоча і досить незначно, – приблизно одна мільйонна частина молекул – дисоціює (розпадається) на іони водню H^+ і гідроксиду OH^- за рівнянням:



Але така ж кількість молекул води одночасно знову утвориться. Отже, склад води при певній температурі та під час відсутності домішок не змінюється.

$$K_w = (\text{H}^+) (\text{OH}^-) = 10 \dots 14.$$

Добуток концентрацій цих іонів є величина постійна і називається іонним добутком води – K_w . Тому що розпадається незначна кількість молекул води, то

концентрація іонів H^+ і OH^- малі, тим більш малий їхній добуток. При температурі $24,8^\circ C$ $K_w = 10 \dots 14$.

Збільшення концентрації водневих іонів викликає відповідне зменшення гідроксид-іонів і навпаки. Для нейтрального середовища

$$[H^+] = [OH^-] = 10 \dots 14 = 10 \dots 7 \text{ г·іон/л.}$$

Для оцінки кислотності та лужності середовища зручно користуватися не концентрацією водневих іонів, а водневим показником рН. Він дорівнює десятковому логарифму концентрацій водневих іонів, взятому зі зворотним знаком.

$$pH = -\lg [H^+].$$

Якщо у воді розчинена яка-небудь речовина, що є джерелом іонів H^+ і OH^- (приклади: кислоти HCl , H_2SO_4 , HNO_3 і ін.; луку: $NaOH$, $KaOH$, $Ca(OH)_2$ та ін.), то концентрації іонів H^+ і OH^- не будуть рівні, але їхній добуток K_w буде постійним. Воду залежно від рН раціонально ділити на сім груп табл 3.

Таблиця 3 – Класифікація води за рН

Група води	Значення рН
Сильнокисла	до 3,0
Кисла	Більше 3,0 до 5,0
Слабокисла	Більше 5,0 до 6,5
Нейтральна	Більше 6,5 до 7,5
Слаболужна	Більше 7,5 до 8,5
Лужна	Більше 8,5 до 9,5
Сильнолужна	Більше 9,5

Розчинений кисень і діоксид вуглецю. Надходження кисню у водойму відбувається шляхом розчинення його при контакті з повітрям (абсорбції), а також у результаті фотосинтезу водними рослинами. Зміст розчиненого кисню залежить від температури, атмосферного тиску, ступеня турбулізації води, мінералізації води та ін. Видаляється кип'ятінням, як правило в деаераторах що встановлюються перед казанами.

У поверхневих водах вміст розчиненого кисню може коливатися від 0 до 14 мг/л. В артезіанській воді кисень практично відсутній. Вуглекислий газ CO_2 є присутнім у підземних водах і віддається шляхом аерації.

Температура води неоднакова у природних джерелах. У відкритих водоймищах вона залежить, головним чином, від температури повітря і коливається у дуже широких межах. Температура води у поверхневому джерелі неоднакова за глибиною. Вода підземних джерел, особливо артезіанських, має досить постійну температуру ($5 \dots 12^\circ C$) протягом року. За температурою воду класифікують, (табл. 4).

Вимоги до води, яка використовується в різних галузях промисловості та у конкретних виробництвах, істотно відрізняються. Вони відображені у відповідних ДСТУ, технічних умовах (ТУ) і інших нормативних документах.

Таблиця 4 – Класифікація води за температурою, °С

Група води	Значення температури, °С
Досить холодна	0...4 °С;
Холодна	4...20 °С;
Тепла	20...37 °С;
Гаряча	37...42 °С;
Досить гаряча	42...100 °С;
Дуже гаряча	вище 100 °С.

Всі промислові підприємства є споживачами води. Вона витрачається для таких основних цілей, як:

- господарсько-побутове водопостачання;
- відвід тепла від устаткування, кондиціонування;
- основні технологічні потреби – готування продуктів, миття сировини.

Вимоги до води для господарсько-побутових цілей мінімальні, це, як правило, водопровідна вода.

Вода 2 категорії найбільше часто використовуються в оберті, основні вимоги до неї – мінімальні корозійна активність і відкладення солей. Це досягається комплексом заходів щодо підтримки в ній певного сольового складу та рН.

Вимоги до води для технологічних потреб визначені у відповідних ДСТУ та ТУ. Ці вимоги для різних виробництв дуже відрізняються одна від одної як за допустимим вмістом різних хімічних і механічних забруднень, так і за спеціальними вимогами, наприклад, біологічної стерильності та ін.

Розчинені у воді речовини можуть викликати неполадки в роботі устаткування. В основному це пов'язане з накипними відкладеннями в теплових агрегатах і корозією. У теплообмінній апаратурі, що працює при 25...50°С, виникають низькотемпературні відкладення, основним компонентом яких є карбонат кальцію CaCO_3 . Накипні відкладення, що утворюються, знижують теплопродуктивність і збільшують втрати напору в трубах.

3. При обробці води використовуються багато комбінацій іонообмінних фільтрів. Вони включають попередню очистку, зм'якшення, демінералізацію (первинна система) і фінішне очищення.

Попередня обробка. Перед фільтрацією через іонообмінну колонку вихідний розчин повинен бути ретельно відфільтрований для очищення від ГДП. Органічні речовини можуть бути частково вилучені за допомогою коагуляції (флокуляції)

використанням хлориду заліза, сульфату заліза або сульфату алюмінію з можливою добавкою поліелектролітів або на фільтрах, завантажених органом ущільнювачами.

Для високолузної сирової води з метою видалення карбонату кальцію може бути використаний класичний процес вапнування. Для повного зм'якшення води застосовують процес содопом'якшення. Для вод з підвищеним вмістом силікатів доцільно використовувати процес магnezіального обезкремніювання. Ці процеси значно зменшують іонне навантаження на наступні, іонообмінні фільтри.

Вибір схеми водопідготовчої (ВПУ) системи. При виборі схеми ВПУ необхідно враховувати сезонність роботи теплового та водопідготовчого устаткування. Найбільш доцільне застосування комбінованих схем ВПУ, що представляють ряд різних способів обробки води, об'єднаних у загальну технологічну схему, окремі елементи якої підключають для часткової або повної обробки вихідної води.

Використання комбінованих схем розширює можливості застосування вапнування підкислення Н-Н- або Н-Na-катіонування; забезпечує маневреність і економічність системи водопідготовки у цілому.

При проектуванні схем ВПУ і складанні режимних карт, що враховують сезонність роботи, варто визначати необхідну частку зм'якшення за правилами.

4. Дисперсні системи. Природна вода – складна дисперсна система, що містить безліч різноманітних мінеральних і органічних домішок. Дисперсна система складається із дрібних часток речовини, що розподілена в іншій речовині (середовищі). Система називається *гомогенною*, якщо усередині її немає поверхонь розподілу, що відокремлюють одну від одної частини системи, що різняться по властивостях. *Гетерогенні* системи – системи, усередині яких є такі поверхні розподілу. Гомогенна система – однофазна, гетерогенна – складається з не менш двох фаз. При розмірі часток домішок води менше 10^{-3} мкм – це гомогенна система (однофазна із двох або більше індивідуальних речовин). Якщо розмір часток $\geq 10^{-3}$ мкм, то домішки утворюють із водою гетерогенну (неоднорідну багатозфазну) систему. Істинні розчини, де домішки перебувають у молекулярно-розчиненому виді або у вигляді іонів, – це гомогенні системи. Гетерогенні системи – колоїди (розмір часток: $10^{-2} \dots 10^{-1}$ мкм) або суспензії (частки $> 10^{-1}$ мкм). Суспензії можуть бути представлені суспензіями, емульсіями, пінами (окремий випадок емульсій).

Системи класифікації. Вода – один із кращих розчинників. Споконвічно у Світовому океані були – у тім або іншому ступені – розчинені всі речовини Землі. І це розчинення триває. Вже кілька сторіч розробляються системи класифікації природних вод і способи як можна більше короткої характеристики якості води (індекс якості води). Виділено 625 і навіть більше класів, груп, типів і різновидів вод. В.І. Вернадський вважав, що число видів природних вод більше 1500 одиниць. Однак чим більш детально розроблялася класифікація вод, тим більше дослідники віддалялися від бажаної стислості і ясності у визначенні якості води. Виявилось неможливим оцінити придатність води для питних, технічних, інших цілей тільки на

основі запропонованих універсальних індексів води. Як і раніше якість води, придатність її для використання оцінюється з комплексу показників, і потрібно визнати, що такий підхід дає лише приблизне знання про якість води. Цим, зокрема, можна пояснити велике (до декількох десятків) кількість нормованих показників для кожного з можливих застосувань. Говорити про якість води має сенс лише у зв'язку з конкретною областю її подальшого використання. До теперішнього часу створено кілька десятків класифікаційних систем, що розглядають здебільшого підземні води. Ці класифікаційні системи є основою для розуміння поглядів авторів на генезис підземних вод, на те, які складові підземних вод і взагалі природних вод головні або більше важливі.

Майже всі вони створювалися гідрогеологами. Для водопідготовки ці системи мають опосередковане значення – для порівняльного аналізу різних вод в основному в навчальних і статистичних цілях.

Сьогодні найбільш уживані класифікаційні системи С.А. Щукарева, О.А. Алекіна та Л.А. Кульського.

Найбільш характерними та загальними ознаками домішок води є форми їхнього знаходження в ній, тобто фазовий стан, що характеризується дисперсністю речовин. За Л. А. Кульським фазово-дисперсний стан домішок води обумовлює їхнє поведіння в процесі водообробки. Кожному фазово- дисперсному стану домішок відповідає сукупність методів впливу, що дозволяє досягти необхідних, якісних показників води зміною цього стану або без зміни його.

На цій основі все різноманіття забруднень (домішок) природних і промислових вод розділено на чотири групи із загальним для кожної групи набором методів доочищення, зумовленим формою знаходження домішок у воді.

Класифікація Л. А. Кульського. Практичний інтерес представляє фазово-дисперсна класифікація домішок води, розроблена Л.А. Кульським (табл. 1.3). Для завдань, пов'язаних з очищенням води, ця класифікація корисна тим, що, визначивши фазоводисперсний стан домішок у воді та встановив її приналежність до якоїсь групи, можна попередньо вибрати комплекс методів і стадій очищення води. При цьому фазоводисперсний стан домішок повинен встановлюватися після кожної стадії обробки води та зраховуватися при проектуванні всієї схеми водопідготовки. Методи обробки води, визначені Л.А. Кульським на основі фазово-дисперсного аналізу домішок води, описані нижче (пропозиції Кульського доповнені А. Ашировим - V і VI групи). Частина перерахованих методів застосовується в спеціальних промислових системах і не застосовується в комунальному та енергетичному водопостачанні.

Група I. Вплив на суспензії (наприклад, седиментація, висвітління у зваженому шарі, осаджувальне центрифугування, відцентрова сепарація в гідроциклонах, флотація, фільтрування на повільних фільтрах і на швидких фільтрах за безнапірною схемою та ін.).

Група II. Вплив на колоїдні домішки, у тому числі високомолекулярні з'єднання та віруси: коагуляція, флокуляція, електрокоагуляція, електроіскровий (розрядний) метод, біохімічний розпад, адсорбція на високодисперсних матеріалах, у

тому числі глинистих мінералах, іонітах, окислювання (хлорування, озонування), вплив ультрафіолетовим випромінюванням, потоками нейтронів і ін., ультразвукова обробка, обробка іонами важких металів (міді, срібла й ін.).

Група III. Вплив на розчинені органічні речовини та гази: десорбція газів і легколетучих органічних сполук шляхом аерації, термічного та вакуумного відгону, адсорбція на активних вугіллях, природних і синтетичних іонітах та інших високопористих матеріалах, екстракція неорганічними розчинниками, що змішуються з водою, евапорація (азеотропний відгін, пароциркуляція), пінна флотація, ректифікація, окислювання (рідкофазне, радіаційне, електрохімічне, біологічне, парофазове, хлором, озonom, діоксидом хлору та ін.).

Група IV. Вплив на домішки іоногенних неорганічних речовин: іонний обмін, електродіаліз, реагентна обробка, кристалізація.

Група V. Вплив на воду: дистиляція, виморожування, екстракція кристалогідратами або органічними розчинниками, що змішуються з водою, магнітна обробка, зворотній осмос, напірна фільтрація.

Група VI. Вплив на водну систему в цілому: накачування в підземні обрії, у глибини морів, поховання, спалювання. Ці методи застосовуються тільки в тому випадку, якщо методи перших п'яти груп економічно неприйнятні.

Таблиця 5 – Класифікація вод за фазово-дисперсним станом домішок

Група	Домішки	Розмір часток, мкм	Характеристика домішок
Гетерогенна система			
I	Зважені речовини	$> 10^{-1}$	Суспензії та емульсії, які обумовлюють каламутність води: мікроорганізми і планктон
II	Колоїдно-розчинні речовини	$10^{-1} - 10^{-2}$	Колоїди і високомолекулярні сполуки, які обумовлюють окислюваність та кольоровість води; віруси
Гомогенна система			
III	Молекулярно-розчинні речовини	$10^{-2} - 10^{-3}$	Гази, які розчиняються у воді, органічні речовини, які додають воді запах та присмак
IV	Речовини, які дисоціюють на іони (електроліти)	$< 10^{-3}$	Солі, кислоти, основанія, які додають воді жорсткість, лужність та мінералізацію

В основу технології очищення води від домішок кожної групи покладені процеси, що протікають під впливом сил, які найбільш ефективно впливають на дану дисперсну систему. Так, для видалення суспензій, що є кінетично нестійкими системами, використовують гравітаційні та адгезійні сили, для видалення колоїдних і високомолекулярних речовин, агрегативно нестійких у водяних розчинах, –

адгезійні та адсорбційні. Домішки, що перебувають у вигляді молекулярних розчинів, видаляють шляхом асоціації молекул під впливом сил міжмолекулярної взаємодії. І, нарешті, для видалення з води електролітів використовують сили хімічних зв'язків, характерні для іонних процесів.

Всі домішки, що забруднюють водойми, повністю охоплюються чотирма групами пропонованої класифікації. Використовуючи особливості, що характеризують кожен групу домішок, можна знаходити ефективні методи видалення всього комплексу домішок, що перебувають у воді.

У табл. 6 містяться методи очищення води залежно від її фазово- дисперсної характеристики.

Таблиця 6 – Класифікація домішок води та методи їх видалення.

Фазова характеристика	Гетерогенні системи		Гомогенні системи		
група	I	II	III	IV	
Фізико-хімічна характеристика	Грубодисперсні домішки: суспензії, емульсії, планктон, патогенні мікроорганізми	Домішки колоїдної ступені дисперсності: органічні та не органічні речовини, віруси, бактерії	Домішки молекулярної ступені дисперсності: гази, органічні речовини, солі, кислоти, луги, які не перейшли у іонне становище	Домішки іонної ступені дисперсності: солі, кислоти, луги	
Поперечний розмір	$>10^{-1}$	$10^{-1}-10^{-2}$	$10^{-2}-10^{-3}$	$<10^{-3}$	
Методи видалення домішок із води	Фільтрація (механічне видалення)	Ультрафільтрація	Зворотній осмос, нанофільтрація		
		Коагуляція	Перехід іонів у малорозчинні сполуки		
		Окислення хлором, озonom, перманганатом			
		Адсорбція на гідроксидах, дисперсних матеріалах	Адсорбція на активних углях та інших матеріалах	Вілучення методом іонного обміну	
		Агрегація за допомогою флокулянтів (аніонних та катіонних)		Асоціація молекул	Комплексоутворення
		Флотажія	Електро-форетичні методи	Екстракція органічними розчинниками	Сепарація іонів у різному фазовому стані води
		Електроліз синє-зелених водоростей			
		Бактерицидний вплив, біохімічний розпад			
Сили, що утримують домішки у воді	Гідродинамічні	Електростатичні	Вандерваальсові	Іонні сили розчинів	

Питання для самоперевірки:

1. Які основні види природних вод використовуються у харчовій промисловості? Дайте їх характеристику.
2. Який хімічний склад природних вод та які компоненти визначають їх якість?
3. Які фізичні, хімічні та біологічні домішки можуть міститися у природних водах?
4. Які антропогенні забруднення природних вод є найбільш характерними для сучасних умов?
5. Які показники якості води (органолептичні, фізико-хімічні, мікробіологічні) використовують для оцінювання її придатності у харчових виробництвах?

Тема 2.2. Обґрунтування технології підготовки води

1. Характеристика процесів підготовки води.
2. Класифікація процесів підготовки води.
3. Характеристика основних технологічних схем підготовки води.
4. Основні критерії для вибору технологічних процесів і компонування технологічних схем.
5. Сучасні технологічні схеми для підготовки питної води.
6. Системи водопостачання харчових підприємств.

1. Технологія виготовлення будь-якої продукції взагалі й підготовки води зокрема визначається якістю вихідної сировини та вимогами до якості готової продукції. Для підготовки води використовують природну воду, яку забирають із поверхневих чи підземних джерел, а готовою продукцією може бути питна або технічна вода. Тому технологія підготовки води визначається якістю природної води, її фізичними, фізико-хімічними і бактеріологічними властивостями та вимогами споживача.

Технологія підготовки питної чи технічної води охоплює комплекс процесів з метою зміни її початкового складу та поліпшення природних властивостей зменшенням або повним вилученням небажаних інгредієнтів та збагачення її тими, яких не вистачає. Потреба у застосуванні того або іншого процесу підготовки води виникає у разі її невідповідності вимогам споживача. В основу вибору процесу підготовки води покладено порівняння якості води джерела водозабезпечення (дані хімічних і технологічних аналізів) із даними державного стандарту на питну воду (ДСТУ 7525:2014) або технічними умовами споживача. Результати зіставлення визначають вибір процесу поліпшення якості води.

При цьому можуть виявитися конкурентоздатними кілька процесів підготовки води. Тоді вибір певного процесу здійснюють згідно з даними еколого-техніко-економічного аналізу з урахуванням мінімальних затрат і досягнення високих технологічного й екологічного ефектів.

Процеси підготовки води поділяють на такі основні групи:

- поліпшення органолептичних властивостей води (прояснення і знебарвлення, дезодорація та ін.);
- забезпечення епідеміологічної безпеки (хлорування, озонування, ультрафіолетове, радіаційне та інші способи знезараження);
- кондиціонування мінерального складу (фторування, знефторення, знезалізнєння, деманганізація, зм'якшення, знесолення та ін.).

Основними процесами поліпшення якості води для господарсько-питних цілей є прояснення, знебарвлення та знезараження.

Прояснення води. З метою видалення з води завислих домішок проводять П прояснення. Залежно від потрібного кінцевого вмісту завислих речовин у воді прояснення здійснюють відстоюванням води у відстійниках, у гідроциклонах,

центрифугуванням, флотацією, фільтруванням, пропусканням через шар раніше утвореного завислого осаду в прояснювачах та інших апаратах.

Для інтенсифікації процесу осадження завислих речовин застосовують їх коагулювання. Для цього у воду добавляють хімічні речовини - коагулянти. В результаті коагуляції утворюються великі агрегати, на поверхні яких адсорбуються домішки та завислі часточки, що швидко осідають під дією сил гравітації. Процес коагулювання здійснюють у прояснювачах із шаром завислих пластівців або в контактних прояснювачах зі статичним зернистим шаром.

Виділення з води грубодисперсних зависей здійснюють центрифугуванням та в гідроциклонах із наступним проясненням на швидких фільтрах, фільтруванням крізь сітки, на мікрофільтрах або крізь тканини. Прояснення води одночасно з її знебарвленням відбувається у флотаторах.

Знебарвлення води - процес видалення з неї забарвлених колоїдів або розчинених домішок, які зумовлюють кольоровість води. Вона знебарвлюється під час коагулювання або флотації із застосуванням окисників або сорбентів. Для цього застосовують хлорування, фільтрування крізь гранульоване активоване вугілля та напірну флотацію з обов'язковим попереднім коагулюванням домішок.

Знезалізнєння води - процес зменшення вмісту солей Феруму до вимог державного стандарту на питну воду або технічних умов споживача. Залежно від форм сполук Феруму, наявних у воді, застосовують безреагентні або реагентні способи видалення сполук Феруму. Широко застосовують аерування води з наступним її фільтруванням на швидких фільтрах.

Фторування води зазвичай здійснюють введенням до її складу сполук Флуору для запобігання захворюванню зубів на карієс. Розчин фтор-вмісного реагента добавляють у воду до або після фільтрування на швидких фільтрах.

Знезараження води здійснюють для знищення в ній патогенних бактерій та вірусів, проводячи хлорування, озонування або вводячи перманганат калію.

Для доведення якості води до вимог питної кондиції крім наведених вище заходів інколи використовують такі процеси: дезодорацію (усунення небажаних запахів і присмаків застосуванням аерації, окисників і сорбентів), введення у воду лужних реагентів і осадження солей твердості, опріснення (зменшення загальної мінералізації води електро-діалізом, зворотним осмосом, дистillaцією, йонним обміном та ін.).

Під час підготовки технічної води для технологічних цілей часто виникає потреба її прояснення, глибокого зм'якшення, повного знезалізнєння, деманганзації, знефторення, дегазації, зменшення окиснюваності та ін. Воду, яку використовують для охолодження, зазвичай не очищають, але проводять її стабілізацію з метою запобігання корозії металу труб і теплообмінних апаратів або їх заростання осадом карбонату кальцію. В деяких випадках охолодну воду хлорують для запобігання біобростанню системи охолодження.

2. Класифікація процесів підготовки води. В основу систематизації домішок у природній воді Л. А. Кульський поклав їх фізико-хімічні характеристики,

які він також використав для класифікації технологічних процесів підготовки води. Передумовою для цього було те, що фазово-дисперсний стан домішок води з урахуванням хімічної природи зумовлює їх поведінку в процесах підготовки води, а також те, що кожному фазово-дисперсному стану домішок (відповідно кожному класу) відповідає певна сукупність процесів підготовки якісної води (табл. 1).

У технології очищення води від домішок кожної групи використано процеси, які відбуваються під дією найефективніших сил, що впливають на дисперсну систему. До першої групи належать завислі у воді речовини (від великих до колоїдно-дисперсних часточок), емульсоїди, зокрема нафта та її продукти, бактерії і водорості. Видалення цих домішок здійснюється відстоюванням (у водозабірних ковшах і відстійниках), фільтруванням на повільних фільтрах, мікропротиджуванням, центрифугуванням та безреагентною флотацією. Для глибокого очищення води застосовують флотацію з використанням реагентів.

Для глибокого видалення тонкодисперсних завислих часточок сполук Феруму і Мангану використовують адгезію на високодисперсних та зернистих матеріалах, а також на гідроксидах алюмінію й феруму. Процес фільтрування через наливний шар допоміжного матеріалу здійснюється в діатомітових та інших наливних фільтрах.

Колоїдно-дисперсні часточки завислих речовин, патогенні бактерії і спори видаляють за допомогою бактерицидної дії окисників (хлору і Його сполук, озону та ін.), знезараження та консервування йонами Аргентуму і важких металів, а також обробленням води ультразвуком і ультрафіолетовим випромінюванням.

До другої групи домішок води належать колоїдно-розчинні і високомолекулярні речовини та віруси з розміром часточок 10-5-10-6 см.

Завислі речовини у разі відносно невеликих об'ємів води, яку очищають (автономні об'єкти), можуть бути очищені за допомогою ультрафільтрації з використанням Фільтрування крізь великопористі мембрани. За наявності у воді колоїдних і високомолекулярних сполук, які зумовлюють окиснюваність і кольоровість 35-200°, або у разі забруднення води вірусами ефективним виявляється хлорування й озонування. У цих випадках можна застосовувати адсорбцію на гідроксидах алюмінію або феруму, а також на глинистих мінералах. Для цього використовують коагуляцію за наявності каламутників або без них та контактну коагуляцію. Інтенсифікувати процес коагуляції можна, якщо для агрегації високодисперсних часточок застосовувати катіонні флокулянти.

Якщо вода забруднена вірусами, використовують віруліцидну дію окисників (хлору та озону), знезараження йонами Аргентуму і важких металів та ультрафіолетове випромінювання. При цьому зменшується кольоровість води, знищуються мікроорганізми і руйнуються гідрофільні колоїди, що сприяє наступному процесу коагулювання домішок та прискорює осідання пластівців.

Для видалення молекулярно-розчинних речовин і газів, які належать до третьої групи домішок, найефективнішими є процеси арування, окиснення, адсорбції.

Так, гази та леткі органічні сполуки, які надають воді неприємних запахів й присмаків, видаляють десорцією газів і відгонкою летких сполук унаслідок аерації та

евапорації (пароциркуляційний спосіб і азеотропна відгонка). Сірководень та леткі органічні сполуки можна видаляти з води за допомогою окиснення хлором, озоном, перманганатом калію та іншими окисниками. Домішки природного походження та домішки, що надходять зі стічними водами, які надають воді неприємних запахів і присмаків, можна також екстрагувати органічними розчинниками (знефенолення) та адсорбцією на активованому вугіллі чи інших матеріалах (вуглевання й очищення води на вугільних фільтрах та в адсорберах із завислим шаром вугілля).

Таблиця 1 – Класифікація процесів підготовки води відповідно до фазово-дисперсного стану домішок у природній воді (за Л. А. Кульським)

Гетерогенні системи		Гомогенні системи	
Механічне безреагентне виділення	Діаліз, ультрафільтрація	Десорбція газів, евапорація органічних речовин	Гіперфільтрація (зворотний осмос)
Окиснення хлором, діоксидом хлору, озоном	Окиснення хлором, озоном	Окиснення хлором, діоксидом хлору, озоном, перманганатом калію	Трансформація йонів на малорозчинні сполуки, зокрема окисненням
Флотація суспензій і емульсій	Коагуляція колоїдних домішок	Екстракція органічними розчинниками	Сепарація йонів за різного фазового стану води
Адгезія на гідроксидах алюмінію або заліза та зернистих і високодисперсних матеріалах	Адсорбція на гідроксидах алюмінію або заліза та на високодисперсних глинистих матеріалах	Адсорбція на активованому вугіллі та інших матеріалах	Фіксація йонів на твердій фазі йонітів
Агрегація за допомогою флокулянтів	Агрегація за допомогою флокулянтів катіонного типу	Асоціація молекул	Трансформація йонів на малодисційовані сполуки
Електрофільтрація суспензій та електроутримувача мікроорганізмів	Електрофорез і електродіаліз	Поляризація молекул в електричному і магнітному полях	Використання рухливості йонів в електричному полі – електродіаліз
Бактерицидна дія на патогенні мікроорганізми	Віруліцидна дія	Біохімічне розкладання	Вилучення йонів металів мікроорганізмами

Для видалення електролітів високоефективними є трансформація розчинних сполук на малорозчинні або леткі, фіксація йонів на твердій фазі йонітів (Н- і Натіонування та ОН-аніонування), застосування зворотного осмосу й електродіалізу.

Усі домішки, які трапляються у природних водах, згідно із запропоною Л. А. Кульським класифікацією, поділяють на чотири групи. Користуючись цією класифікацією і враховуючи фізико-хімічні характеристики домішок, можна рекомендувати ефективні процеси або їх комплекс для підготовки води з урахуванням вимог споживача. Під час проектування водоочисних станцій, застосовуючи цю класифікацію, можна рекомендувати найефективніші процеси, які мають увійти до складу створюваної технології. Проте при цьому слід зробити застереження. На практиці до складу природних вод входять різні домішки, що належать до різних груп, тому користуватися цією класифікацією потрібно з урахуванням відповідних особливостей.

3. Характеристика основних технологічних схем підготовки води. Розміщення технологічних процесів і споруд у певній послідовності для отримання води заданих кількості та якості, що відповідають вимогам споживача, - це технологічна схема підготовки води. Здійснення окремих технологічних процесів за певних умов для отримання найбільшого виходу продукту (чистої води заданої якості) за мінімальних витрат сировини (природної води), енергії та інших допоміжних матеріалів і реагентів є параметрами технології (тривалість процесів, температура, інтенсивність перемішування, доза реагента і його концентрація тощо).

Технологічні схеми, які використовують у практиці підготовки води, можна класифікувати за такими основними ознаками: участю реагентів (реагентні чи безреагентні), ефектом прояснення (глибоке і неповне); кількістю технологічних процесів (одно-, дво- і багатопроцесні) і числом ступенів кожного з них (напірні чи безнапірні).

Реагентні й безреагентні технологічні схеми застосовують під час підготовки води для господарсько-питних потреб та потреб промисловості. Вони різняться як за складом процесів, так і за розмірами водоочисних споруд й умовами їх експлуатації. Безреагентні схеми (рис. 1) із використанням гідроциклонів, акустичних, наливних і повільних фільтрів, як правило, застосовують для водозабезпечення невеликих споживачів за кольоровості вихідної природної води до 50°. Їх застосовують під час неглибокого прояснення води для водозабезпечення промислових об'єктів. У безреагентних технологічних схемах інколи використовують одне відстоювання або фільтрування на грубозернистих фільтрах або мікрофільтрах. Порівняно з реагентними вони в експлуатації простіші.

Технологічні схеми для підготовки води із застосуванням реагентів порівняно із безреагентними схемами значно менші за обсягом, компактніші й дешевші, але складніші в експлуатації. Процеси підготовки води із застосуванням реагентів відбуваються інтенсивніше і значно ефективніше. Так, фільтрування з використанням реагентів здійснюється зі швидкістю 5-12 м/год і більше, а без

реагентів - 0,1 - 0,3 м/ год. Тому для адження основної маси завислих речовин за наявності реагентів потрібно лише 2-4 год, тоді як без них - кілька діб.

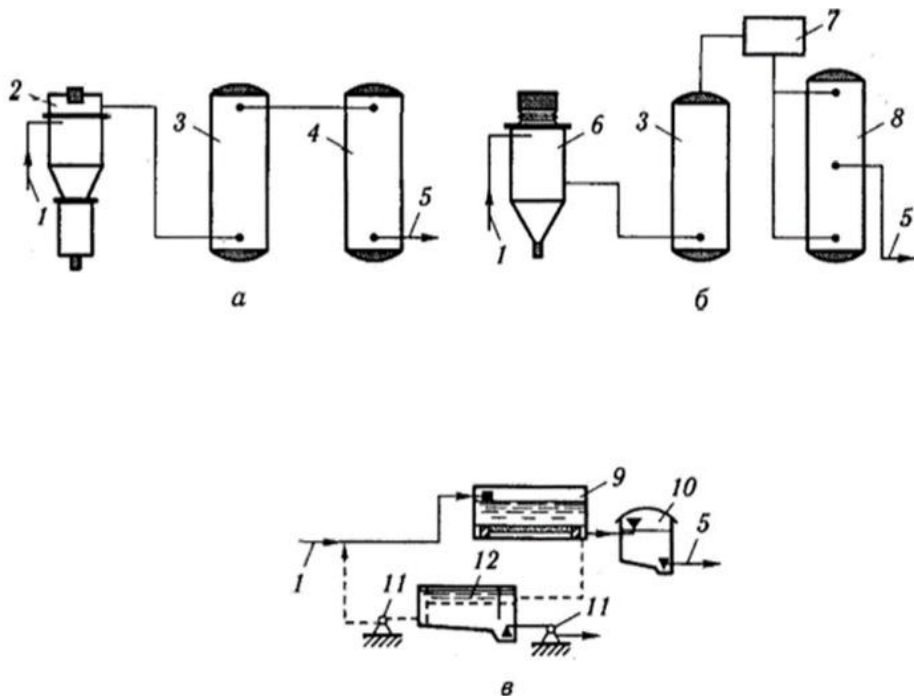


Рисунок 1- Безреагентні технологічні схеми поліпшення якості води з гідроцикло-ном (а), акустичним (б) і повільним (в) фільтром: 1, 5 - подавання вихідної води і відведення фільтрату; 2 - гідроциклон; 3 - швидкий фільтр I ступеня; 4 - швидкий фільтр II ступеня; 6 - акустичний фільтр; 7 - розподільна місткість; 8 - двопотоковий двошаровий фільтр II ступеня; 9 - повільний фільтр; 10 - резервуар чистої води; 11 - насос; 12 - споруда обороту промивної води

За кількістю технологічних процесів і числом ступенів кожного з них технологічні схеми підготовки води поділяють на одно-, дво- і багато-процесні. На рис. 1 подано однопроцесні схеми, де здійснюють одне лише прояснення за допомогою гідроциклона (див. рис. 1. а), акустичного фільтра (рис. 1. б) і повільного фільтра (рис. 1, в). На рис 2, б зображено двопроцесну технологічну схему, де два основні технологічні процеси (оброблення води в шарі завислого осаду і фільтрування) здійснюються послідовно й одноразово (за один ступінь). Аналогічну технологічну схему з флотатором зображено на рис. 2, г. Якщо один з основних технологічних процесів здійснюється двічі або більше, технологічну схему називають дво-, три- і багатоступінчастою. На рис. 2, в зображено однопроцесну двоступінчасту

технологічну схему з контактними прояснювачами, в якій фільтрування води відбувається двічі.

Кількість технологічних процесів і число ступенів у технологічній схемі залежать від якості природної води та вимог споживача до якості очищеної води. Так, для грубого прояснення води можна обмежитися процесом осадження у відстійниках, центрифугах або фільтрах. Під час підготовки висококаламутних вод для господарсько-питних цілей застосовують двоступінчасте осадження з наступним фільтруванням в один ступінь або використовують технологічну схему, яка передбачає попереднє прояснення води в гідроциклонах із наступним доочищенням (див. рис. 2, б).

За ефектом прояснення розрізняють технологічні схеми повного (глибокого) прояснення. Після глибокого прояснення очищена вода відповідає вимогам якості питної води, тоді як після грубого прояснення вміст завислих речовин в очищеній воді набагато більший (до 50 - 100 мг/л і більше). Зазвичай грубопрояснену воду використовують в охолодниках різного виробничого призначення. Отже, технологію для неповного прояснення води зазвичай використовують для підготовки технічної води. Технологічні схеми з глибоким проясненням води застосовують для підготовки питної води та води, яку використовують у харчовій, фармацевтичній промисловості й багатьох інших виробництвах, де до якості технічної води ставляться високі вимоги (див. рис. 2).

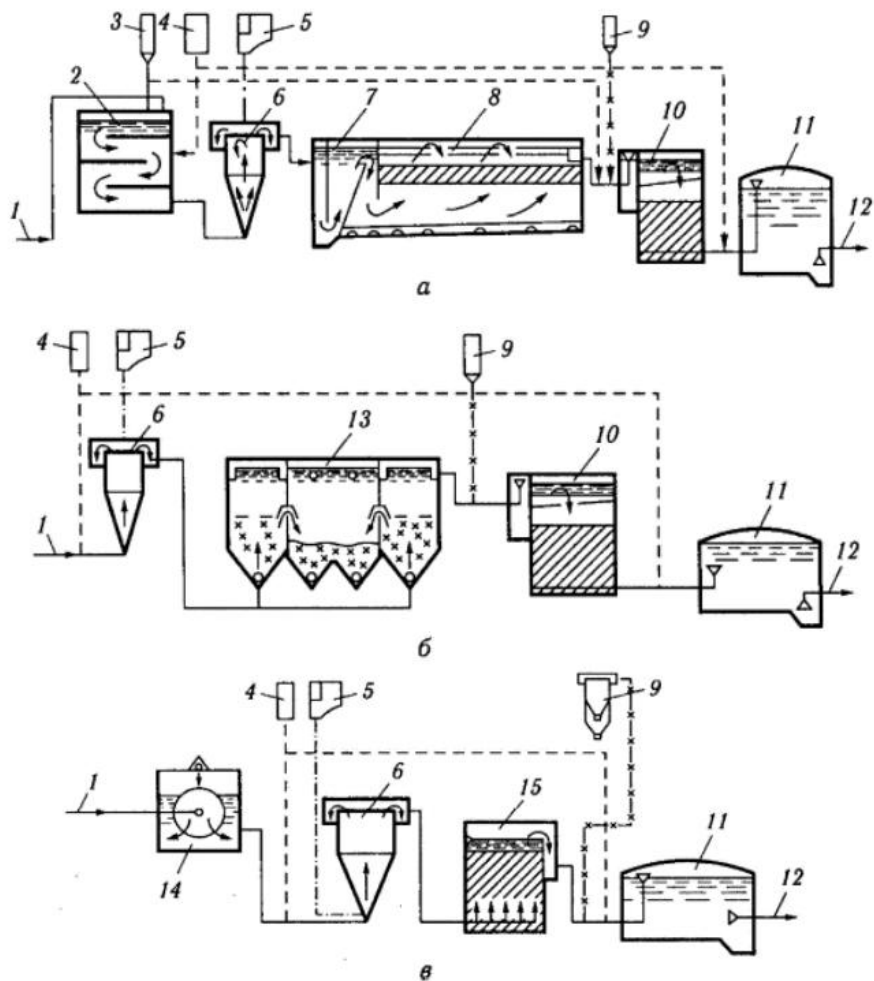
За характером руху оброблюваної води технологічні схеми водопідготовки поділяють на самоплинні (безнапірні) і напірні (див. рис. 2). На міських і великих промислових водоочисних спорудах рух вихідної води в технологічному процесі здійснюється самоплинно. При цьому рівень води в кожній наступній споруді знаходиться нижче рівня, ніж у попередній. Різниця рівнів визначає напір, потрібний для подолання гідравлічного опору в очисних спорудах та в комунікаціях від однієї споруди до іншої.

У напірній технологічній схемі рух води від одного апарата до іншого відбувається під тиском, вищим ніж атмосферний. Тому апарати різних процесів можна розмістити на одній відмітці. Напірні очисні апарати мають бути герметичними і розрахованими на тиск, який створюється насосами. В напірних технологічних схемах можна не влаштовувати резервуари чистої води і насосну станцію другого підйому. В окремих випадках очищена вода під тиском насосів першого підйому передається безпосередньо в мережу споживача (див. рис. 1 . а). У разі самоплинного руху води очисними спорудами (див. рис. 2, в) потрібні дві насосні станції (першого і другого підйому) і резервуари чистої води.

Напірні технологічні схеми характеризуються значною металоємністю, що пов'язано з обмеженням продуктивності очисних станцій.

4. Основні критерії для вибору технологічних процесів і компонування технологічних схем. Вибір технологічної схеми водопідготовки залежить від якості природної води в джерелі, вимог споживача та кількості води для спо-живання. Так, для підготовки невеликої кількості забарвленої або каламутної води з економічного

погляду доцільно замість громіздких горизонтальних відстійників застосовувати вертикальні. Змішувач у цьому разі можна замінити соплом Вентурі або шайбою.



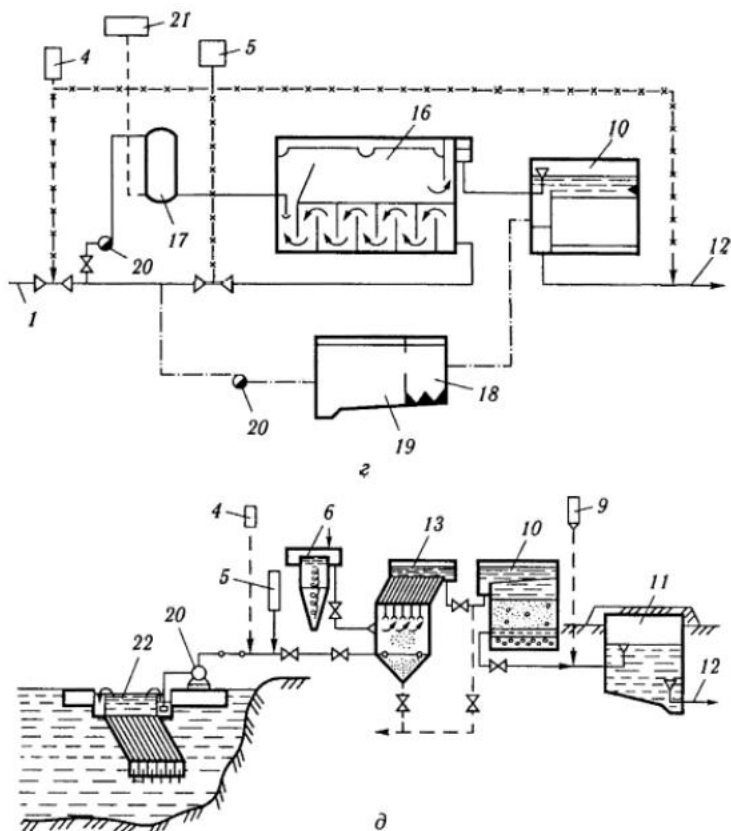


Рисунок 2 - Реагентні технологічні схеми поліпшення якості води з відстійниками (а), прояснювачами із шаром завислого осаду (б), контактними прояснювачами і мікрофільтрами (в), флотаторами (г), тонкошаровим відстійником на плаву (д): 1, 12 - подавання вихідної і відведення очищеної води; 2 - контактний резервуар; 3 - установка для очищення води вугільним адсорбентом; 4 - хлораторна; 5 - баки коагулянту; 6 - вертикальний змішувач; 7 - камера пластівцеутворення; 8 - горизонтальний відстійник із вбудованими тонкошаровими модулями; 9 - установка для фторування; 10 - швидкий фільтр; 11 - резервуар чистої води; 13 - прояснювач із шаром завислого осаду; 14 - мікрофільтр; 15 - контактний прояснювач; 17 - напірний бак; 18, 19 - резервуари-усереднювачі з пісковловлювачем; 20 - насоси; 21 - компресор; 22 - тонкошаровий відстійник на понтонах.

Таблиця 2 - Основні критерії для вибору технологічних процесів водопідготовки

Основні споруди	Умови застосування				Продуктивність станції, м³/добу
	Каламутність води, мг/л		Кольоровість води, град		
	вихідної	очищеної	вихідної	очищеної	
Водопідготовка без застосування реагентів					
Великозернисті фільтри для часткового прояснення води	До 150	30—50 % вихідної	До 120	До 120	Будь-яка
Радіальні відстійники для часткового прояснення води	> 1500	30...50 %	> 120	> 120	— “ —
Повільні фільтри з механічною або гідравлічною регенерацією піску	До 1500	1,5	> 50	> 20	— “ —
Водопідготовка із застосуванням реагентів					
Швидкі фільтри (одноступінчастого фільтрування): напірні відкриті	До 30 До 20	До 1,5 До 1,5	До 50 До 50	До 20 До 20	До 5000 > 50 000
Вертикальні відстійники — швидкі фільтри	До 1500	До 1,5	До 120	До 20	До 5000
Горизонтальні відстійники — швидкі фільтри	До 1500	До 1,5	До 120	До 20	До 30 000
Контактні префільтри — швидкі фільтри (двоступінчастого фільтрування)	До 300	До 1,5	До 120	До 20	Будь-яка
Прояснювачі з завислим осадом — швидкі фільтри	50...1500	До 1,5	До 120	До 20	> 5000
Два ступені відстійників — швидкі фільтри	> 1500	До 1,5	До 120	До 20	Будь-яка
Контактні прояснювачі	До 120	До 1,5	До 120	До 20	— “ —
Горизонтальні відстійники і прояснювачі із завислим осадом для часткового прояснення	До 1500	8...15	До 120	До 40	— “ —

Основні споруди	Умови застосування				Продуктивність станції, м³/добу
	Каламутність води, мг/л		Кольоровість води, град		
	вихідної	очищеної	вихідної	очищеної	
Великозерністі фільтри для часткового прояснення води	До 80	До 10	До 120	До 30	— “ —
Радіальні відстійники для попереднього прояснення висококаламутних вод	> 1500	До 250	До 120	До 20	— “ —
Трубчастий відстійник і напірний фільтр (типу «Струя»)	До 1000	До 1,5	До 120	До 20	До 800

Орієнтовний вибір технологічної схеми для прояснення і знебарвлення води до рівня нормативів питної кондиції можна здійснити згідно з рекомендаціями СНІ 2.04.02 -84 та даними таблиці 2.

Вибір технологічних процесів, конструктивне оформлення та визначення оптимального складу реагентів, їх дози і встановлення раціональних параметрів кожного з них здійснюється з урахуванням даних хімічного й технологічного аналізів природної води для кожного джерела водозабору. Проте деякі рішення можливі апріорі на основі узагальнення наявного досвіду експлуатації технологічних схем водоочисних комплексів в аналогічних умовах. Так, коагулянти - основні хлориди та основні сульфати (пентагідроксохлорид алюмінію або дигідроксосульфат алюмінію) або залізовмісні - за інших однакових умов мають перевагу під час тривалих весняних паводків, оскільки за цих умов значно нижча температура очищуваної води (нижче 4°C) та підвищені каламутність і кольоровість. Для інтенсифікації процесу коагулювання кольорових вод як флокулянт доцільно використовувати активовану силіцієву кислоту (активація хлором), а для каламутних - поліакриламід, К-4 та ін. Вертикальні змішувачі, які забезпечують ефективне змішування та повітрово-відділення, рекомендується застосовувати в технологічних схемах із контактними прояснювачами та завислим осадом.

При підготовці малокаламутних знебарвлених вод у технологічних схемах, в яких використовують прояснювачі із завислим осадом, перевагу надають конструкціям з піддонним осадоушільнювачем, наприклад ВНИІГС-2 (ВНДІБ-2). Ця конструкція високонадійна у роботі та високоефективна.

Для очищення висококаламутних вод як споруди першого ступеня прояснення можна використати тонкошарові й радіальні відстійники, акустичні фільтри, гідро- й мультициклони та ін. Планктон або великі домішки, що плавають у воді, доцільно вилучати на макрофільтрах або барабаних сітках. У прямотечійних

схемах зі швидкими фільтрами з використанням реагентів рекомендується застосовувати контактні фільтри КФ-5.

5. Сучасні технологічні схеми для підготовки питної води. Природну воду очищають тоді, коли її якість із природних джерел не задовольняє вимоги споживача. Хімічний склад, цільове призначення води та вимоги споживача до її якості (фізичні, хімічні й бактеріологічні показники) визначають вибір процесів підготовки води. При року, ступінь і можливість забруднення його побутовими й промисловими стічними водами.

У процесі підготовки питної води, якщо її забір здійснюють із поверхневих водойм, воду очищують за традиційною технологією, яка включає процеси прояснення і знебарвлення у відстійниках, прояснювачах із шаром завислого осаду, швидкими і повільними фільтрами та контактними прояснювачами. Завершується підготовка води знезараженням із використанням хлорування або зонування чи іншого способу (рис. 3).

У деяких випадках для усунення стійких неприємних запахів і при-смаків, видалення планктону застосовують подвійне хлорування природної води з підвищеними дозами хлору, а інколи й дехлорування її. В цьому випадку первинне хлорування проводять у водоприймальному колодязі або насосній станції першого підйому. Після прояснення у відстійнику або після фільтрування здійснюють вторинне хлорування.

Надлишок хлору видаляють в адсорбційних фільтрах, заповнених гранульованим активованим вугіллям. У разі дехлорування води оксидом сульфуру (IV) або іншими хімічними реагентами вугільні фільтри не використовують. За наявності в очищуваній воді солей Феруму (II) і Мангану (II) проводять подвійне хлорування - до відстоювання та після фільтрування.

Останнім часом розроблено й впроваджено у практику водопідготовки нові технологічні схеми. В цих схемах використовують електро-коагулятори, гідроциклони, тонкошарові відстійники, напірну флотацію, акустичні фільтри, контактні прояснювачі КП-3 (КО-3) та контактні фільтри КФ-5, повільні фільтри з механічним розпушуванням піску і гідрозмиванням забруднень після промивання та ін. Як приклад розглянемо кілька поширених технологічних схем.

Найпоширенішою як у нашій країні, так і за кордоном, є універсальна технологічна схема, зображена на рис. 3, а. Її можна застосовувати для очищення природної води будь-якої якості. Очищувана вода під тиском насосів першого підйому подається на барабанні сітки для вилучення крупних зависей. Потім вона надходить у змішувач, у який додають хлор (первинне хлорування), коагулянт та за потреби лужні реагенти (підлгоування води). Після змішування з реагентами вода надходить до камери пластівцеутворення, вмонтованої у відстійнику. Утворені великі агрегати пластівців випадають в осад у вертикальних або горизонтальних відстійниках. Вибір останніх залежить від продуктивності станції. За великої продуктивності застосовують горизонтальні відстійники. Потім вода надходить на швидкий фільтр, перед яким за потреби до неї додають реагенти для дезодорації,

фторування чи інтенсифікації процесу фільтрування. Профільтровану воду знезаражують і направляють у резервуар чистої води, звідки насосами другого підйому вона подається в мережу водоспоживача. Якщо воду використовують як технічну, то потреба в її дезодорації, фторуванні й знезараженні відпадає.

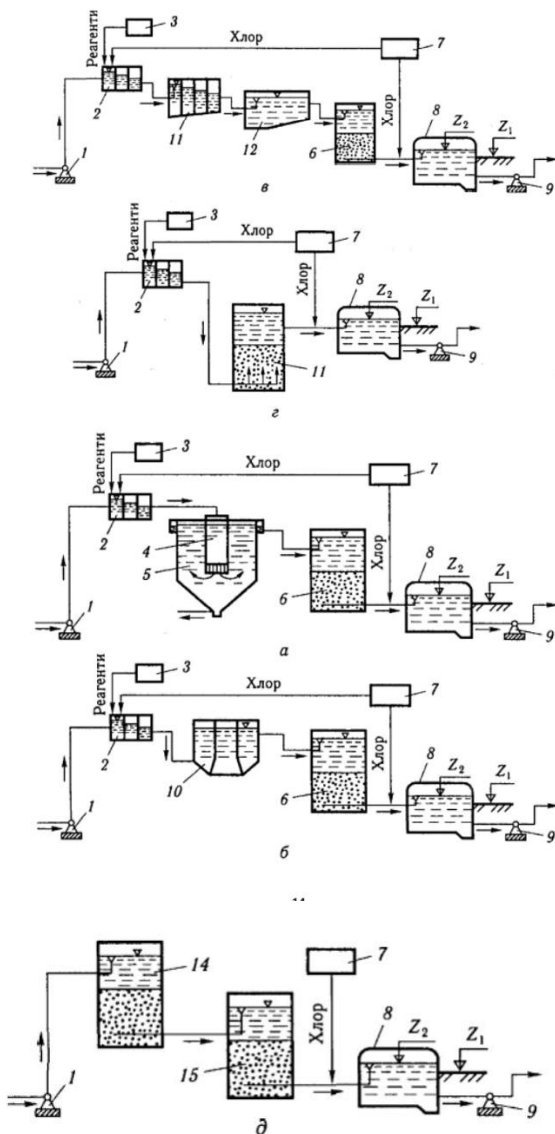


Рисунок 3 - Висотні схеми технологічних споруд водоочисних станцій: а - з вертикальним відстійником і швидкими фільтрами; б - з прояснювачами і фільтрами; в - з горизонтальними відстійниками і фільтрами; г - з контактними прояснювачами; д - з префільтрами і повільними фільтрами; 1 - насосна станція першого підйому; 2 - змішувачі; 3 - реагентний цех; 4 - коловоротна камера пластівцеутворення; 5 – вертикальний відстійник; 6 – швидкі фільтри; 7 – хлораторна; 8 - резервуари чистої води; 9 - насосна станція другого підйому; 10 - прояснювачі із завислим осадом; 11 - камера пластівцеутворення; 12 - горизонтальні відстійники; 13 - контактні прояснювачі; 14 - префільтри; 15 - повільні фільтри

Удосконалена технологічна схема (див. рис. 3, б) передбачає реагентне оброблення води, її прояснення і знебарвлення в шарі завислого осаду та фільтрування на швидких фільтрах. Тут функції камери пла-стівцеутворення і відстійника поєднуються в одному апараті - прояс-нювачі із завислим шаром осаду, що дає змогу інтенсифікувати процеси прояснення та знебарвлення. У цій технологічній схемі одночасно за- стосовують двошарові або двопотокові фільтри конструкції Академії комунального господарства Російської Федерації (АКХ) та фільтри з великозернистим завантаженням. Крім того, у цій схемі передбачається вилучення великих зависей на барабанних сітках, дезодорація, фільтрування і знезараження. Порівняно з попередньою вона компактніша. Апарати (споруди), що входять до складу цієї технологічної схеми, менші за об'ємом, але конструктивно складніші і це, в свою чергу, ускладнює їх експлуатацію.

Технологічна схема з флотатором і швидким фільтром передбачає підготовку малокаламутних і дуже забарвлених природних вод (див. рис. 3, г). Природну воду спочатку фільтрують на барабанних сітках, а потім подають для змішування з реагентами у вертикальний змішу-вач. Після цього вода надходить у камеру пластівцеутворення, в якій відбувається коагулювання дрібнодисперсних домішок води з утворенням великих пластівців. Останні в процесі флотації перетворюються на піну флотатора. Процес прояснення і знебарвлення води завершується на швидких фільтрах, але перед початком цього процесу до неї вводять вугільну пульпу або окисник для дезодорації та фторовмісний реагент для фторування. Знезаражують очищену воду хлором. Ця технологічна схема компактна, ефективна в роботі, але має конструктивні ускладнення деяких технологічних процесів.

Останнім часом дедалі більше застосовують технологічну схему з контактними прояснювачами (див. рис. 3, в). Із природної води на мікро-фільтрах видаляють планктон й обробляють її реагентами, які подають у контактний прояснювач, де завершується прояснення і знебарвлення.

У схемі передбачається також знезараження і фторування води за допомогою спеціальних установок. Очищена кондиційна вода надходить у резервуари чистої води і під тиском насосів другого підйому - в мережу споживача.

6. Системи водопостачання харчових підприємств. Системи водопостачання промислових підприємств класифікують за способами використання води: прямотечійні, оборотні та із повторним використанням. За прямотечійних систем (рис. 4, а) вода, як правило, входить до складу кінцевої продукції (наприклад, у виробництві оксиду титану (IV), залізооксидних пігментів тощо), тому її повторне використання в останньому випадку недоцільне. Після змішування цієї води з іншими стічними водами їх скидають у місцеву каналізаційну мережу або направляють для очищення.

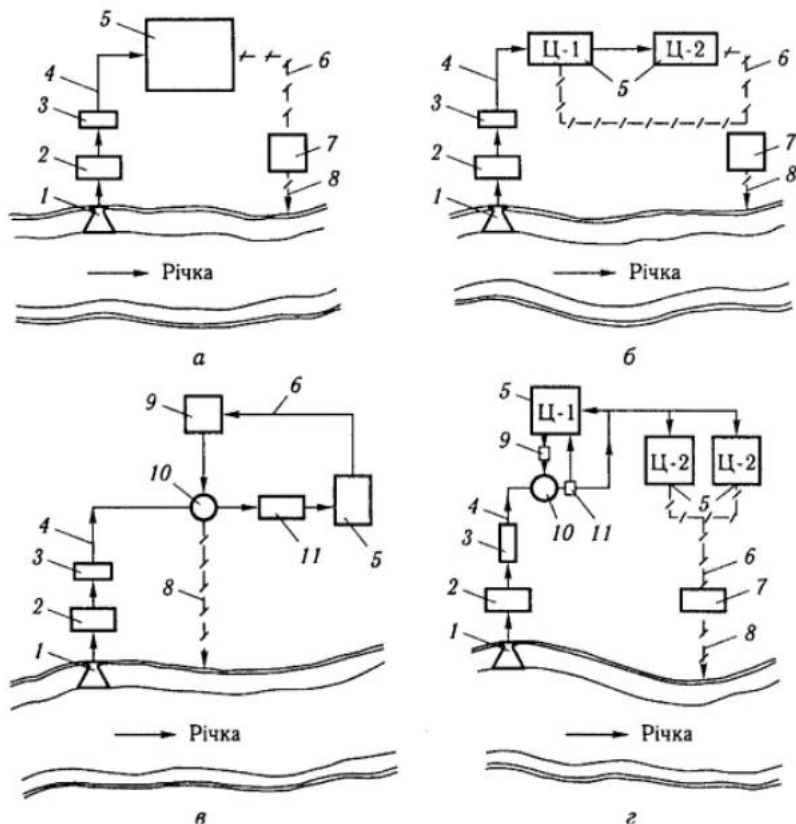


Рисунок 4 - Схеми промислового водопостачання: а - прямотечійна; б - прямотечійна з повторним використанням води; в - оборотна; 2 - комбінована: 1 - водозабір з насосною станцією першого підйому (НС-1); 2 - водоочисні споруди; 3 - насосна станція другого підйому (НС-2); 4 - подавання річкової води; 5 - промислові об'єкти; 6 - скидання відпрацьованої води; 7 - станція очищення стічних вод; 8 - скидання води в річку; 9 - водоохолодильне устаткування; 10 - збирна камера; 11 - насосна станція оборотної води

У системах повторного використання (див. рис. 4, б) вода, яка скидається одним із промислових споживачів, може бути використана іншим (наприклад, воду після вловлювання газоподібного фтору у виробництві суперфосфату можна використовувати для отримання фто-рид-гідрофториду амонію або відпрацьовані під час травлення розчини можна використовувати для виробництва залізного коагулянту). Це дає змогу зменшити споживання води з водного джерела.

В оборотних системах водопостачання (див. рис. 4, в), в яких водупереважно використовують для охолодження, доцільно нагріту воду охолоджувати в градирнях і подавати її для повторного використання на тому самому об'єкті. При цьому з водного джерела забирається лише 3-5 % загальної кількості води, яка використовується для компенсації її втрат під час обігу (так зване підживлення системи). Іноді оборотну воду не тільки охолоджують, а й очищають.

Комбіновану систему водопостачання, коли на одному підприємстві частину оборотної води використовують у виробництві П-1, а більшу частину - у виробництвах Ц-2 і Ц-3, зображено на рис. 4, г. Відпрацьовані води з останніх виробництв надходять на станцію очищення стічних вод, після чого їх скидають у річку.

У південних (аридних і напіваридних) регіонах України велике практичне значення мають групові та районні водопроводи, коли одна система водопостачання обслуговує кілька об'єктів різного призначення (міста, промислові підприємства, об'єкти сільського господарства тощо). Така система має значні економічні переваги тому, що експлуатаційні витрати об'єднаного водопроводу нижчі, ніж аналогічні витрати на ладні сити для кожного об'єкта.

Питання для самоперевірки:

1. Яке значення має підготовка води для харчових підприємств та які вимоги висуваються до якості технологічної води?
2. Які основні показники якості води враховують під час вибору технології її підготовки (фізичні, хімічні, мікробіологічні)?
3. Охарактеризуйте основні процеси підготовки води (механічне очищення, коагуляція, фільтрація, знезараження, кондиціонування).
4. Які фізико-хімічні методи очищення води застосовують у харчовій промисловості та в чому їх переваги?
5. Які мембранні технології використовують для підготовки води (ультрафільтрація, нанофільтрація, зворотний осмос) та їх технологічне значення?

Тема 2.3. Прояснення природних вод від грубодисперсних завислих речовин

1. Основні відомості про седиментацію (осадження).
2. Основні види відстійників.
3. Прояснювачі.
4. Основні відомості про фільтрування та фільтри.
5. Швидкі фільтри та пінополістирольні фільтри
6. Інші типи фільтрів.
7. Розподільні системи фільтрів.

1. Основні відомості про седиментацію (осадження). Під проясненням води розуміють виділення з неї завислих речовин при безперервному русі води через спеціальні споруди (відстійники, прояснювачі) з малими швидкостями. При малих швидкостях руху води завислі речовини, питома вага яких більше питомої ваги води, під дією сили тяжіння осідають, утворюючи у відстійнику осад.

При відстоюванні в системі не повинно бути інтенсивного перемішування, сильних конвекційних потоків, а також структуроутворення, що перешкоджає седиментації.

У найпростішому разі вільного руху частинок швидкість осідання (спливання) визначається законом Стокса. У полідисперсних суспензіях спочатку в осад випадають великі частинки, а дрібні утворюють повільно осідаючу «каламутність».

У концентрованих суспензіях спостерігається не вільне, а солідарне, або колективне осідання, при якому швидко осідаючі великі частинки захоплюють за собою дрібні, прояснюючи тим самим верхні шари рідини.

За наявності в системі колоїдно-дисперсної фракції відстоювання, як правило, супроводжується укрупненням частинок.

Згідно закону Стокса у спрощеному вигляді, швидкість седиментації часток в рідині можна визначити:

$$V = K \cdot r^2,$$

де V – швидкість осадження або гідравлічна крупність у мм/с;

r – радіус часток;

K – константа, яка залежить від природи рідини і частки (щільність, в'язкість).

Швидкість падіння часток в рідині прямо пропорційна квадрату їх радіуса.

В таблиці 1 наведена швидкість падіння часток піску різного розміру, яка розрахована за формулою Стокса.

2. Основні види відстійників. У практиці водопідготовки для виділення з води завислих речовин застосовують горизонтальні, вертикальні й радіальні відстійники, названі так за напрямком руху в них потоків води.

За висотою відстійник розподіляється на дві частини: зону осадження, де завислі речовини осаджуються, і зону нагромадження та ущільнення осаду. Вміст завислих речовин у воді після відстійників не повинен перевищувати $8...12 \text{ мг/дм}^3$.

Горизонтальні відстійники (рис. 1) являють собою прямокутні резервуари, витягнуті у бік руху води, в яких вода, що проясняється, рухається в напрямку, близькому до горизонту вздовж відстійника.

Таблиця 1 – Швидкість осадження у воді часток різного розміру (питома маса 2,55; $t = +20^\circ\text{C}$)

Діаметр часток, мм	Швидкість осадження, мм/с
0,05	2,099
0,01	0,084
0,005	0,021
0,001	0,0008

Горизонтальні відстійники виконують звичайно із залізобетону й обладнують водорозподільними і водозбірними пристроями, трубопроводами для підведення оброблюваної і відведення проясненої води та пристроями для періодичного видалення випавшого осаду.

Розрізняють одно- і двоповерхові горизонтальні відстійники, які використовують для попереднього прояснення води. Переваги поверхових відстійників (пропозиція проф. П.І. Піскунова) – мала площа забудови та меншу витрату бетону при проясненні великих обсягів води.

Горизонтальний відстійник являє собою резервуар прямокутного перерізу, поздовжня (більш довша) вісь якого спрямована за рухом води. Вода що проясняється, по трубі 4 направляється в розподільний жолоб 1, що має ряд отворів, які слугують для більш рівномірного розподілу потоку води за поперечним перетином відстійника. Швидкість руху води в цих отворах не повинна перевищувати 0,4 м/с. Прояснена вода поступає в інший жолоб 2 і з нього по трубі 5 відводиться на фільтри. Осаджені частки (шлам) накопичуються на дні. Час відстоювання для горизонтальних відстійників приймають зазвичай для коагульованої суміші не більше 4 годин.

За висотою відстійник розподіляється на дві частини: зону осадження, де завислі речовини осаджуються, і зону накопичення й ущільнення осаду.

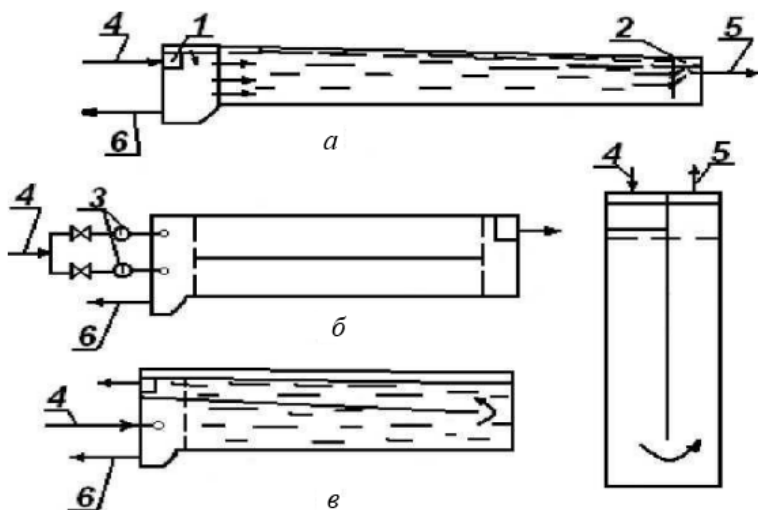


Рисунок 1 – Схема руху води в горизонтальних відстійниках: *а* – одноповерховий прямоточний (розріз); *б* – двоповерховий прямоточний (розріз); *в* – двоповерховий з поворотом потоку (розріз і план); 1, 2 – відповідно розподільний і збірний водозлив; 3 – водоміри; 4 – підведення води; 5 – відведення відстояної води; 6 – відведення осаду.

Для підвищення рівномірності розподілу води в поперечному перерізі відстійника, крім дірчастих перегородок, кожен відстійник розділяють уздовж легкими перегородками з таким розрахунком, щоб ширина кожного коридору була не більше 6 м (залежно від довжини колон, які підтримують покриття). У зв'язку з тим, що осад розподіляється на дні відстійника нерівномірно і велика частина його накопичується в першій половині, об'єм осадової частини відстійника на початку роблять більше, ніж наприкінці. Для цього, а також для періодичного вивантаження осаду при змиві його водою зі шланга дно горизонтального відстійника повинне мати поздовжній ухил 0,02 у напрямку, зворотному рухові води, і поперечні ухили в кожному коридорі не менше 0,05. При гідравлічному видаленні осаду поздовжній ухил дна відстійника слід приймати не менше 0,005.

Механічні засоби видалення осаду з горизонтальних відстійників влаштовують у випадках значної каламутності вихідної води або частого повторення періодів підвищеної каламутності води протягом року. Для цього застосовують скребкові транспортери, які згрібають осад у приямок, звідки його відкачують гідроелеваторами або відцентровими насосами.

Іншим способом видалення осаду є випуск його через збірну систему з перфорованих труб або каналів, що укладаються на дні відстійника. При відкритті засувки осад під тиском видавлюється через отвори і відводиться в каналізацію. Устя труб або каналів розташовують на початку відстійника, де накопичується найбільша

кількість осаду. При реконструкції існуючих, будівництві нових відкритих і закритих горизонтальних відстійників рекомендується застосовувати напірну гідромеханічну систему видалення осаду.

Напірна система змиву і видалення осаду складається з напірного колектора, розвідних напірних трубопроводів, патрубків з бронзовими насадками і насоса, що забезпечує роботу системи.

Застосовують горизонтальні відстійники на станціях господарсько питного і промислового водопостачання продуктивністю більше 30...50 тис. м³/добу при видаленні з води коагульованої суспензії і будь-якої продуктивності – при видаленні не коагульованої суспензії.

Горизонтальні відстійники влаштовують з покриттями і засипають землею з усіх боків і зверху, влаштовуючи тільки невеликі павільйони біля торців (холодний клімат); у південних районах з теплим кліматом відстійники звичайно виконують відкритими.

Вертикальний відстійник (рис. 2) являє собою круглий або квадратний (у плані) резервуар значної глибини з камерою пластівцеутворення коловоротного типу в центральній трубі і з конусним днищем для нагромадження та ущільнення осаду. Вода в такому відстійнику рухається знизу нагору. Вертикальний відстійник виконують, як правило, із залізобетону, іноді з металу.

На виході з центральної труби у відстійнику вода рухається вгору з малою швидкістю і зливається вже освітленою через борт концентрично розташованого жолобу, звідки відводиться на фільтр.

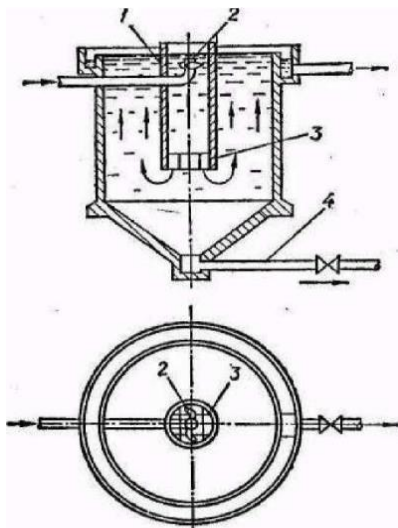


Рисунок 2 – Вертикальний відстійник з коловоротною камерою пластівцеутворення: 1 – камера пластівцеутворення; 2 – сопла; 3 – гаситель; 4 – трубопровод для збирання осаду.

Завислі речовини осідають у висхідному потоці за рахунок різниці між швидкостями осідання часточок і руху води. Осад, що накопичується у нижній осадовій частині відстійника періодично видаляють самопливом (під тиском стовпчика води), відкриваючи засувку на випускній трубі діаметром 150...200мм. При неможливості випуску осаду самопливом його відсмоктують насосом. Скидання осаду проводиться без вимикання відстійника.

Швидкість протікання води в центральній трубі приймається від 30 до 75 мм/с. Швидкість висхідного руху води становить 0,5...0,6 мм/с.

Висота зони осадження у вертикальних відстійниках залежно від коефіцієнта, що враховує його об'ємне використання, складає 4...5 м, відношення діаметра до висоти – 1,0...1,5 м, при цьому діаметр відстійника не повинен перевищувати 12 м.

Період роботи відстійника між скиданнями осаду має становити не менше 6 год. Час відстоювання води у відстійнику – 2 год.

Вертикальний відстійник застосовують на станціях очищення води з продуктивністю до 5 тис.м³/добу.

Радіальні відстійники є різновидами горизонтальних і застосовуються для прояснення води, що містить велику кількість завислих речовин (більше 1,5 г/дм³). Вони являють собою круглі (у плані) залізобетонні резервуари, висота якого невелика в порівнянні з діаметром. Рух води у відстійнику здійснюється від центра до периферії в радіальному напрямку, близькому до горизонтального (рис. 3).

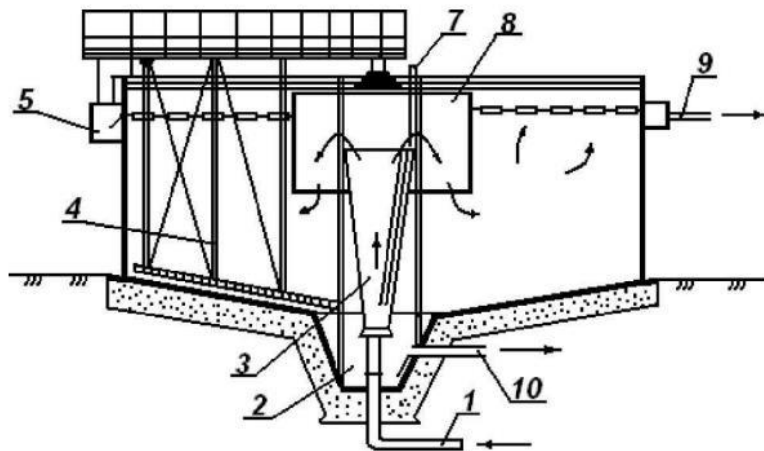


Рисунок 3 – Радіальний відстійник: 1 і 9 – подача вихідної і відведення проясненої води; 2 – прийом для збирання осаду; 3 – дифузorz; 4 – обертова ферма для видалення осаду; 5 – збірний кільцевий периферійний лоток; 6 – ходовий місток;

7 – подача реагентів; 8 – водорозподільна склянка; 9 – відвід відстояної води; 10 – скидання осаду.

Радіальні відстійники застосовують для обробки каламутних вод і в системах оборотного водопостачання.

Прояснювальна вода підводиться знизу в центр і виливається через лійку, повернуту широким кінцем нагору. Навколо лійки розташований циліндрзаспокоювач з глухим дном і дірчастими стінками. Наявність такого циліндра сприяє більш рівномірному розподілу води за робочою висоті відстійника. Вода повільно рухається від центра до периферії і зливається у периферійний жолоб.

Для видалення осаду застосовують повільно обертову металеву ферму з укріпленими на ній скребками, які згрібають осад до центра відстійника, звідки він безупинно чи періодично випускається або відкачується. Одним кінцем ферма спирається на опору в центрі відстійника, а другим - на візок, що рухається по стінці відстійника.

Спіральні відстійники являють собою круглі (в плані) споруди (типу радіальних відстійників), в яких встановлені спіральні направляючі перегородки, які подовжують шлях руху води.

Відстійники з невеликою глибиною осадження суспензії застосовують на очисних спорудах малої продуктивності. Їх виконують у вигляді горизонтальних відстійників малої довжини або у вигляді круглих (у плані) багатоярусних відстійників. До них відносяться багатоярусні й тонкошарові відстійники.

Схему тонкошарового відстійника зображено на рис. 4.

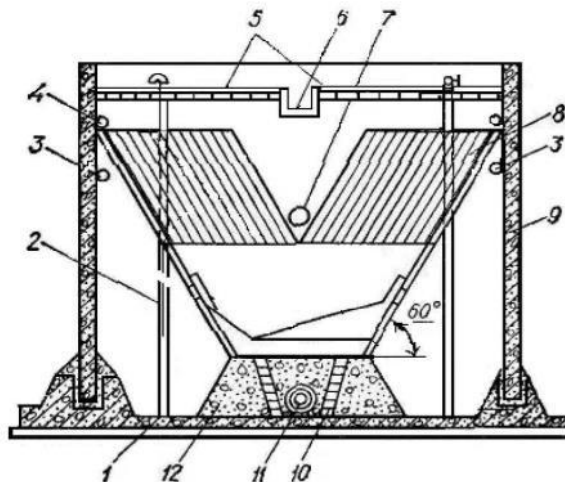


Рисунок 4 – Схема тонкошарового відстійника: 1 – поліетиленова труба для видалення осаду; 2 – труба для випуску повітря; 3,7 – відведення проясненої води із осадоушільнювача; 4 – трубопровід підігріву; 5 – отвори в поперечних збірних

жолобах; 6 – зварений лоток; 8 – багатошарове завантаження; 9 – корпус; 10 – цегельна кладка; 11 – подача води в секцію; 12 – гравійна камера пластівцеутворення.

У такому відстійнику прояснювальна вода по трубі 3 надходить у камеру 4 і піднімається в зону прояснення 6. Плавне розширення конструкції дозволяє поступово знижувати швидкість потоку, в результаті чого відокремлюються найбільш важкі часточки суспензії. Частково прояснена вода направляється в багатошарове завантаження 9, де забезпечується її ламінарний рух і осадження більш дрібних часточок. Осад, що випав, по засипці сповзає вниз, а прояснена вода системою труб і каналів 10, подається споживачеві. У міру накопичення завислих речовин з зони прояснення 6 через вікна 7 переміщується в зону ущільнення осаду 8, з якого останній відводиться безперервно або періодично збірними коробами 2 для подальшого ущільнення. Відокремлювана від ущільненого осаду вода надходить у багатошарову засипку, розташовану над зоною ущільнення, і разом з основним потоком проясненої води попадає в збірну систему.

Застосування тонкошарового відстійника дозволяє інтенсифікувати процес осадження суспензії, на 60 % зменшити площу забудови, на 25...30 % підвищити ефект прояснення води порівняно зі звичайним відстійником. При експлуатації треба стежити, щоб у міжполичний простір не потрапляло повітря. Видаляти осад краще періодично включаючи вібратор і одночасно відкриваючи на осадопроводі засувку для його скидання.

3. Прояснювачі. Прояснювач з завислим осадом. Процес прояснення протікає значно інтенсивніше, якщо прояснювальна вода після коагуляції пропускається через масу раніше утвореного осаду, підтримуваного в підвішеному стані у воді. Такі прояснювачі дають більш високий ефект прояснення води, ніж у звичайних відстійниках, що пояснюється більш швидким укрупненням і затриманням суспензії при проходженні коагульованої води через завислий осад.

Застосування прояснювача з завислим осадом дає можливість порівняно із звичайним відстійником знизити витрату коагулянту, зменшити розміри споруд і отримати більш високий ефект прояснення води.

Прояснювач коридорного типу являє собою циліндричний резервуар з шламоущільнювачем в центральній його частині (рис. 5). Вихідна вода надходить знизу в два коридори освітлення і проходить шар осаду, який підтримується в завислому стані за рахунок рівності швидкості вихідного потоку гідравлічної крупності забруднень. Частина надлишкового осаду перетікає через осадоприймальні вікна в коридор осадо ущільнення за рахунок відбору води з верхньої частини осадо ущільнення за допомогою затоплених дірчастих труб. Вище вікон швидкість вихідного потоку води, що залишилася в коридорах освітлення менше гідравлічної крупності забруднень, тому в водозбірні жолоби потрапляє освітлена вода без домішок. У нижній частині осадо ущільнення осад накопичується, ущільнюється і періодично скидається в технічну каналізацію.

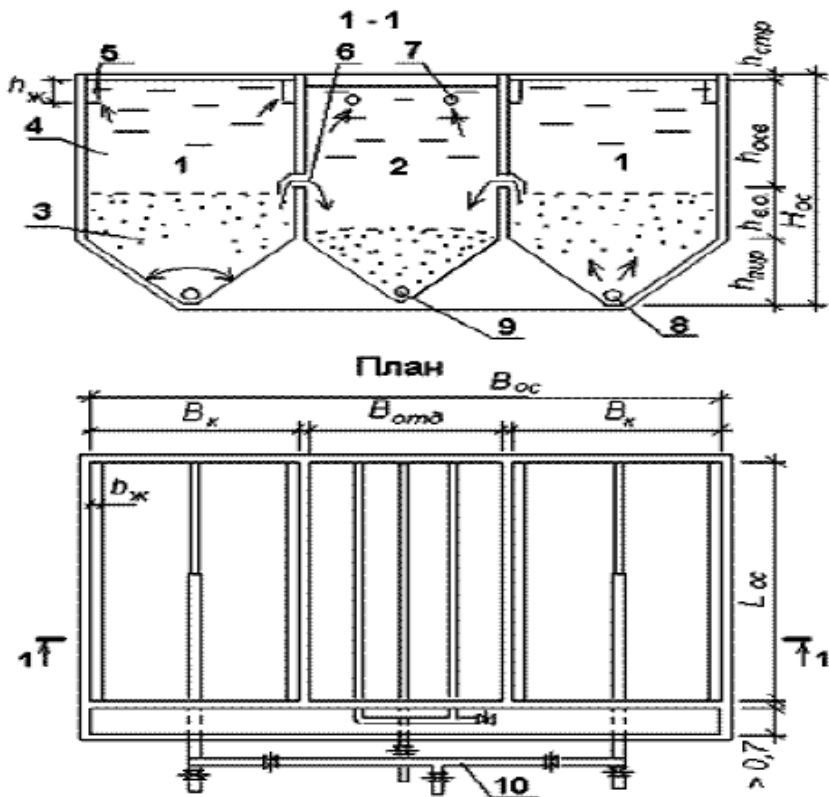


Рисунок 5 – Конструкція прояснювача з завислим осадом коридорного типу: 1 – коридори прояснення; 2 – осадоушільнювач; 3 – шар завислого осаду; 4 – зона прояснення; 5 – збірні жолоби; 6 – осадоприймальні вікна; 7 – труби примусового відведення проясненої води; 8 – трубопровід розподілу вихідної води в коридорах прояснення; 9 – трубопровід скидання осаду; 10 – подача вихідної води в прояснювач.

4. Основні відомості про фільтрування та фільтри. Фільтрування складає останній етап прояснення води та проводиться після попереднього прояснення у відстійниках чи прояснювачах.

Процес полягає в пропусканні води через шар дрібнозернистого фільтруючого матеріалу (річкового або кар'єрного піску, дробленого антрациту, штучного матеріалу).

Фільтрування дозволяє затримувати найменші завислі й колоїдні частинки з води в пористому робочому елементі з витрачанням при цьому великої кількості

енергії (потрібний великий напір). Частинки можуть затримуватись на поверхні пористого елементу (плівкове фільтрування) та в товщі (об'ємне фільтрування).

Характерними гідравлічними показниками в цьому процесі є:

- швидкість фільтрування, м/год. (витрати води в $\text{м}^3/\text{год.}$, що пройшли через один м^2 площі фільтра);

- інтенсивність промивки, $\text{л/с}\cdot\text{м}^2$ (витрати води в л/с, що промивають один м^2 площі фільтра).

Залежно від якості вихідної води і в першу чергу від крупності і властивостей домішок, вимог до очищеної води і, відповідно, ступені очистки води, продуктивності, вартості будівництва й експлуатації, місцевих умов фільтри можна за видом робочого елементу підрозділити на:

- зернисті, в яких основним робочим елементом є кварцовий пісок, керамзит, антрацит, пінополістирол, активоване вугілля, катіоніт, аніоніт і таке інше;

- сітчасті, в яких використовуються сітки різного типу плетіння і різним вічком у залежності від розмірів домішок, зазвичай їх використовують для попереднього очищення води від планктону, крупнодисперсних завислих та плаваючих речовин;

- тканинні, в яких вода фільтрується крізь бавовняні, лляні, суконні, скляні, капронові полотна; такі фільтри досить прості за конструкцією та в експлуатації, але можуть використовуватись при підготовці питної води в невеликій кількості, наприклад, для приготування питної води для декількох чоловік;

- наливні, в яких очистка передбачається шаром деревної муки, діатоміту, азбестової муки і які попередньо наминаються на каркас із пористої кераміки, сітки, тканинного полотна, можуть використовуватись для очищення малокаламутних вод у невеликій кількості і, в основному, для промислових потреб;

- картриджні, в яких використовуються синтетичні пористі елементи з дуже маленькими порами або специфічними засипками;

- волокнисті, в яких використовується пучок довгих елементів (плутанка), так же як і картриджні найчастіше використовуються для доочистки води в окремих котеджах, квартирах і після повного насичення забрудненнями найчастіше замінюються на нові.

Зазвичай для очищення достатньо великих кількостей води використовують зернисті фільтри, які можна поділити на:

- адгезійні (для зняття каламутності й кольоровості);

- сорбційні (для зняття присмаків і запахів);

- катіоно- та аніонообмінні (для обміну катіонів і аніонів).

Для централізованого господарсько- питного водопостачання частіше використовують адгезійні зернисті фільтри, які повинні затримувати колоїдні і завислі частинки з води. Їх можна класифікувати:

а) за швидкістю фільтрування:

- найшвидкі фільтри – з попереднім коагулювання води і швидкістю фільтрування більше 25 м/год.;

- швидкі фільтри – з попереднім коагулювання води і швидкістю фільтрування 5,5...15 м/год.;

- повільні фільтри – для обробки води без коагулювання та невеликих кількостей води і швидкістю фільтрування 0,1...0,2 м/год.

б) за крупністю робочого елементу (засипки): - дрібнозернисті – 0,3...0,5 мм;

- середньозернисті – 0,5...1,0;

- крупнозернисті – до 2 мм.

в) за вагою засипки:

- важка засипка, що тоне у воді;

- плаваюча засипка.

в) за подачею води і кількістю потоків:

- однопотоків (з подачею води зверху вниз або знизу вверх, або з горизонтальним, у тому числі радіальним, фільтрувальним потоком);

- з одночасним рухом води зверху вниз і знизу вверх (двотоків).

г) за кількістю фільтруючих шарів:

- одношарові (з засипкою з одного фільтруючого матеріалу);

- багатошарові, найчастіше двошарові (з засипкою з різних фільтруючих матеріалів).

д) за напором:

- безнапірні (відкриті або самотічні);

- напірні (закриті).

Основними характеристиками зернистої засипки є мінімальний, максимальний, еквівалентний діаметри, коефіцієнт неоднорідності, товщина засипки, брудомісткість засипки. Коефіцієнт неоднорідності, звичайно, знаходиться в межах 1,5...2,0 і визначається за результатами просіювання засипки:

$$K_H = d_{80} / d_{10},$$

де d_{80} та d_{10} – відповідно, восьмидесяти відсотковий та десяти відсотковий діаметри зерен.

Всі зернисті матеріали повинні мати достатню механічну та хімічну стійкість.

Брудомісткість показує кількість забруднень у кг, затриманих м³ засипки або м² площі фільтра. Брудомісткість збільшується при збільшенні в певних, незначних межах крупності і товщини засипки, при фільтруванні води в напрямку зменшення крупності зерен всього шару засипки або при влаштуванні дво-, тришарових засипок із різних за густиною та крупністю матеріалів.

5. Швидкі фільтри та пінополістирольні фільтри. Швидкі фільтри – це місткості (рис. 6), в які засипають важку засипку: кварцовий пісок, антрацит, подрібнений або не подрібнений керамзит, аглопорит, вулканічні та попалені породи тощо.

На швидкий фільтр вода надходить з відстійника або прояснювача по трубопроводу 1 в водопідвідний лоток 2, а з нього на фільтруючий матеріал за допомогою розподільних жолобів. Вода проходить фільтруючий шар і підтримуючий

його гравійний шар, покладений на дірчастому днищі 3, а далі проходить в дренаж і по трубопроводу 4 відводиться в резервуари чистої води.

Трупровід 5 служить для подачі промивної води через фільтруючий шар знизу вгору до жолобів 6, переливаючись через які, забруднена вода відводиться по трубі 7 у водостік.

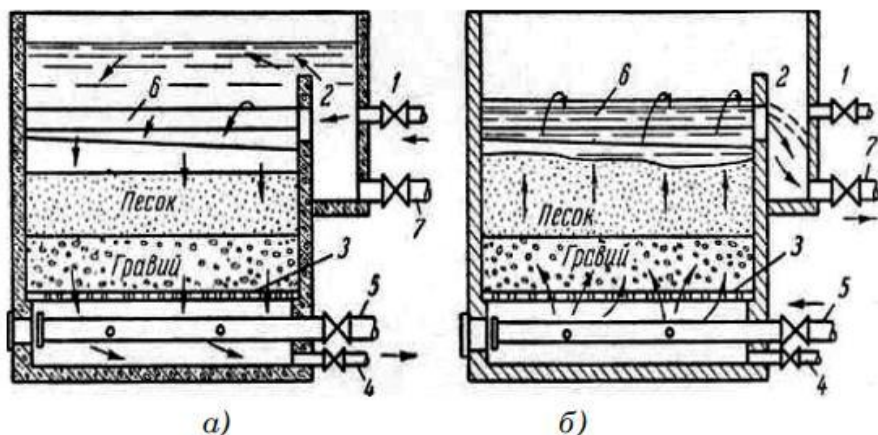


Рисунок 6 – Схема швидкого фільтра: а) при фільтруванні; б) при промивці.

Промивання фільтра для відновлення фільтруючої здібності матеріалу полягає в подачі на фільтр знизу вгору великих мас води. Ця вода захоплює відфільтровані речовини, що змиваються з поверхні піщинок внаслідок взаємного тертя частинок. Піднявшись до рівня жолобів, каламутна забруднена вода видаляється по них з фільтру.

В процесі фільтрування пори у засипці забиваються частинками забруднюючих речовин і швидкість фільтрування та напір води в засипці падають, а у відфільтрованій воді з'являються не затримані фільтром частинки. Час, упродовж якого фільтр працював до погіршення фільтрату, називають часом захисної дії фільтра – ТЗ.

Час, упродовж якого з початку фільтрування працював фільтр до досягнення граничних значень втрат напору, називають часом досягнення граничних втрат напору – ТН.

Оптимальним режимом є рівність ТЗ та ТН, проте, за санітарними показниками, доцільніше налагодити фільтр таким чином, щоб ТЗ перевищувало ТН на 20 %.

Режим фільтрування, в якому працюють всі фільтри, називають нормальним.

Під час ремонту одного чи кількох фільтрів навантаження на фільтри, що працюють, зростає, збільшується і швидкість фільтрування. Цю швидкість називають форсованою. Фільтри не повинні працювати із швидкістю більшою за форсовану.

Швидкі фільтри промивають 1...2 рази на добу залежно від якості вихідної води. Інтенсивність промивки приймають не менше 12...18 л/с на 1 м² площі фільтру; тривалість промивки 6...5 хв.

Фільтруючий шар складається з відсіяного кварцового річкового піску крупністю зерен 0,5...1,8 мм при товщині шару 0,7...2,0 м. Підтримуючий гравійний шар складається з різної крупності гравію розміром від 2...4 до 16...32 мм, загальною висотою до 0,4...0,5 м для трубчастих дренажів великого опору.

Одним з найбільш важливих елементів будь-якого фільтра є нижня розподільна система, яка повинна, в першу чергу, рівномірно розподіляти промивну воду по площі фільтра. В практиці водоочистки використовуються в основному системи великого опору. Характерним представником такої системи є трубчаста система. В трубчастій системі від колектора великого діаметра влаштовуються відгалуження, в яких є отвори діаметром 10...12 мм з кроком 250...350 мм. Отвори розташовуються в два ряди в шаховому порядку під кутом 45° до низу від вертикалі. Відмовитись від підтримувальних шарів дозволяють трубчасті системи із щілинами, ковпачкові дренажі та дренажі з полімербетону. В ковпачковому дренажі робиться хибне днище, в яке вгвинчуються ковпачки з щілинами. В дренажах з полімербетону влаштовується хибне днище з пористих плит або плиток.

Промивка або регенерація фільтруючої засипки швидких фільтрів є найбільш важливою операцією в їхній роботі. Покращення відмивки важкої засипки досягається такими способами:

- додатковим поверхневим зливом з засипки;
- заглибними струменями;
- водоповітряною та водоповітряною без розширення засипки промивкою;
- пульсувальною промивкою.

Пінополістирольні фільтри являють собою місткість, в якій утримуючою решіткою в притопленому стані утримується плаваюча засипка (рис. 7). Плаваюча пінополістирольна засипка виготовляється безпосередньо на водоочисній станції шляхом спінування товарного продукту полістиролу в гарячій воді або парою.

Утримуюча решітка в фільтрі повинна: утримувати засипку в притопленому стані, вільно пропускати воду в одному і другому напрямках, мати максимальну шпаруватість, утримувати засипку і не давати їй або окремим гранулам виходити в надфільтровий простір, вільно випускати бульбашки повітря із засипки.

Для зменшення висоти надфільтрового простору він влаштовується взаємопов'язаним або спільним для декількох фільтрів.

Пінополістирольна засипка може бути одношаровою або двошаровою.

Фільтрування води на фільтрах з двошаровою плаваючою засипкою виконується знизу угору, а тому:

- діаметр гранул нижнього шару d_2 повинен бути більше діаметра гранул верхнього шару d_1 ;
- питома вага гранул нижнього шару ρ_2 повинна бути більше питомої ваги гранул верхнього шару ρ_1 .

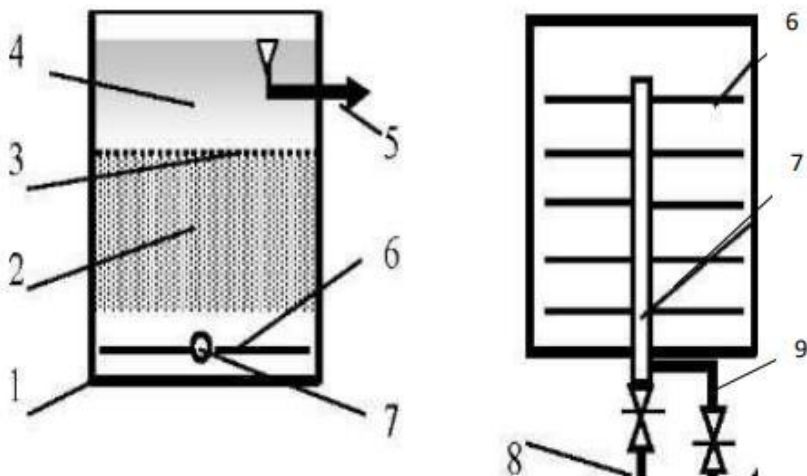


Рисунок 3.7 – Схема пінополістирольного фільтра з висхідним потоком: 1 – корпус; 2 – плаваюча піно полістирольна засипка; 3 – утримуюча решітка; 4 – надфільтровий простір; 5 – відведення чистої води; 6 – відгалуження розподільної системи; 7 – колектор; 8 – відведення промивної води; 9 – подача вихідної води.

Пінополістирольні фільтри з висхідним фільтраційним потоком можуть працювати в одноступеневій схемі (контактні фільтри), коли вода поступає на фільтр після вертикального змішувача з коагулянтном, а також у двоступеневій, коли вода поступає на фільтри після відстійника або прояснювача із завислим осадам.

6. Інші типи фільтрів. Напірні фільтри являють собою закриті циліндричні місткості, які можуть витримувати значний тиск. Вони можуть бути вертикальними і горизонтальними (рис. 8).

Напірні фільтри застосовують головним чином для грубого прояснення води, що містить до 50...70 мг/л завислих речовин, яка використовується на виробничі потреби.

Вода подається у фільтри під напором, який повинен бути достатній не тільки для фільтрування, а й для подачі води споживачам. У цьому випадку відпадає необхідність у насосній станції другого підйому.

Вода споживачам подається через фільтри за допомогою насосів, без розриву струменя. Втрата напору в самому фільтрі складає зазвичай 10...15 м. При напірному фільтруванні попереднього відстоювання води не проводиться. Швидкість фільтрації в них 8...13 м/год.

Недолік цих фільтрів полягає в труднощі контролю, недоступності їх огляду в будь-який момент.

Основні елементи напірних фільтрів такі самі як в безнапірних фільтрах – фільтрувальна засипка та підтримувальні шари, розподільні системи, трубопроводи з

засувками подачі вхідної води та відведення очищеної води, подачі та відведення промивної води. Коли втрати напору в фільтрі досягають 6...8м, він виводиться на промивку.

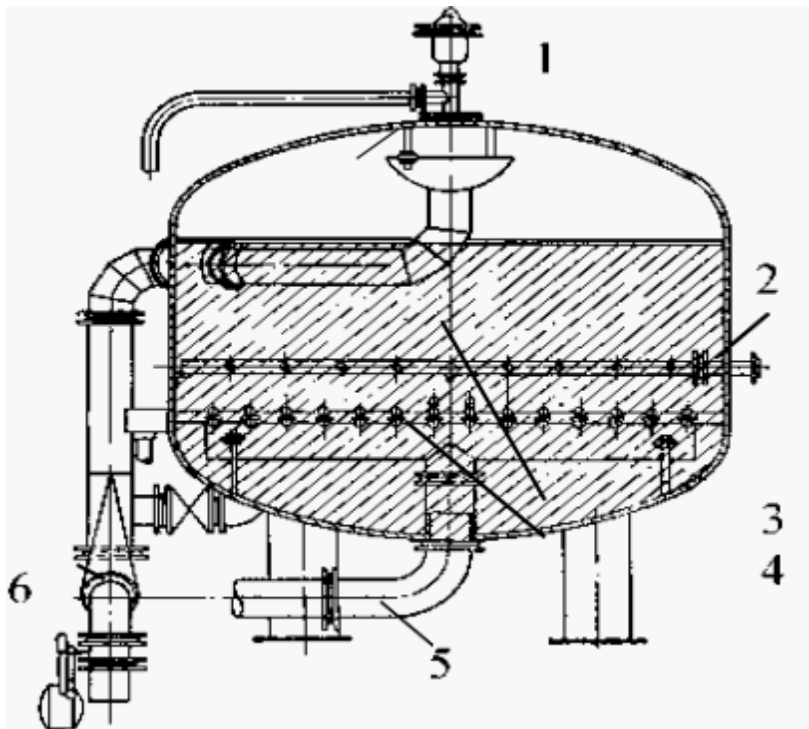


Рисунок 8 – Напірний вертикальний фільтр: 1 – вантуз; 2 – розподільна система повітря; 3 – зерниста засипка; 4 – трубчаста розподільна система води; 5 – подача промивної води; 6 – відведення промивної води.

Промивка рекомендується водно-повітряна.

Двопотокові фільтри дають можливість в найбільшій мірі використовувати всю товщу засипки. Фільтри цієї конструкції мають продуктивність в 1,5 рази більшу порівняно з відкритими швидкими фільтрами, тобто умовно-розрахункову швидкість фільтрації приймають 12...15 м/год (рис. 9.).

В такому фільтрі є додаткова дренажна система в товщі засипки. Основна маса води (70 %) проходить тіло фільтра знизу вгору. Частина води (30 %), що надходить по жолобах 1, фільтрується зверху вниз. Профільтрована вода відводиться трубчастим дренажем, що влаштовуються з щілинних азбестоцементних або вініпластові труб. Промивна вода подається в дренаж для розпушування верхнього

шару піску з інтенсивністю $6...8 \text{ л/с на } 1 \text{ м}^2$. Потім промивна вода подається в розподільну систему 2 для промивання всього шару завантаження з інтенсивністю $13...15 \text{ л/с/м}^2$ протягом $5...6 \text{ хв}$. Забруднена вода скидається у водостік по жолобу 1, каналу 4 і трубі 6.

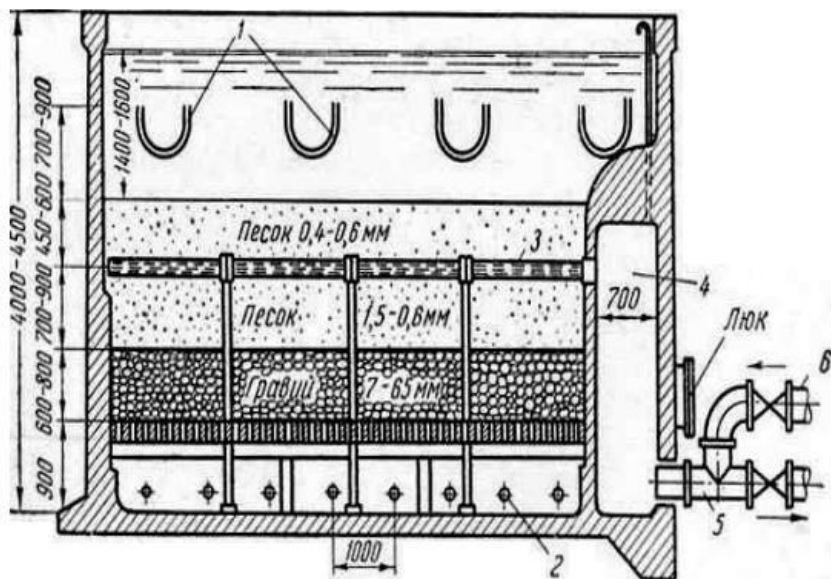


Рисунок 9 – Фільтр двопотоковий: 1 – жолоб; 2 – труби розподільної системи; 3 – щілинний дренаж; 4 – канал чистої води; 5 – вихід проясненої води; 6 – промивна вода

Недоліком двопотокового фільтра є складність експлуатації і недостатня надійність додаткового дренажу.

У практиці водопостачання використовуються спеціальні сорбційні фільтри, які призначені для затримування органічних домішок, для зниження інтенсивності присмаків і запахів. Принцип їх роботи такий самий, як у швидких фільтрів.

Сорбційне очищення води можна виконувати за допомогою сорбентів природного або штучного походження. Природні сорбенти представлені глинистими породами з катіонною обмінною місткістю (мг-екв/л) – гідрослюда (0,26), каолінит (0,14), монтморіллоніт (1,0), палігорскит (0,24), цеоліт та іншими породами. Природні сорбенти використовуються для знебарвлення води, видалення неорганічних домішок та особливо токсичних хлорорганічних речовин, проте мають великий коефіцієнт неоднорідності, в певних умовах можуть забезпечити великий опір при наявності дрібних фракцій.

Найбільше використання в практиці водоочищення знаходять штучний сорбент – активоване вугілля. Їх отримують із вугілля шляхом видалення смоловатих речовин завдяки дії газів - окислювачів при високих температурах. При цьому використовуються порошкове та гранульоване вугілля.

Сорбційна місткість активованого вугілля залежить у значній мірі від об'єму пор. В процесі сорбування пори активованого вугілля заповнюються забруднюючими речовинами і для відновлення сорбційної місткості вугілля його оброблюють термічним або хімічним методами.

В практиці водопідготовки у нас у країні регенерація вугілля практично не використовується. Тривалість сорбційного періоду для вугілля коливається від двох до тридцяти місяців у залежності, в першу чергу, від концентрації речовин в воді і їх виду. На сорбційну засипку вода повинна поступати з найменшими показниками кольоровості і каламутності.

Для зменшення вартості дезодорації можна використовувати пінополістирольно-вугільні фільтри, в яких на утримуючу решітку пінополістирольного фільтра насапється шар активованого вугілля.

7. Розподільні та системи дренажних фільтрів. Для збору промивної води та розподілу вихідної води в фільтрах передбачаються різні типи верхніх розподільних систем (рис. 10). Тип системи залежить від розмірів, звичайно, для малих діаметрів фільтрів використовуються схеми а) та б). Характерною особливістю таких систем є досить великі водоприймальні отвори.

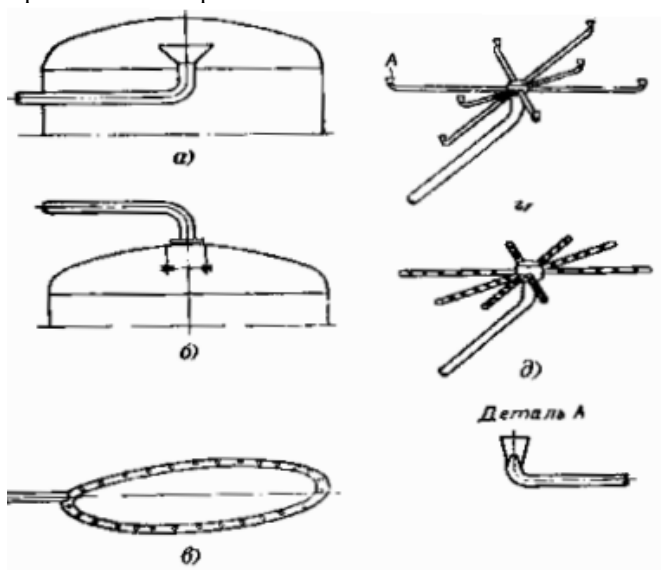


Рисунок 10 – Схеми верхніх розподільних систем напірних фільтрів: а – воронка; б – відбійний диск; в – кільце; г – люстра; д – зірочка.

Нижні розподільні системи повинні мати достатньо дрібні отвори, які рівномірно розподілені по площі фільтра.

Перевагу тут віддають трубчастим системам з круглими отворами та підтримувальними шарами, щілястими та поруватими трубками, трубчато-жолобковим (рис. 11), трубчато-ковпачковим системам без підтримувальних шарів.

В трубчастих системах існує колектор великого діаметра від якого відходять відгалуження з отворами. Щілясті отвори в процесі роботи також можуть забиватись зернами засипки, збільшувати опір та зменшувати ефективність розподілу промивної води по площі. В трубчато-жолобкових системах над перфорованою трубою відгалуження встановлюється жолобок, який утворює вздовж труби щілини для пропуску води. Проте складність його виготовлення не компенсується якісними показниками в порівнянні зі щілястими трубчастими системами.

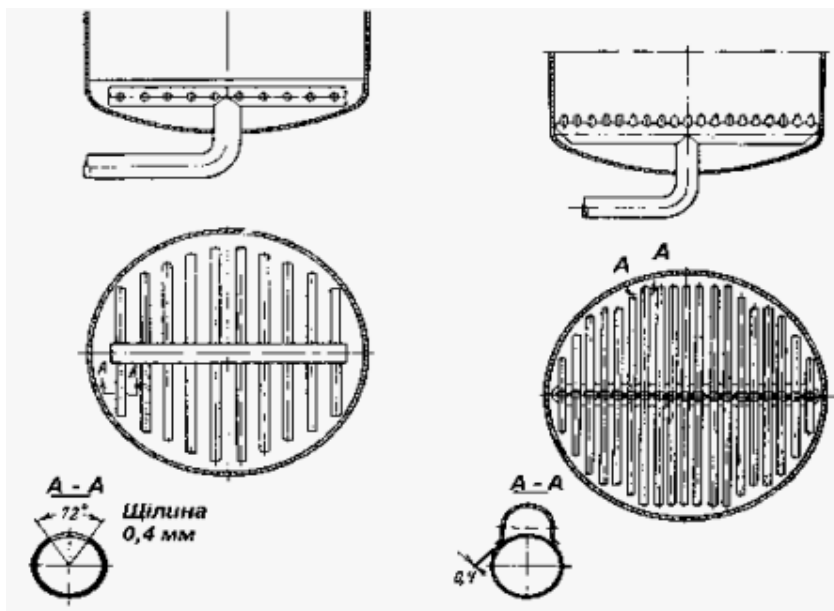


Рисунок 11 – Нижня розподільна система напірних фільтрів: а – трубчато-щіляста; б – трубчато-жолобкова.

Питання для самоперевірки:

1. Охарактеризуйте поняття «гидравлічна крупність» часток, як її можна визначити?
2. Які види відстійників за напрямком руху води Ви знаєте, на які зони поділяються відстійники?
3. Охарактеризуйте принцип дії горизонтального відстійника.
4. Охарактеризуйте принцип дії радіального відстійника.

5. Які типи фільтрів за видом робочого елементу Ви знаєте?
6. Охарактеризуйте принцип дії піно полістирольних фільтрів.
7. Для яких цілей застосовують розподільні та дренажні системи у фільтрах?

Тема 2.4. Мембранні процеси в технології водопідготовки

1. Фізичні методи знезараження води.
2. Баромембранні процеси.
3. Дифузійномембранні процеси.
4. Термомембранні процеси.
5. Електромембранні процеси.

1. Загальні відомості про мембранні процеси. Мембранні процеси розділяють на чотири групи залежно від рушійної сили процесу (рис. 1):

1) Градієнт тиску – баромембранні процеси (мікрофільтрація, ультрафільтрація, нанофільтрація, гіперфільтрація (зворотний осмос)).

2) Градієнт електричного потенціалу – електромембранні процеси (електродіаліз, електродеіонізація, мембранний електроліз).

3) Градієнт концентрації (різниця концентрацій розчиненої домішки) – дифузійномембранні процеси (мембранна дегазація, діаліз).

4) Градієнт температури – мембранна первапарація і мембранна дистиляція.

Сфера застосування мембранних процесів надзвичайно широка. Основні області застосування мембранних процесів у сучасному водопідготовленні такі:

- очищення води з поверхневих джерел – як в якості передпідготовки для наступного доочищення, так і в якості самостійної технології;
- різноманітні технології очищення стічних вод;
- підготовки води для харчових виробництв, виробництв безалкогольних та алкогольних напоїв;
- одержання глибокознесоленої води для потреб різних галузей промисловості – енергетики, мікроелектроніки; фармацевтичних виробництв.

2. Баромембранні процеси. Серед баромембранних процесів розрізняють мікрофільтрацію, ультрафільтрацію, нанофільтрацію та гіперфільтрацію або зворотний осмос (рис. 2).

Для кожного із цих процесів характерні свої діапазони таких параметрів:

- розмір частинок, що затримуються мембраною;
- молекулярна маса частинок, що затримуються;
- розмір пор мембрани;
- величина робочого тиску;
- питома продуктивність мембран.

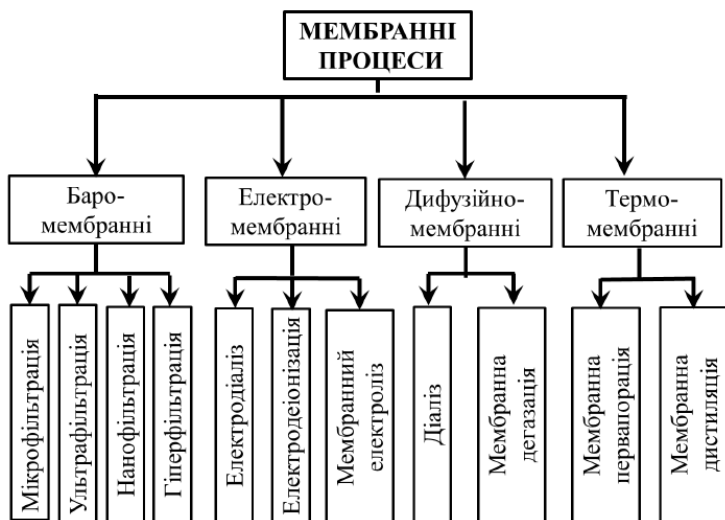


Рисунок 4.1 – Класифікація мембранних процесів.

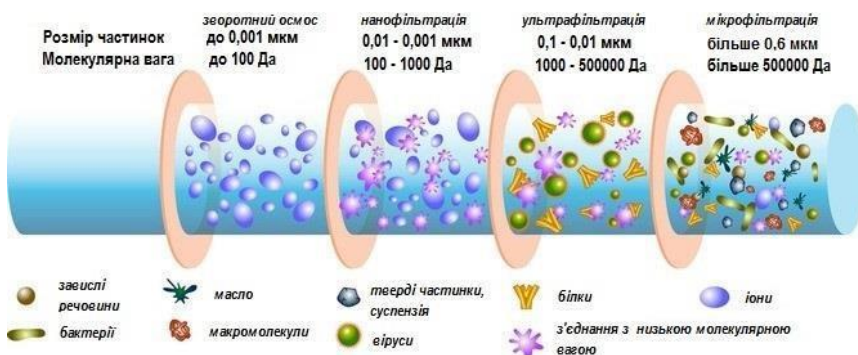


Рисунок 2 – Спектр фільтрування різноманітних мембранних процесів.

Мембрани і мембранні елементи. Мембрана – розділювальна перегородка між фазами, для якої властива напівпроникність – здатність пропускати одні речовини і залишатися непроникною для інших.

Для баромембранних методів характерні два механізми затримання домішок мембраною і перенесення через неї розчинника:

- ситовий (механізм виключення за розміром);
- дифузійний.

Перебіг процесу за тим чи іншим механізмом обумовлено будовою бар'єрного шару мембрани. У разі пористої мембрани має місце ситовий механізм, за якого мембрана затримує частинки домішок, які мають розміри більше діаметра найбільших пор мембрани; в той же час всі частинки менших розмірів вільно проникають через мембрану. Ситовий механізм характерний для мікрофільтрації та ультрафільтрації.

У випадку ситового механізму масоперенесення розчинника через мембрану можна розглядати як протікання рідини через отвори пор під дією різниці тисків, яке описується рівнянням Хагена – Пуазейля для пористих мембран:

$$J = \frac{N \cdot \pi \cdot r^4 \cdot \Delta P}{8 \cdot \eta \cdot \delta}.$$

де J – об'ємний потік через мембрану;

N – число пор на одиницю площі мембрани;

R – радіус пори;

ΔP – різниця тисків по обидві сторони мембрани; δ – товщина мембрани;

η – в'язкість розчинника.

Для процесів з використанням непористих мембран (нанофільтрація, зворотний осмос) запропоновано механізм розчинення-дифузії, що описує процес перенесення речовини як розчинення кожного компонента суміші в мембрані з подальшою дифузією розчиненої речовини через мембрану, причому інтенсивність і напрямок перенесення залежить від різниці хімічних потенціалів даного компонента по обидві сторони мембрани. У випадку дифузійного механізму процес перебігає через такі стадії:

1. Адсорбція проникаючого компонента на поверхні мембрани.
2. Розчинення компонента в мембрані.
3. Дифузія компонента в матеріалі мембрани.
4. Виділення компонента на іншій стороні мембрани.
5. Десорбція компонента з поверхні мембрани в об'єм.

В принципі будь-яка стадія може бути лімітуючою, тобто визначати інтенсивність перенесення. Найчастіше це буває третя стадія – дифузія, але іноді треба брати до уваги і другу стадію – розчинення компонента в матеріалі мембрани.

Також баромембранні процеси відрізняють способом організації фільтрації через мембранну перегородку. Існують два типи фільтрації, що розрізняють за напрямом руху потоку води відносно мембрани (рис. 3):

– тупикова;

– тангенціальна.

У випадку тупикової фільтрації весь об'єм води, яку очищають, під впливом тиску проходить через мембрану, а домішки затримуються на мембрані і поступово накопичуються на ній в значних кількостях. Така фільтрація характерна для мікрофільтрації та ультрафільтрації. У разі тангенціальної фільтрації потік води, яку очищають, проходить над мембраною паралельно її поверхні. При цьому під дією прикладеного тиску частина води проходить через мембрану, створюючи потік

очищеної води, – перміату, а залишок води з усім об'ємом затриманих домішок створює потік концентрату. Тангенціальна фільтрація характерна для нанофільтрації та зворотного осмосу.

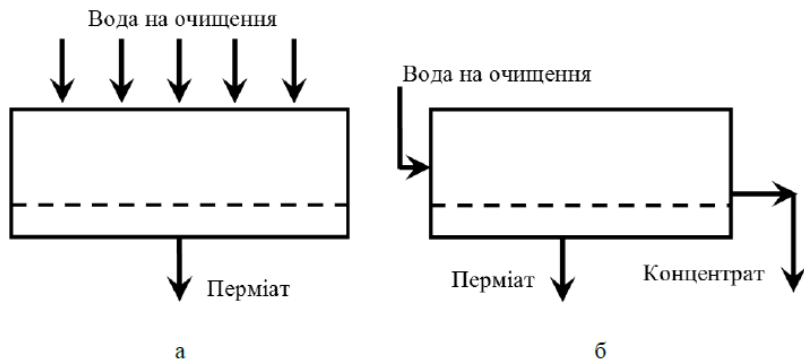


Рисунок 3 – Схеми напрямку руху потоку води відносно мембрани: а – тупикова; б – тангенціальна.

За будовою мембранного полотна існуючі мембрани поділяють на 3 типи (рис. 4):

- ізотропні (симетричні);
- анізотропні (асиметричні);
- композитні.

Ізотропні характеризують сталим перетином пор по всій їх глибині, причому пори утворені частинками або волокнами матеріалу мембрани і можуть мати циліндричну або невизначену форму.

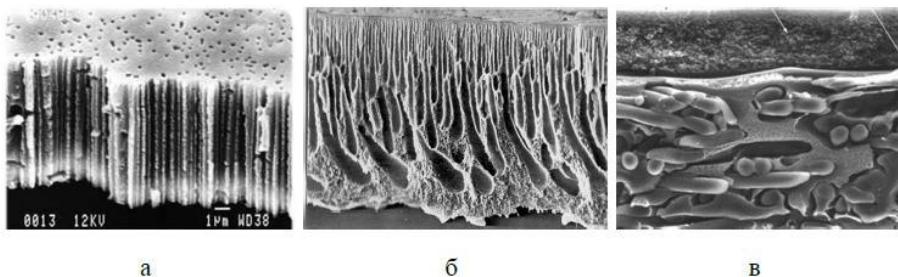


Рисунок 4 – Структура мембран: а – ізотропна; б – анізотропна, в – композитна.

Анізотропним мембранам властива поступова зміна діаметру пор – діаметр пор поступово зростає від тонкого робочого шару (5...10 % від загальної товщини)

робочого шару до підтримуючого шару мембранного полотна, і саме робочий шар визначає властивості мембрани, а підтримуючий шар виконує лише функцію опори для робочого шару.

Ізотропні і анізотропні мембрани виготовлені з одного матеріалу. Композитна мембрана складається з декількох шарів, виготовлених з різних матеріалів.

Композитна мембрана, як правило, є ультратонким шаром (УТШ) однієї речовини, розташованим на пористому шарі іншої речовини. Можна сказати, що сьогодні майбутнє мембранної технології пов'язують з розвитком композитних мембран, кількість яких вже зараз дуже велика.

Переваги композитних мембран такі:

- розділювальний шар і пориста підкладка одержані з різних матеріалів, звідси широкий вибір варіантів компонування мембрани;
- одержання шарів окремо полегшує формування оптимальної внутрішньої структури кожного шару;
- поєднання високих масообмінних характеристик розділювального шару з високими фізико-механічними властивостями підкладки різко підвищує технологічні параметри мембран і розширює сферу їх застосування;
- мала витрата дорогих і дефіцитних матеріалів на формування ультратонкого шару знижує вартість мембрани.

Серед полімерних матеріалів для виготовлення мембран найбільшого поширення набули:

- ацетати целюлози – для мембран зворотного осмосу;
- поліетилен і поліпропілен – для підкладки в композитних мембранах або для мембран мікрофільтрації;
- політетрафторетилен (ПТФЕ) – для мембран мікрофільтрації;
- полісульфон (ПС) і поліефірсульфон (ПЕС) – для мембран мікрофільтрації та ультрафільтрації;
- полівініліденфторид (ПВДФ) – для мембран ультрафільтрації;
- ароматичний або аліфатичний поліамід – для виготовлення бар'єрного шару мембран зворотного осмосу.

Як підкладки для композитних мембран використовують тканини, папери, неткані шари з природних і синтетичних волокон, пористі плівки і волокна з пластмас, пористі вироби з металів, скла, кераміки, вже готові різні мікрофільтраційні та ультрафільтраційні мембрани.

Методи формування ультратонкого шару можна розділити на дві групи:

- фізичні (лакування, просочення, нашарування, поливання, напилення, осадження, різні види термооброблення і т.д.);
- хімічні (полімеризація, прищеплена сополімеризація, міжфазна поліконденсація, радіаційне зшивання, плазмова полімеризація і ін.).

Для практичного застосування мембранне полотно оформлюють у вигляді мембранних елементів.

Переважають використовуються 4 основних типи модульних проектів:

1. Трубчасті – тонкостінні трубки діаметром 5...20 мм з полімерів, порис- тої кераміки, металів (рис. 5). Переваги – можливість очищення розчинів з великою кількістю колоїдів, високомолекулярних речовин, суспензій; недолік – мала площа активної поверхні. Трубчасті модульні проекти можуть бути тупикової і тангенціальної фільтрації. Використовують в процесах мікрофільтрації та ультрафільтрації.

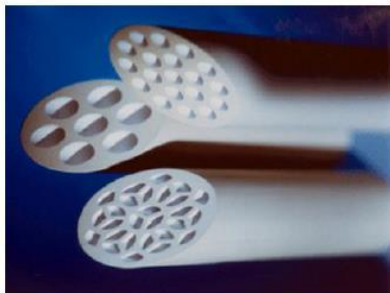


Рисунок 5 – Трубчасті модульні проекти.

2. Плівкові (пластинчасті) – пакет мембранних елементів, затиснутих між двома цільними плитами.

3. Порожнистоволоконні. Мембранний елемент є корпусом, в який покладено пучки з безлічі порожніх волокон (рис. 6). Використовують в процесах мікрофільтрації та ультрафільтрації.

4. Рулонні (спіральні) – склеєні з трьох сторін прямокутники з композитних мембран (рис. 7). Незаклеєною стороною приєднані до перфорованої труби для збирання перміату і скручуються в спіраль. Між пакетами прокладена розділова сітка (спейсер), уздовж якої протікає вода, яку очищують. Сітка турбулізує потік, сприяючи перемішуванню і покращуючи видалення домішок потоком. У середині пакета також знаходиться спейсер перміату. Конверти мембрани разом зі спейсером згорнуто в тугий рулон і зафіксовано. Недолік – чутливість до наявності механічних домішок.



Рисунок 6 – Порожнистоволоконні модульні проекти та їх компонування

Трубчасту і пластинчасту моделі відносять до початкового періоду мембранної технології. Обидва ці проекти знаходять застосування в харчовій промисловості (наприклад, концентрування молока для виробництва сиру, концентрування томатного соку) і в концентруванні під час оброблення стоків. Ці проекти деколи конкурують зі спіральними і волокнистими моделями під час опріснення і є додатком для очищення води.

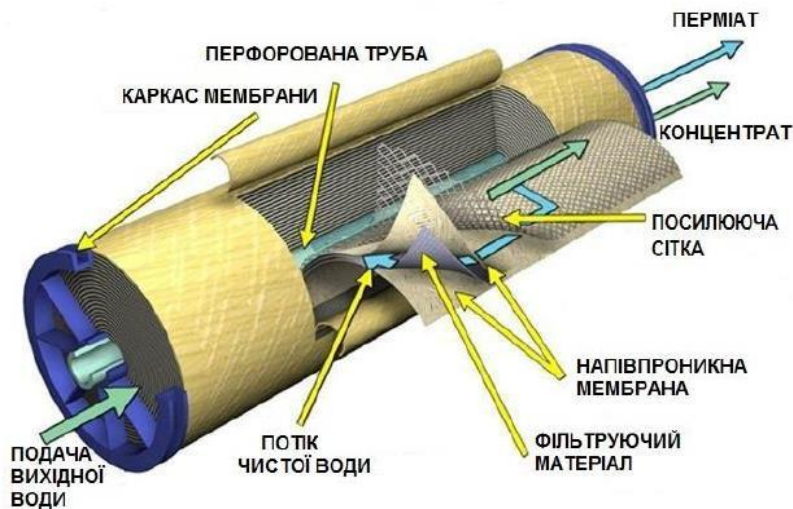


Рисунок 7 – Рулонний (спіральний) модульний проект

Мікрофільтрація та ультрафільтрація. Мікрофільтрація та ультрафільтрація – це процеси мембранного розділення, під час яких відбувається фільтрування рідини під дією різниці тисків до та після мембрани. Мембрани, які використовують в цих методах, є пористими перегородками з певними розмірами пор. Незважаючи на те, що ці технології відносяться до технологій видалення завислих та колоїдно-дисперсних частинок, доцільно їх розглядати спільно з усіма мембранними процесами.

Механізм розділення ґрунтується на «ситовому» ефекті – відбувається селективне видалення всіх частинок з розмірами більше розміру пор мембрани. Частинки, розмір яких перевищує розмір пор мембрани, затримуються мембраною. Більша частина води і частинки, розміри яких менші максимального розміру пор, проходять через мембрану, утворюючи перміат. Сольовий склад води при цьому зберігається незмінним.

Технології мікрофільтрації та ультрафільтрації ґрунтуються на використанні пористих мембран з діаметром пор від 0,1 до 10 мкм у випадку мікрофільтрації та від

0,01 до 0.1 мкм у разі ультрафільтрації. Діаметр пор мембран визначає домішки, які видаляються за допомогою цих технологій.

Так, мікрофільтраційні мембрани затримуються завислі речовини, великі колоїдні частинки і бактерії. При цьому мембрана вільно пропускає віруси, органічні речовини, розчинені іони і газу.

Ультрафільтраційні мембрани затримують всі колоїди, протеїни, мікробіологічні елементи і великі органічні молекули. Всі розчинені солі і невеликі молекули проходять через мембрану.

Мікро- та ультрафільтрація як технології підготовки води мають низку переваг перед традиційною фільтрацією:

- ефективне видалення домішок колоїдного ступеня дисперсності;
- ефективне видалення мікробіологічних домішок;
- відсутність ймовірності проскакування домішок в очищену воду; – значно менші площі, які займають установки;
- менші витрати води на власні потреби.

Основними типами мембран для мікрофільтрації та ультрафільтрації є неорганічні мембрани з керамічних матеріалів або металів, а також пористі полімерні мембрани з поліетилену та поліпропілену, політетрафторетилену (ПТФЕ), полісульфону (ПС), поліефірсульфону (ПЕС) та полівініліденфториду (ПВДФ).

Найважливішими характеристиками таких мембран є механічна міцність, розміри пор, хімічна стійкість та ступінь змочуваності (показник гідрофобності або гідрофільності).

Механічна міцність, яку характеризують як міцність на розривання або як еластичність мембранного полотна або волокна, є важливим показником, який показує, наскільки легко матеріал мембрани здатний переносити вплив тиску води. Найповнішими на цей час є мембрани з ПВДФ.

Хімічна стійкість матеріалів мембран указує на те, який спектр вод можна оброблювати за допомогою цієї мембрани, а також – наскільки інтенсивно можна проводити хімічні промивання мембран.

Основними показниками хімічної стійкості є інтервал рН і стійкість до впливу активного хлору. Значення цих показників приводять в специфікаціях мембранних елементів.

Показник гідрофобності або гідрофільності матеріалу мембрани вказує на те, як інтенсивно мембрана пропускає воду. Гідрофільні мембрани легко змочуються і пропускають воду, але також легко можуть бути забруднені відкладеннями домішок вихідної води. Гідрофобні мембрани стійкіші до забруднення, але мають меншу питому продуктивність. В останній час для виробництва мембран використовують гідрофілізовані полімери, наприклад, гідрофілізований ПВДФ (H-PVDF).

Найрозповсюдженіші такі форми мембран для мікрофільтрації та ультрафільтрації, як трубки та порожні волокна, описані вище.

Для таких форм мембран можливі два основних варіанта фільтрації:

1) якщо розділювальний шар знаходиться на внутрішній поверхні волокна, то оброблювана вода подається всередину волокна (трубки), а фільтрат відводиться назовні – так званий спосіб фільтрування «зсередини назовні»;

2) якщо розділювальний шар знаходиться на зовнішній поверхні волокна (трубки), то оброблювана вода подається назовні волокна, а фільтрат збирається у внутрішньому каналі – так званий спосіб фільтрування «ззовні всередину».

Переваги способу фільтрування «зсередини назовні»:

- можливість забезпечити високі значення витрати потоку фільтрату під час зворотного промивання, що сприяє ефективному очищенню поверхні від забруднень;
- можливість регулювання швидкості потоку в каналі волокон з метою оптимізації гідродинамічного режиму для зниження утворення осаду на поверхні;
- можливість режиму рециркуляції вод з високим вмістом завислих частинок.

Недоліки такого способу: менша площа фільтрування та знімання фільтрату з одного волокна порівняно зі способом фільтрування «ззовні всередину» і, відповідно, вищі витрати енергії.

Переваги способу фільтрування «ззовні всередину»:

- більша площа фільтрування і, відповідно, вище знімання фільтрату з одного волокна; як наслідок – необхідний менший тиск води, що знижує енергозатрати;
- компактність установок, оскільки мембранні елементи не завжди повинні знаходитися у корпусах (насамперед у випадку безнапірного фільтрування).

Недоліки цього способу фільтрування:

- порівняно низька витрата фільтрату в процесі зворотного промивання, що утруднює якісну регенерацію мембрани і може приводити до скорочення робочого циклу;
- неможливість забезпечити однорідний характер омивання мембран водою, яку очищують, що приводить до нерівномірного відкладення осаду на поверхні і, як наслідок, обмеження граничного вмісту завислих домішок у воді.

За способом організації процесу та забезпечення рушійної сили – різниці тисків – мікрофільтрацію та ультрафільтрацію підрозділяють на занурювальну (вакуумну) і напірну.

Рушійна сила вакуумної фільтрації виникає на мембрані в процесі створення розрядження на лінії фільтрату. Модулі, які для цього використовують, є безкорпусними касетами з блоків порожніх волокон, трубок або плоскорамних елементів, які занурюють в ємності з водою, яку очищують. В процесі фільтрування насос створює вакуум всередині волокон або трубок і відкачує перміат з модулю.

Недоліком цього методу є обмеженість робочого трансмембранного тиску і тому менші значення питомого знімання, але такий спосіб дає змогу обробляти води з високою каламутністю.

В процесі напірного фільтрування воду нагнітають насосом, і саме тиск води, яку очищують, забезпечує перебіг процесу розділення. Приклад принципової технологічної схеми напірної ультрафільтраційної установки наведено на рис. 8.

В процесі фільтрації відкладення домішок, які утворюються, будуть приводити до зростання трансмембранного тиску. У разі досягнення певного

значення цього показника відбувається промивання мембранного елементу зворотним потоком води.

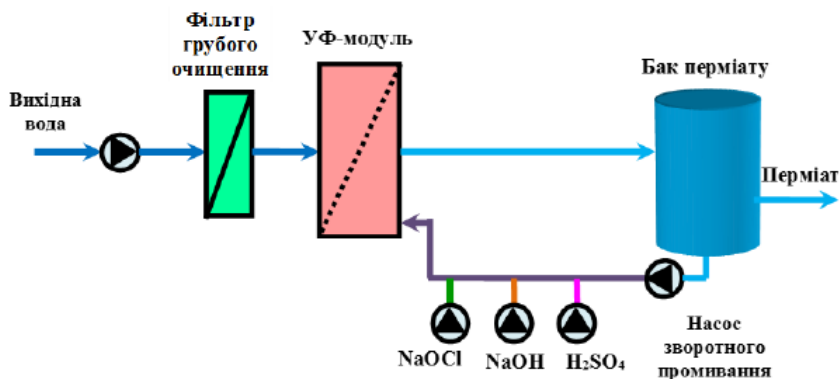


Рисунок 8 – Принципова технологічна схема ультрафільтрації, яка працює у режимі тупикового фільтрування зі зворотним промиванням фільтратом.

Отже, відновлення властивостей порожнистоволоконних мембран в процесі експлуатації є необхідним етапом роботи установок мікрофільтрації та ультрафільтрації.

Для фізичного усунення домішок з поверхні мембрани використовують зворотне промивання. У випадках, коли зворотне промивання неефективно видаляє домішки, використовують промивання з застосуванням хімічних реагентів, які руйнують або розчиняють домішки, що нагромадилися. Як реагенти зазвичай використовують розчин натрію гідроксиду концентрацією 0,5...2,0 мг/дм³ та розчин хлоридної кислоти концентрацією до 2 мг/дм³.

Область застосування мікрофільтрації та ультрафільтрації достатньо широка і включає переважно такі напрямки:

- очищення вод поверхневих джерел;
- MBR – мембранний біореактор для очищення стічних вод;
- передпідготовки води перед зворотним осмосом та іонним обміном;
- кондиціювання мінеральних і питних вод;
- оброблення господарсько-побутових і промислових стоків.

Зворотний осмос та нанофільтрація. Зворотний осмос є одним з методів мембранного розділення, який застосовують найчастіше. Його широко використовують для знесолення (демінералізації) всіх типів вод в установках різної продуктивності. Нанофільтрація є мембранним процесом, схожим із зворотним осмосом. Відмінністю є селективність до багато- та однозарядних іонів, а також до органічних речовин. Так, якщо мембрани зворотного осмосу мають високу селективність відносно всіх іонів, то нанофільтраційні мембрани високоселективні

відносно іонів кальцію, магнію, сульфат-іонів та інших багатозарядних іонів, однак порівняно проникні для однозарядних іонів – натрію, калію, хлоридів, нітратів і ін.

Отже, зворотний осмос – технологія знесолення води а нанофільтрація – безреагентна технологія зм'якшення води і видалення органічних домішок.

Для зрозуміння перебігу процесу зворотного осмосу необхідно, насамперед, розглянути процес осмосу – довільного проникнення у розчин розчинника крізь напівпроникну мембрану.

Якщо осмосу можна спостерігати, якщо чисту воду і розчин помістити в закриту посудину з різних боків від напівпроникної мембрани, яка пропускає тільки молекули води. За таких умов молекули води будуть проникати в розчин, зменшуючи його концентрацію (рис. 4.9. а). В силу замкненості посудини тиск в зоні розчину буде зростати, а в зоні чистої води – знижуватися. Так буде відбуватися до тих пір, поки утворена різниця тисків не компенсує енергетичні вигоди від розведення розчину. Система прийде в стан рівноваги (рис. 4.9. б). Різницю тисків (висот стовпів рідини) в двох зонах називають осмотичним тиском розчину.

Осмотичний тиск розчину залежить від концентрації розчинених домішок відповідно до рівняння Вант-Гоффа:

$$\pi = \varphi \cdot C \cdot R \cdot T,$$

де π – осмотичний тиск розчину;

C – молярна концентрація розчинених домішок; φ – коефіцієнт осмотичного тиску;

R – універсальна газова стала;

T – абсолютна температура.

Якщо надлишковий тиск з боку розчину перевищить величину осмотичного, молекули води почнуть переходити із зони розчину в зону чистої води, тобто потік води буде протилежним потоку в процесі осмосу (рис. 9. в). Таке явище отримало назву зворотного осмосу.

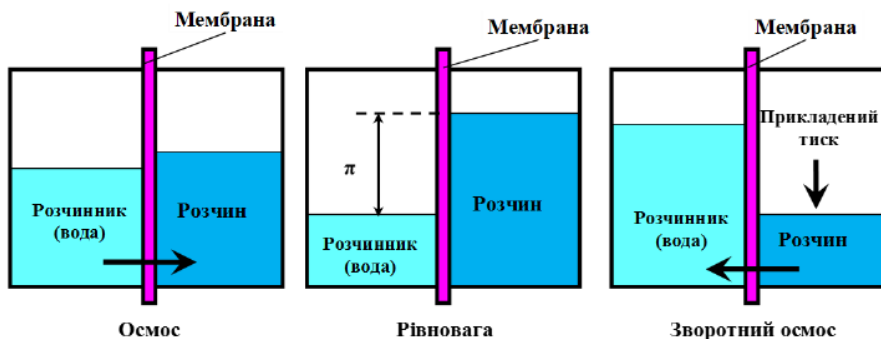


Рисунок 9 – Схема процесів осмосу та зворотного осмосу

Рушійною силою процесу зворотного осмосу є різниця прикладеного (робочого) тиску води і різниці осмотичних тисків вихідної води і перміату:

$$\Delta P = P - (\pi - \pi_{\text{perm}}),$$

де P – робочий тиск води, яку очищують;

π – осмотичний тиск води, яку очищують;

π_{perm} – осмотичний тиск перміату.

Основними характеристиками мембран є продуктивність і селективність.

Продуктивність (флакс) – питоме знімання перміату з одиниці поверхні мембрани:

$$J_w = \frac{\Delta q}{S \cdot \Delta \tau} = K_w \cdot \Delta P,$$

де J_w – потік води через мембрану;

Δq – осмотичний тиск води, яку очищують;

π_{perm} – об'єм перміату, що пройшов через мембрану площею S за час Δt ;

K_w – константа проникності, яка враховує всі фактори, що впливають на процес;

ΔP – різниця тисків відповідно рівнянню.

Селективність показує ступінь затримання мембраною розчинених домішок:

$$R = 1 - \frac{C_{\text{perm}}}{C_{\text{in}}},$$

де R – потік води через мембрану;

C_{perm} – концентрація домішок в потоці перміату;

C_{in} – концентрація домішок в потоці води, яку очищують.

Крім того важливим є вихід за перміатом (конверсія, гідравлічний ККД, відновлення системи):

$$\alpha_{\text{perm}} = \frac{Q_{\text{perm}}}{Q_{\text{in}}} = \frac{Q_{\text{perm}}}{Q_{\text{conc}} + Q_{\text{perm}}},$$

де α_{perm} – потік води через мембрану;

Q_{in} , Q_{perm} , Q_{conc} – об'ємні потоки води, що очищують, перміату та концентрату відповідно.

Продуктивність і селективність залежать не тільки від самої мембрани, але і від параметрів процесу розподілу:

– тиску;

- температури;
- відновлення;
- солевмісту вихідної води.

У разі збільшення робочого тиску питома продуктивність мембран лінійно зростає відповідно до формули, а селективність зростає завдяки тому, що дифузійне перенесення іонів від тиску не залежить, тоді як через мембрану проходить більше розчинника. З підвищенням температури підвищується рухливість іонів і молекул, що забезпечує зростання питомої продуктивності мембрани за одночасного зниження її селективності.

У випадку збільшення солевмісту вихідної води зростає осмотичний тиск вихідного розчину і в значно меншій мірі – осмотичний тиск перміату, що призводить до зниження питомої продуктивності мембрани. Також знижується селективність мембрани через зростання дифузійного потоку пропорційно вихідній концентрації.

Використання рулонних мембранних елементів нанофільтрації та зворотного осмосу, на відміну від мембранних елементів мікрофільтрації та ультрафільтрації, вимагає розміщення елементів в спеціальних корпусах – мембраноутримувачах. Призначення мембраноутримувача – забезпечення підведення вихідної води і відведення перміату та концентрату крізь відповідні штуцери, а також утворення тиску вихідної води, який забезпечує рушійну силу процесу.

Мембраноутримувачі розрізняють за типорозміром мембранних елементів, що використовуються, за кількістю мембранних елементів (від 1 до 7) за матеріалом (скловолокно, ПВХ, сталь) та за типом підключення.

Мембранний елемент у мембраноутримувачі є основною частиною системи зворотного осмосу або нанофільтрації. Схематичне зображення найпростішої системи наведено на рис. 10.

Така схема організації процесу має невисокі значення виходу за перміатом. Так, виробниками допускається конверсія 15...19% на мембранному елементі. Однак таку схему використовують в побутових системах очищення питної води, а також в деяких випадках для опріснення морських вод.

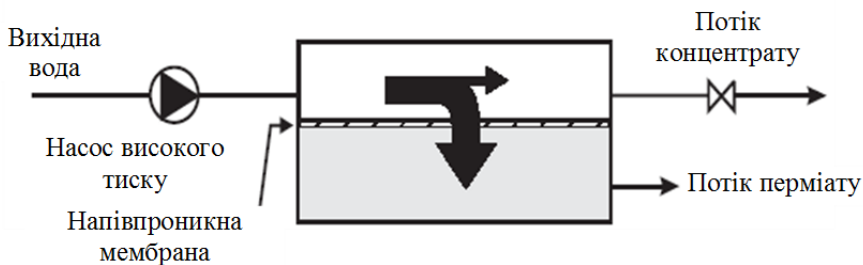


Рисунок 10 – Принципова схема системи зворотного осмосу і нанофільтрації.

Значно раціональнішою є схема з рециклом концентрату, яка забезпечує значно вищі значення конверсії – в середньому 75 %. Таку схему наведено на рис. 11.

Крім того, поширені багатостадійні схеми, що працюють за концентратом і перміатом. В цьому випадку система зворотного осмосу умовно поділена на дві стадії. У разі схеми, що працює за концентратом, концентрат першої стадії подають на очищення на другу стадію, а потоки перміату двох стадій об'єднують і направляють споживачу. Таку схему використовують під час порівняно високої якості води, яку очищують.



Рисунок 11 – Принципова схема системи зворотного осмосу і нанофільтрації з рециклом концентрату

Багатостадійні схеми, які працюють за перміатом, використовують для одержання глибоко знесоленої води. У цьому випадку перша стадія працює за схемою з рециклом, перміат першої стадії подається на очищення на другу стадію, а потік концентрату другої стадії може подаватися як рецикл перед першою стадією зворотного осмосу (рис. 12) або зливатися в каналізацію.

Сфера використання технологій зворотного осмосу і нанофільтрації надзвичайно широка та включає такі основні області:

- підготовки питної води із води різного складу;
- доочищення питної води в побутових фільтрах;
- підготовки води для харчових виробництв, виробництв безалкогольних та алкогольних напоїв;
- підготовки води для парових котлів різної продуктивності;
- одержання глибокознесоленої води для потреб різних галузей промисловості – енергетики, мікроелектроніки; фармацевтичних виробництв; – опріснення морської води для одержання питної води або води для технологічного використання.

3. Дифузійномембранні процеси. До дифузійномембранних процесів, рушійною силою яких є градієнт концентрацій розчинених речовин по обидві сторони мембрани, відносять діаліз і мембранну дегазацію.

Діаліз. Діаліз відбувається з використанням непористих (дифузійних) мембран і застосовується для розділення речовин, які значно відрізняються за

молекулярною масою (наприклад, розчини полімерів очищають від низькомолекулярних електролітів та інших з'єднань). Мембрана розділяє розчин певної речовини і розчинник (рис. 13).

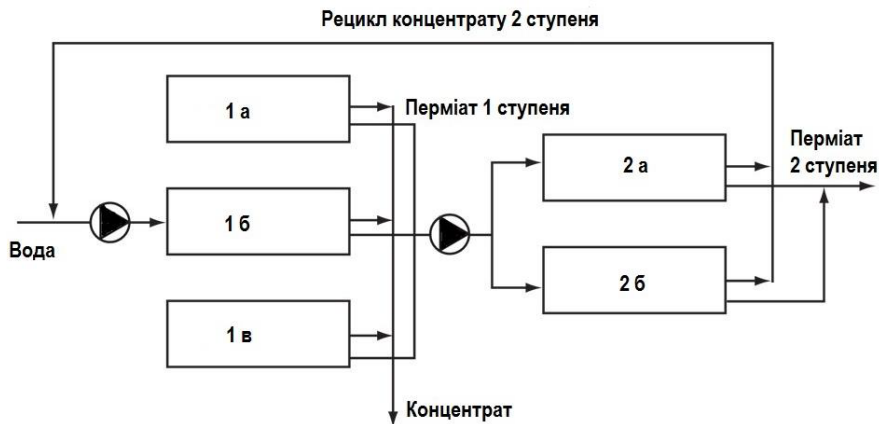


Рисунок 12 – Принципова схема установки зворотного осмосу з двома ступенями знесолення: 1 – мембранні елементи 1 ступеня; 2 – мембранні елементи 2 ступеня.

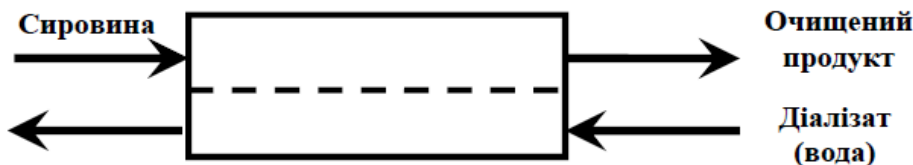


Рисунок 13 – Принципова схема діалізу.

Обидва потоки прокачують уздовж мембрани зазвичай протитечією, хоча є спосіб здійснення діалізу, коли вихідний розчин залишається нерухомим (наприклад, мішечний діаліз).

Основне застосування діалізу – очищення крові від низькомолекулярних токсинів – сечовини, фосфатів, креатиніну та ін. Процес називається гемодіаліз, або штучна нирка. Зрозуміло, що найважливішою обставиною є сумісність крові і матеріалу мембрани. Крім того, необхідно загальмувати осмотичне перенесення, для чого в діалізат вводять ті ж солі, які знаходяться в крові, отримуючи так званий фізіологічний розчин.

Недолік методу – його низька продуктивність і великі об’єми розчинника, які багаторазово замінюються з одного боку мембрани. Діаліз раціонально використовувати в технологічних процесах після ультра- або мікрофільтраційного концентрування розчинів високомолекулярних сполук або колоїдів.

Мембранна дегазація. Мембранна дегазація ґрунтується на використанні спеціальних мембран великої площі (як правило, на основі порожнього волокна), розміщених в напірних корпусах. Газообмін відбувається в мікропорах мембрани, що має величезну поверхню. Завдяки цим факторам досягається компактність установок і знижується ймовірність вторинного механічного і біологічного забруднення води.

Мембранні дегазатори дають змогу видалити розчинені гази з потоку води без його диспергування; власне дегазація відбувається в системі вода – мембрана – газовий потік (рис. 14). Незважаючи на те, що мембранні дегазатори в своєму складі мають ультрапористу мембрану, принцип їх роботи відрізняється від інших мембран (ультрафільтраційних, зворотноосмотичних): в мембранах дегазатора відсутній потік рідини крізь пори мембрани. Мембрана є інертною газопроникною стінкою, яка розділяє рідку і газоподібну фази.

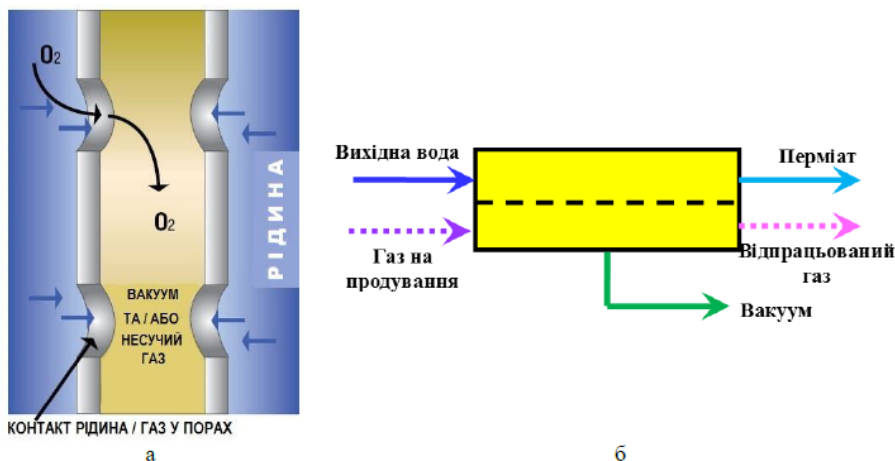


Рисунок 14 – Принцип роботи мембранного порожнистоволокнистого елемента (а) та схема організації процесу мембранної дегазації (б).

У мембранний модуль подають вихідну (поживну) воду, яка містить розчинений газ. У мембранному модулі вода і газова фаза розділені водонепроникною мембраною. Воду прокачують через модуль за допомогою насосу. З боку газової фази або створюють потік газу компресором, або розрідження – вакуумним насосом, або те та інше одночасно. Отже, контакт води здійснюється з однією поверхнею мембрани, а газу – з іншою.

Ультрапористі мембрани з розміром пор 0,03...0,05 мкм виготовляють з полімеру, наприклад, поліпропілену, що має високу гідрофобність, яка дає змогу ізолювати потік води від газової фази.

Для поліпропіленової мембрани з діаметром пор 0,05 мкм значення тиску пробою становить близько 1,02 МПа. З урахуванням цього факту робочий тиск всіх мембранних дегазаторів знаходиться в межах 0,2...0,4 МПа.

Діаметр порожнистого волокна становить всього 0,3 мм, що забезпечує максимальну серед всіх мембранних апаратів питому поверхню контакту.

Звідси впливають переваги мембранних дегазаторів (контакторів): за надзвичайно високої поверхні масопереносу – відсутність конвективного змішування фаз і необхідності їх подальшого розділення (фази вже розділені мембраною). Саме завдяки цим перевагам технологія мембранної дегазації набула широкого поширення в системах видалення розчиненого кисню і карбону (IV) оксиду в процесі одержання особливо чистої води.

4. Термомембранні процеси. Якщо мембрана розділяє дві фази, що мають різну температуру, тепло буде переходити від нагрітої фази до холодної. Але над дзеркалом рідини завжди існує пара цієї рідини, і парціальний тиск пари залежить від температури, леткості. Якщо ми випаровуємо суміш рідин, то склад пари буде відрізнятися від складу рідини залежно від відмінностей в леткості компонентів. На цьому ґрунтуються розділення сумішей дистиляцією і ректифікацією.

Якщо ж процес випаровування проводити в поєднанні з мембраною, то виникають нові умови перебігу процесу, що призводять до інших результатів розділення. Розглянемо варіанти таких мембранних процесів.

Мембранна дистиляція. Процес полягає в перенесенні водяної пари через пори гідрофобної мембрани під дією різниці температур по обидві її сторони. Вихідна вода нагрівається на одній поверхні, а пара конденсується на протилежній поверхні мікропористої мембрани. Вода не проникає в пори і в них знаходиться тільки водяна пара, яка дифундує від гарячої поверхні до холодної. Мембранна дистиляція спостерігається вже за різниці температур вище 10°C.

Встановлено, що оптимальними є пори діаметром 0,2...0,3 мкм. При цьому загальна пористість мембрани повинна бути достатньо високою – 60...70 %.

Селективність процесу розділення цілком визначається різницею в леткості компонентів, як і в звичайній дистиляції; селективність за нелеткими солями становить не менше 99,9 %.

Перевагою мембранної дистиляції перед звичайною є можливість використання низькопотенційного тепла, а також різке збільшення питомої площі випаровування (площа на одиницю об'єму суміші, яку розділяють).

Принципову схему і сутність процесу мембранної дистиляції наведено на рис. 15.

Мембранна дистиляція цікава насамперед як метод очищення і опріснення води, а також концентрування водних технологічних розчинів. Порівняно з баромембранними процесами переваги мембранної дистиляції є також в тому, що

вона дає змогу концентрувати розчини багатьох нелетких неорганічних і органічних сполук до концентрацій, практично близьких до межі їх розчинності.

На практиці мембранну дистиляцію застосовують як високоефективний метод:

- одержання чистої і високочистої води з вод різної солоності та забрудненості (в тому числі і з морської води);

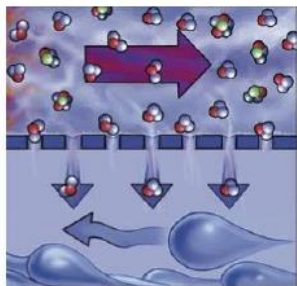


Рисунок 15 – Принцип роботи (а) та схема організації процесу (б) для реалізації мембранної дистиляції.

- очищення стічних вод, які містять нелеткі неорганічні електроліти та органічні речовини;
- концентрування солей з промислових вод гальванічних і фарбувальних виробництв;
- концентрування розчинів розбавлених нелетких мінеральних кислот і лугів;
- концентрування цукрових і глюкозо-фруктозних сиропів, термолабільних біологічно активних речовин.

Недоліком мембранної дистиляції є її відносно низька продуктивність порівняно з іншими баромембранними методами, а також неможливість її застосування для очищення вод, які містять поверхневоактивні і леткі речовини.

Мембранна первапорація. Якщо гарячу рідину (або рідкий розчин) помістити з одного боку суцільної (непористої) мембрани, а з іншого боку створити умови низького парціального тиску пари, то через мембрану під дією градієнта парціального тиску почнеться перенесення речовини. Речовина буде проникати в камеру перміату у вигляді пари, а склад пари буде відрізнятися від складу рідини. На рис. 16 наведено схему процесу первапорації, де заштрихованими кружечками показаний менш проникаючий компонент.

Незважаючи на те, що рушійною силою є різниця парціальних тисків по обидві сторони мембрани, селективність процесу визначається не відмінностями в легкості, як в мембранній дистиляції, а таким комплексом причин:

- відмінностями в сорбції (розчинності) компонентів на вхідній поверхні мембрани;
- відмінностями в коефіцієнтах дифузії крізь мембрану.

Керувати цими відмінностями можна, підбираючи матеріал мембрани, і тоді селективність процесу може бути змінена з плюса на мінус.

З боку перміату мембрана знаходиться практично у вакуумі, значить, ступінь її набрякання проникаючим компонентом дуже сильно змінюється по товщині – від максимуму до нуля. Так само сильно змінюється і коефіцієнт дифузії. Крім того, коефіцієнт дифузії першого компонента залежить від природи другої речовини у вихідній суміші і від її концентрації. Все це викликає складності розрахунку і прогнозу результатів первапорації, особливо для сумішей органічних речовин.

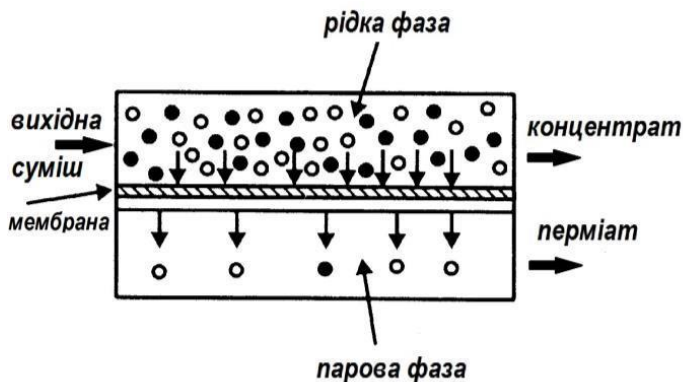


Рисунок 16 – Принципова схема мембранної первапорації.

З огляду на такі особливості первапорації цей процес розділення став надзвичайно ефективним для азеотропних сумішей (коли в процесі дистиляції рідина і пара мають однаковий склад). Суміші органічних розчинників з водою мають азеотропи в діапазоні складів, близьких до чистих розчинників, тут і корисно використовувати первапорацію для залишкової дегідратації.

Найширше первапорацію використовують для очищення стічних вод від органічних речовин (спиртів, ацетону, бензолу, толуолу, хлорпохідних аліфатичних і ароматичних вуглеводів і т.д.) або для видалення домішок води з цих речовин. Крім того, процес часто використовують для розділення неводних сумішей.

5. Електромембранні процеси. Рушійною силою електромембранних процесів є градієнт електричного потенціалу. Електромембранні процеси поділяють на електродіаліз, електродеіонізацію та мембранний електроліз. Мембранний електроліз використовують для виробництва хлору та натрію гідроксиду, тому він тут розглядатися не буде.

Електродіаліз. Сутність методу полягає у використанні спрямованого руху іонів під дією електричного поля. Якщо до електродів прикласти напругу, то іони, які знаходяться у розчині, почнуть рухатися відповідно зі знаком їх заряду – негативно заряджені (аніони) до аноду, позитивні (катіони) – до катоду. Якщо розділити електролізер на три відділення, в двох крайніх розмістити електроди (відділення

називають електродними камерами) і пропускати електричний струм, то концентрація солей в електродних камерах буде зростати, а в середньому відділенні – зменшуватися (рис. 17).

Для розділення камер такого електролізера-діалізатора використовують іонообмінні мембрани, які мають здатність селективно пропускати іони одного знаку і перешкоджати руху протилежно заряджених іонів.

Перенесення струму в мембрані здійснюється незакріпленими в матриці іонами – протиіонами. Чим більше число рухомих іонів, тобто вище обмінна ємність, тим більше електропровідність мембрани.

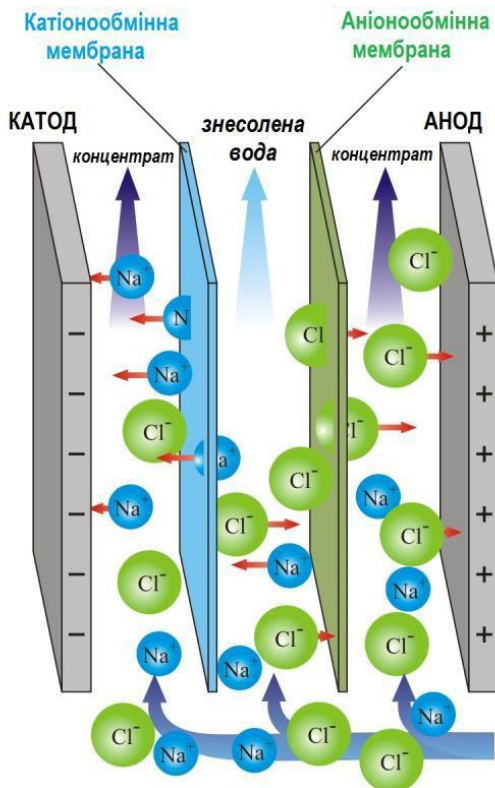
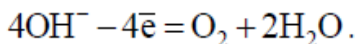
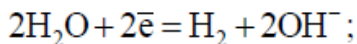


Рисунок 17 – Схема зміни концентрації розчинів у електродіалізаторі.

Основні електрохімічні характеристики мембран – селективна проникність і електропровідність, які визначаються кількістю іонообмінних груп в матриці і їх природою.

Для підтримування електричного струму в ланцюзі на електродах повинні проходити електрохімічні реакції – на катоді переважно виділення водню, на аноді – виділення кисню:



Відповідно до рівнянь реакцій розчин у анодній камері буде підкислюватися, в катодній камері буде утворюватися луг.

В теперішній час використовують багатокамерні електролізери з великим числом пар катіоно- і аніонообмінних мембран (рис. 18). Такі установки є електролізерами, що складаються з 100...200 гідралічних камер, які можуть бути з'єднані послідовно або паралельно з горизонтальною або вертикальною циркуляцією води. Селективність мембран створює умови, за яких з непарних камер ні катіони, ні аніони не можуть пройти в сусідні камери, внаслідок того, що знак їх заряду збігається зі знаком відповідно катіонообмінних і аніонообмінних мембран. Тому в парних камерах відбувається процес опріснення, а в непарних, навпаки, концентрація солей, в результаті чого в камерах утворюється розсіл (концентрат). Знесолену воду і концентрований розчин відводять відповідними трубопроводами. Лужний розчин з катодної камери і кислий розчин з анодної камери можна відводити самостійно окремими лініями для подальшого використання або ж, якщо такої необхідності немає, приєднувати до лінії розсолу.

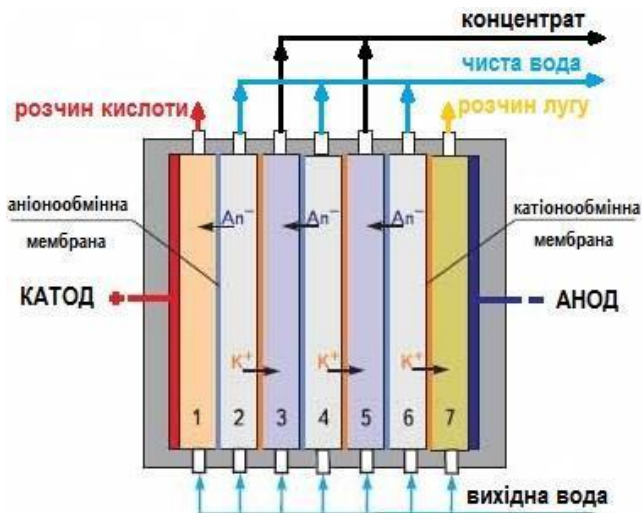


Рисунок 18 – Схема роботи електродіалітичної установки.

В електродіалізаторах застосовуються хімічно стійкі електроди з платинованого титану, ОРТА (оксидно-рутенієві титанові аноди), рідше – з нержавіючої сталі або графіту.

Недоліком методу електродіалізу є необхідність попереднього очищення води від завислих і колоїдних частинок, які можуть засмічувати іонообмінні мембрани.

В реальних умовах мембрани не мають ідеальної селективності і частково переносять іони обох зарядів.

Крім селективності, іонообмінна мембрана повинна мати загальні властивості: високу електропровідність, хімічну та механічну стійкість в окисних середовищах, стабільність характеристик, великий термін служби.

Щільність струму в електродіалізаторі становить $0,2...1,0 \text{ А/дм}^2$. Чим більша щільність струму, тим більші витрати електроенергії. У разі різкого збільшення щільності струму може початися перегрівання і навіть пропалення мембран. Допускають максимальну температуру нагрівання не більше 60°C .

Електродіаліз отримав дуже широкий розвиток як процес знесолення, опріснення морської води без витрат реагентів на регенерацію іонітів, а також одержання концентратів солей, чистих лугів і кислот. До сих пір процес електродіалізу є конкурентом зворотного осмосу, хоча кожен з них може зайняти певну нішу.

Електродеіонізація. Електродеіонізація – процес безперервної демінералізації води з одночасним використанням іонообмінних смол, іонселективних мембран і постійного електричного поля. Основною рушійною силою процесу є різниця електричних потенціалів по обидві сторони міжмембранного каналу, заповненого іонообмінною смолою. Різниця електричних потенціалів забезпечує перенесення іонів через іоноселективні мембрани і здійснює необхідну безперервну регенерацію іоніту.

Процес безперервної електродеіонізації включає три стадії, що відбуваються одночасно:

1) іонний обмін, в процесі якого іони солей, кислот і основ, розчинених у воді, проходять через шари іонообмінних смол та сорбуються на зернах катіоніту й аніоніту;

2) безперервне відведення іонів через шари іонітів і іонселективні мембрани в зону утворення концентрату;

3) безперервна регенерація іоніту іонами гідрогену і гідроксид-іонами, одержаними в процесі електролізу молекул води під впливом постійного електричного струму.

Для реалізації зазначених процесів використовують спеціальні модулі ЕДІ. У таких модулях є два типи проточних каналів: канал демінералізації (D- канал) – канал або камера фільтрату і канали або камери концентрату (С- канали).

Один D-канал, одна катіонітна мембрана, один С-канал і одна аніонітна мембрана разом утворюють ЕДІ-осередок.

ЕДІ-модуль є збіркою ЕДІ-осередків, які працюють паралельно (рис. 19).

Вихідна вода надходить в D-канали, заповнені сумішшю катіоніту й аніоніту, які сорбують розчинені катіони і аніони та обмінюють їх на іони гідрогену і гідроксид-іони. На виході з D-каналу виходить глибоко демінералізована вода.

Під дією електричного струму катіони з катіонообмінної смоли і аніони з аніонообмінної смоли рухаються через частинки іонітів, що стикаються, в напрямку відповідних електродів. Іони, які пройшли крізь відповідні мембрани, потрапляють в С-канали, в яких організовується постійний протік води, звідки вони у вигляді концентрату виводяться з модуля. На практиці найчастіше застосовують рулонні ЕДІ-елементи, но є також плоскорамні ЕДІ- елементи. Ступінь очищення залежить від солемісту вихідної води і може досягати 99,9 %. На відміну від іонообмінної технології демінералізації води електродеіонізація є безреагентною технологією, тому вважається найперспективнішою у виробництві ультрачистої води.

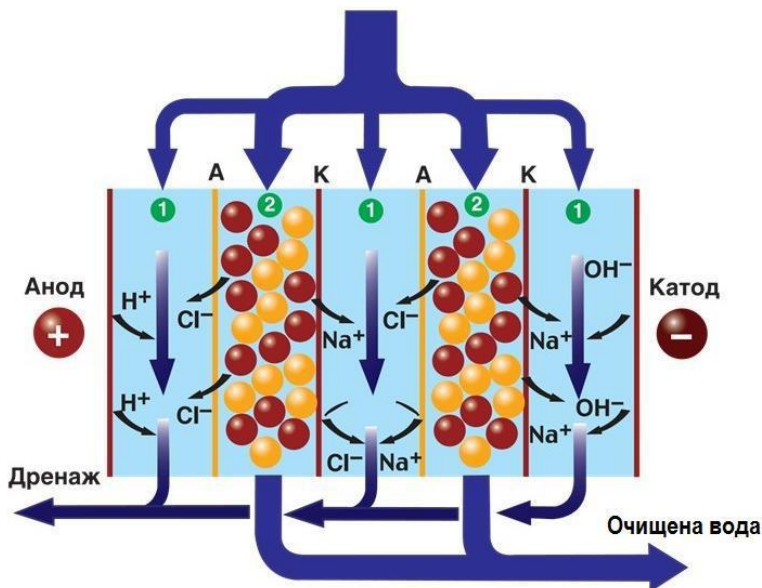


Рисунок 19 – Схема електродеіонізаційної установки

Питання для самоперевірки:

1. Класифікація мембранних процесів залежно від рушійної сили.
2. Які процеси відносять до баромембранних?
3. В чому відмінність механізму тупикової фільтрації від тангенціальної?
4. Назвіть основні матеріали, з яких виготовляють сучасні мембрани.
5. Сформулюйте переваги мікро- та ультрафільтрації як технології водопідготовки перед традиційною фільтрацією.
6. Дайте характеристику таким показникам, як продуктивність та селективність мембран.
7. Що таке концентраційна поляризація?
8. Що є рушійною силою термомембранних процесів?

Тема 2.5. Знезараження води

1. Класифікація методів знезараження води.
2. Хімічні методи знезараження води.
3. Фізичні методи знезараження води.

1. Класифікація методів знезараження води. Всі сирі води містять мікроорганізми: бактерії, морські водорості, гриби, віруси, вищі організми. Мікроорганізми можуть привести до захворювань людей, або різко погіршити якість продукції. Деякі види бактерій зумовлюють біокорозію металів. Мікроорганізми можуть розцінюватися як колоїдні речовини, що видаляються попереднім обробленням. Однак, на відміну від неживих частинок, вони сприятливо розвиваються і здатні відтворювати і формувати біоплівку. Біоплівка видаляється важко, оскільки вона захищає мікроорганізми від діючих на них сил, а також від хімічних реагентів. Крім того, в повному обсязі видалена біоплівка призводить до швидкого самовідтворення.

Класифікацію методів знезараження води наведено на рис. 1.

2. Хімічні методи знезараження води. Для знезараження води найчастіше застосовують хімічні методи, які передбачають додавання до води хлору, озону та інших сильних окисників.

Хлорування. Хлор використовують як дезінфікуючий засіб для водопровідної, промислової води, а також для стічних вод завдяки його здатності швидко дезактивувати більшість патогенних мікроорганізмів. Ефективність хлору залежить від його концентрації, часу взаємодії і рН води. Хлор зазвичай доступний у вигляді газу, натрію і кальцію гіпохлоритів (NaClO , Ca(OCl)_2 , $\text{Ca(OCl)}_2 \cdot \text{Ca(OH)}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$),

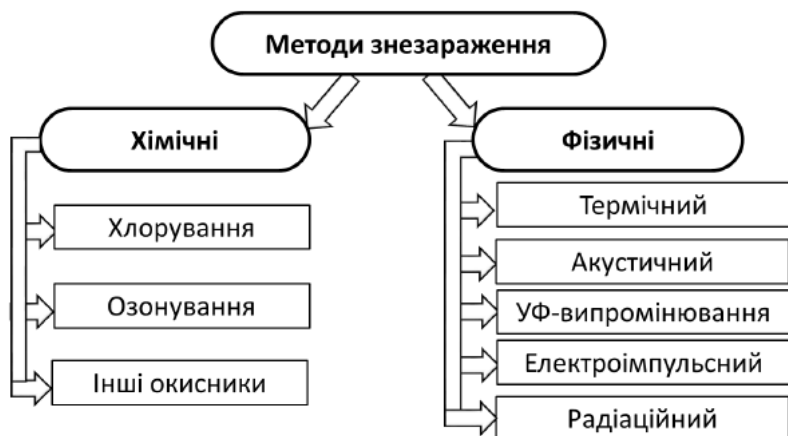
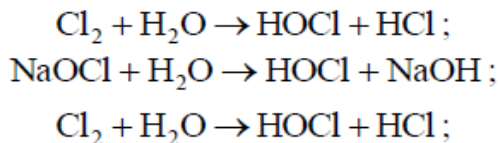
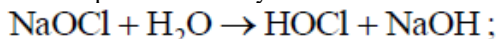


Рисунок 1 – Методи знезараження води

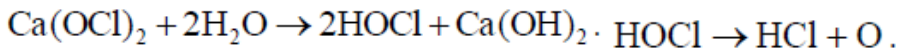
хлору (IV) оксиду. У воді вони миттєво гідролізуються з утворенням гіпохлоритної кислоти:



Останнім часом різко змінилося уявлення про хімізм процесу хлорування води. Раніше вважалося, що гіпохлоритна кислота, як нестійке з'єднання, розкладається з виділенням атомарного оксигену:

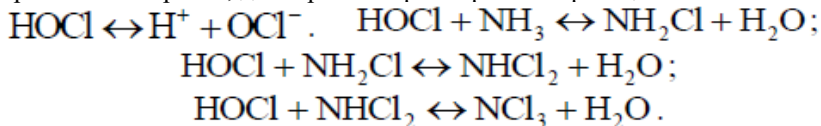


Отже знезаражуючий ефект хлорування пояснювали окисною дією атомарного оксигену, що руйнує речовину бактерій. Зараз встановлено, що бактерицидний ефект мало залежить від дії атомарного оксигену. Вважають, що гіпохлоритна кислота дисоціює у воді за рівнянням:



За $\text{pH} = 5 \dots 6$ хлор присутній у воді переважно у стані гіпохлоритної кислоти. Зі збільшенням значення $\text{pH} > 6$ концентрація гіпохлорит-іонів поступово зростає та досягає 21 % за $\text{pH} = 7$; 75 % за $\text{pH} = 8$ та 97 % за $\text{pH} = 9$. Сума Cl_2 , NaOCl , $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, HOCl та OCl^- називається вільним активним хлором або вільним залишковим хлором, вираженим в $\text{мг/дм}^3 \text{Cl}_2$.

Активний хлор – це хлоровмісні речовини, які здатні витіснити еквівалентну кількість йоду з водних розчинів калію йодиду. Бактерицидна ефективність вільного залишкового хлору безпосередньо пов'язана з концентрацією HOCl , що не дисоціює. Гіпохлоритна кислота в 100 разів ефективніша, ніж іон гіпохлориту. Частка HOCl , яка не піддалася дисоціації, збільшується зі зменшенням pH і зі зменшенням температури. Частина гіпохлоритної кислоти покроково реагує з нітрогеном амоніаку та утворює монохлорамін, дихлорамін і трихлорамін за реакціями:

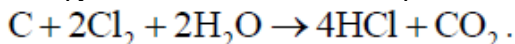


Ці реакції залежать від pH середовища і відношення маси хлору до маси нітрогену.

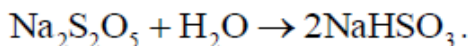
Хлораміни називають об'єднаним активним хлором або об'єднаним залишковим хлором. Вони також мають бактерицидний ефект, хоча нижчий ніж у гіпохлоритної кислоти. Суму вільного та об'єданого активного (залишкового) хлору називають повним залишковим хлором.

Інша частина гіпохлоритної кислоти перетворюється в неактивний хлор за реакціями з нітритами, ціанідами, феруму та мангану сульфідами. Однак хлор здатний реагувати з органічними сполуками, які практично завжди присутні у поверхневих природних водах. Утворені хлорохідні речовини є значно шкідливішими, ніж їх незаміщені попередники. Вони, наприклад, можуть викликати онкологічні захворювання. Тому хлорування питної води можна застосовувати лише для знезараження підземних вод, які не містять органічних сполук.

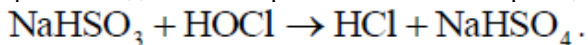
Залишковий вільний хлор може бути зменшений до безпечних значень активованим вугіллям або хімічними реактивами. Шар активованого вугілля дуже ефективний для видалення хлору з води відповідно до такої реакції:



Найпоширенішим реагентом для видалення вільного хлору є натрію метабісульфіт. У разі розчинення у воді натрію метабісульфіту формується натрію бісульфіт:



Натрію бісульфіт взаємодіє з гіпохлоритною кислотою за реакцією:



Установки для хлорування води наведено на рис. 2.

Можливе використання для хлорування води електролітичного натрію гіпохлориту. В цьому випадку електролізні установки забезпечують безперервне виробництво натрію гіпохлориту зі звичайного натрію хлориду. Таку установку зображено на рис. 3. Електродний блок є набором з біполярних електродів, які знаходяться у пластмасовому корпусі. Електроди виконано із титану з окисно-рутенієвим-титановим покриттям.



Рисунок 2 – Установки для хлорування води

Озонування. Озонування води все частіше знаходить застосування в процесах знезараження питної води і стічних вод, дозволяючи одночасно досягти

зnezараження, знебарвлення, окиснення феруму та мангану, усунення присмаку і запаху води внаслідок досить високої окисної здатності озону.

Вперше процеси озонування для очищення питної води були реалізовані у Франції, де вже у 1916 році діяло 26 озонаторних установок, а всього в Європі – 49 установок для озонування. Озон швидко розкладається в повітрі і, особливо, в воді. Розчинність озону у воді залежить від величини рН і кількості речовин, розчинених у воді; невеликий вміст кислот і нейтральних сполук посилює розчинність озону, а наявність лугів знижує її.



Рисунок 3 – Установка для одержання електролізного натрію гіпохлориту

Доза озону залежить від призначення озонованої води. Якщо озон вводять тільки для зnezараження в фільтровану воду (після її попереднього коагулювання і освітлення), то дозу озону беруть $1...3 \text{ мг/дм}^3$, для підземної води – $0,75...1 \text{ мг/дм}^3$, у разі введення озону для знебарвлення та зnezараження забрудненої води доза озону може доходити до 5 мг/дм^3 . Тривалість контакту води, яку зnezаражують, з озоном – $8...12 \text{ хв}$.

Внаслідок високого окисного потенціалу бактерицидна дія озону, введеного в воду, сильніша, ніж у інших хімічних агентів. Тому озон повністю забезпечує зnezараження води від бактерій, якщо вода попередньо освітлена або якщо каламутність природної води нижче 3 мг/дм^3 .

За підвищеного бактеріального забруднення вододжерела або за наявності в ньому патогенних мікроорганізмів, ентеровірусів і цист лямблій, стійких до дії традиційного хлорування, озон особливо ефективний.

Слід зазначити відмінності в дії озону на бактерії, що містяться у воді, порівняно з дією хлору. Зі збільшенням інтенсивності хлорування поступово збільшується число відмираючих бактерій. Тим часом озонування викликає раптову різку і повну бактерицидну дію, відповідну певній критичній дозі озону.

Озон діє не тільки на окисно-відновну систему бактерій, але і безпосередньо на протоплазму, тоді як хлор – тільки на ферменти мікробіальної клітини. Для руйнування вірусу поліомієліту необхідно піддавати воду впливу хлором протягом 1,5...3 годин за доз окисника 0,5...1 мг/дм³. У той же час озон руйнує ці віруси за 2 хв за концентрації його у воді 0,05...0,45 мг/дм³. Це безпосередньо пов'язано зі здатністю озону в процесі розкладання утворювати радикали HO[•] та HO₂[•]. Через їхні малі розміри вони мають виняткову здатність проникати крізь мембрани в клітини мікроорганізмів, знищуючи ДНК і РНК клітин.

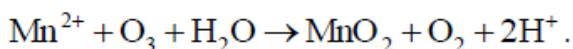
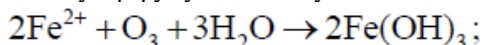
Озон має високу ефективність також у знищенні спорових бактерій, цист і багатьох інших патогенних мікроорганізмів. Дія озону на спорові бактерії в 300...600 разів сильніша, ніж хлору. Озон адсорбує і окиснює гумінові кислоти, що викликають кольоровість води. Відсутність у воді хімічних речовин, які швидко реагують з озоном, дає змогу провести ефективно руйнування E.coli за концентрації розчиненого озону 0,01...0,04 мг/дм³.

Результатом численних досліджень встановлено: залишковий озон в кількості 0,4...1,0 мг/дм³, що зберігається протягом 4...6хв, забезпечує знищення хвороботворних вірусів, і в більшості випадків такого впливу цілком достатньо, щоб зняти всі мікробіальні забруднення.

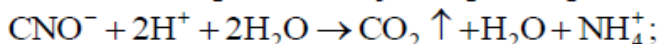
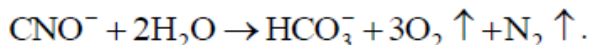
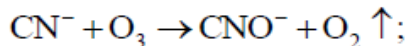
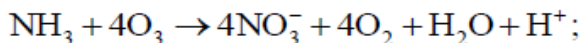
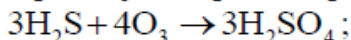
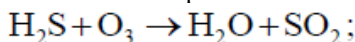
Порівняно із застосуванням хлору, що підвищує токсичність очищеної води, визначеної за гідробіонтами, застосування озону сприяє зниженню токсичності.

З гігієнічного погляду озонування – один з кращих способів знезараження питної води. За високого ступеня знезараження воно забезпечує її найкращі органолептичні показники і відсутність високотоксичних і канцерогенних продуктів в очищеній воді.

Озон може бути застосований для видалення з води феруму та мангану в тих випадках, коли знеферумнення і деманганція води у звичайний спосіб неможливі. Це відбувається, якщо ферум або манган містяться у воді у вигляді органічних комплексних сполук або колоїдних частинок. Озонування води викликає окиснення цих сполук і осадження сполук феруму та мангану.



Особливо ефективний озон у випадку очищення води, забрудненої фенольними сполуками, гідрогену сульфідом, сульфурними і ціаністими сполуками та іншими речовинами, що викликають неприємний запах води:



Найбільш економічний промисловий метод одержання озону – пропускання повітря або кисню через генератор озону (озонатор), де відбувається електричний високовольтний розряд (5000...25000 В). Генератор озону складається з двох електродів: у вигляді двох паралельних пластин або у вигляді двох концентричних трубок, розташованих на невеликій відстані одна від одної. Продуктивність апаратів і питома витрата електроенергії залежать від вмісту вологи у повітрі, що подається в озонатор, температури, вмісту кисню, конструкції озонатора. Тому повітря перед подачею в генератор озону пропускають через фільтр і осушують силікагелем або алюмінію оксидом (Al_2O_3). У генераторі під дією тихого електричного розряду виходить озон, але не в чистому вигляді, а в суміші з повітрям. Концентрація озону в цій озono-повітряної суміші коливається в межах значень від 2 до 12 г/м³. Значення концентрації залежить від конструкції озонатора. Оскільки електричний розряд супроводжується виділенням теплоти, в апаратах передбачають водяне охолодження електродів. Оскільки озон – дуже токсичний газ (ГДК в повітрі зони – 0,0001 г/м³), схеми процесів озонування води передбачають його повне використання і рекуперацію. Крім того, до складу озонаторного обладнання, як правило, входить спеціальний дегазатор (деструктор) озону. Установки для одержання озону та озонування води наведено на рис. 4.



Рисунок 4 – Установки для одержання озону та озонування води

Озонування є єдиним сучасним методом оброблення води, який дійсно універсальний, оскільки проявляє свою дію одночасно в бактеріологічному, фізичному і органолептичному відношенні. З хімічного погляду мінеральні речовини, які розчинені у воді і визначають її якісний склад, після озонування не змінюються.

Оброблення води надмірною кількістю озону не тягне жодних небажаних наслідків: надмірний озон, будучи нестійким, протягом декількох хвилин перетворюється в кисень. Хлор, на відміну від озону, дає з деякими речовинами складні сполуки, що викликають появу різких запахів. Типовий приклад – хлорування води, що має домішки фенолів. В цьому випадку хлорована вода набуває вельми неприємні присмак і запах, навіть якщо феноли присутні в незначній (1 : 100 000) пропорції.

Метод озонування технічно складний, вимагає великих витрат електроенергії і використання складної апаратури, для якої потрібно висококваліфіковане обслуговування.

Необхідно враховувати деякі особливості озонування. Перш за все, потрібно пам'ятати про швидке руйнування озону, тобто відсутність такої тривалої дії, як у хлору.

Озонування може викликати (особливо у висококольорових вод і вод з великою кількістю органіки) утворення додаткових осадів, тому потрібно передбачати після озонування фільтрування води через активоване вугілля. В результаті озонування утворюються побічні продукти такі як: альдегіди, кетони, органічні кислоти, бромати (в присутності бромідів), пероксиди та інші сполуки. Деякі речовини стійкі до озону. Цей недолік долається введенням в воду гідрогену пероксиду за технологією фірми «Дегремон» (Франція) в трикамерному реакторі.

Недоліком процесу озонування є швидке розкладання залишкового озону в очищеній воді. У трубопроводах централізованого водопостачання попередньо оброблена вода втрачає свої властивості. У разі тривалого транспортування озон розкладається і у воді виявляють різні мікроорганізми, що пояснюють недостатньою післядією озону і реактивацією частини пошкоджених мікроорганізмів. Для підтримування бактерицидної стабільності використовують метод мікрохлорування.

Використання інших окисників для знезараження води. Інші неорганічні окисники (KMnO_4 , MnO_2 (піролюзит, є каталізатором окисних процесів), H_2O_2) характеризують досить високою бактерицидною дією, але в промисловому водопідготовленні практично не використовують через високу вартість або токсичність.

Калію перманганат (KMnO_4) добре окиснює органічні сполуки (толуол, етилбензол, ізопропілбензол) і неорганічні сполуки (гідразин, гідроксиламін). Мангану (IV) оксид (MnO_2) є каталізатором для окиснення багатьох органічних речовин (фенолів, формальдегіду, сульфурвмісних сполук) у разі використання в якості окисника озону, кисню повітря, гідрогену пероксиду. Гідрогену пероксид

використовують для окиснення нітритів, альдегідів, фенолів, ціанідів, відходів, що містять сульфур, активних барвників; токсичний.

3. Фізичні методи знезараження води. До фізичних методів знезараження належать такі методи: термічний, акустичний (ультразвуковий), електроімпульсний, радіаційний та опромінення ультрафіолетовим світлом.

Електроімпульсний спосіб є досить новим способом знезараження води. Він ґрунтується на використанні імпульсних електричних зарядів (ІЕР). Суть методу полягає у виникненні електрогідралічного удару (ефект Л.А. Юткіна). Вода, оброблена ІЕР, набуває бактерицидні властивості, які зберігаються до 4 місяців. Головний недолік методу – висока енергоємність і отже дорожнеча.

Для *радіаційного знезараження* використовують гамма- випромінювання ізотопу Co^{60} . Метод не знайшов широкого використання у промисловості.

Термічний метод полягає в кип'ятінні води. Він є дуже енергоємним і не забезпечує повного знезараження.

Акустичний метод знезараження води. Акустичний метод характеризується високою ефективністю. У випадку реалізації цього методу у воді спеціальними пристроями генеруються ультразвукові коливання (рис. 5), що викликають утворення мікроскопічних бульбашок, які швидко руйнуються (лопаються). Це явище називають кавітацією. Газ, що знаходиться всередині таких пустот, має настільки високий тиск і температуру, що в момент їх руйнування відбувається світіння бульбашок (звукolumінесценція). В результаті створення великого перепаду тиску, що доходить до десятків тисяч атмосфер, відбувається пошкодження клітинної оболонки і, як наслідок, загибель шкідливого мікроорганізму.

Установка для ультразвукового знезараження води наведена на рис. 6 (б – спільне знезараження води ультразвуком та УФ-випромінюванням).

Перевагою використання ультразвуку є його нечутливість до каламутності і кольоровості води, характеру і кількості мікроорганізмів, а також наявності у воді розчинених речовин. Недолік – дорогий спосіб.

Знезараження води в спосіб ультрафіолетового опромінювання. Ультрафіолетовим називають електромагнітне випромінювання в межах діапазону хвиль понад 10 до 400 нм. Для знезараження використовують «ближню область»: 200...400 нм (довжина хвиль природного ультрафіолетового випромінювання біля поверхні Землі більше 290 нм). Найбільшу бактерицидну дію має електромагнітне випромінювання на довжині хвилі 200...315 нм з максимальним проявленням в області 260 ± 10 нм. У сучасних УФ-пристроях застосовують випромінювання з довжиною хвилі 253,7 нм.



Рисунок 5 – Ефект кавітації в процесі оброблення води ультразвуком

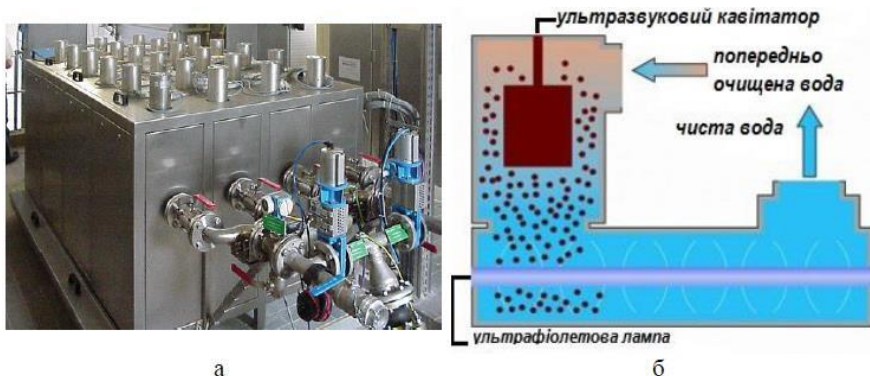


Рисунок 6 – Установки для знезараження води акустичним способом

Метод УФ-дезінфекції відомий з 1910 р., коли було побудовано перші станції для оброблення артезіанської води у Франції і Німеччині. Бактерицидну дію ультрафіолетових променів пояснюють фотохімічними реакціями в структурі молекули ДНК і РНК, що відбуваються під їх впливом. Результатом є незворотні пошкодження ДНК і РНК. Крім того, дія ультрафіолетового випромінювання викликає порушення в структурі мембран і клітинних стінок мікроорганізмів. Все це в кінцевому підсумку призводить до їх загибелі.

УФ-стерилізатор (рис. 7) є металевим корпусом, всередині якого знаходиться бактерицидна лампа. Її, в свою чергу, вміщують в захисну кварцову трубку. Вода омиває кварцову трубку, обробляється ультрафіолетом і відповідно знезаражується. В одній установці може бути кілька ламп. Установки для знезараження води наведено на рис. 8. Знезараження УФ-випромінюванням рекомендується застосовувати для оброблення води, яка відповідає таким вимогам:

- каламутність – не більше 2 мг/дм^3 ;
- кольоровість – не більше 20 градусів платино-кобальтової шкали;
- вміст феруму (Fe) – не більше $0,3 \text{ мг/дм}^3$;

– коли-індекс – не більше 10000 шт./дм³.

Досвід застосування ультрафіолету показує: якщо в установці доза опромінення забезпечується не нижче певного значення, то гарантується стійкий ефект знезараження. У світовій практиці вимоги до мінімальної дози опромінення варіюються в межах від 16 до 40 мДж/см².

Переваги знезараження води в спосіб УФ-опромінювання такі:

1. Найменш «штучний» спосіб.
2. Універсальність і ефективність ураження різних мікроорганізмів – УФ-промені знищують не тільки вегетативні, але і спороутворюючі бактерії, які під час хлорування звичайними нормативними дозами хлору зберігають життєздатність.
3. Зберігається фізико-хімічний склад оброблюваної води.

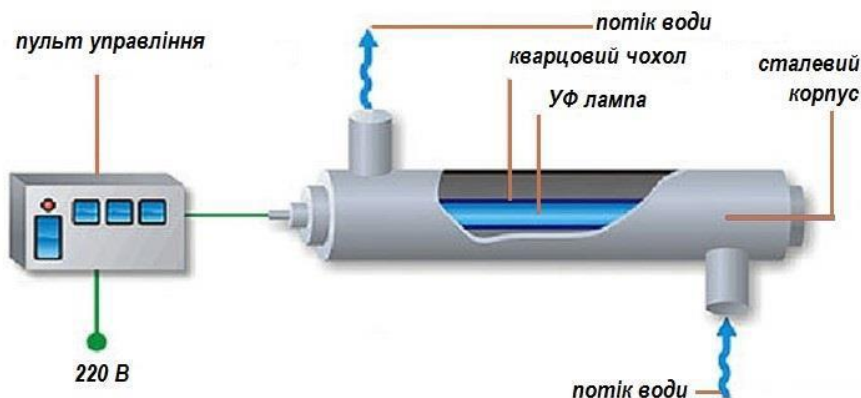


Рисунок 7 – Ультрафіолетовий стерилізатор



Рисунок 8 – Установки для знезараження води в спосіб УФ- опромінювання

4. Відсутність обмеження за верхньої межі дози.

5. Не потрібно організовувати спеціальну систему безпеки, як під час хлорування і озонування.

6. Відсутні вторинні продукти.

7. Не потрібно створювати реагентне господарство.

8. Обладнання працює без спеціального обслуговуючого персоналу.

Отже, в співвідношенні «якість знезараження – ціна» метод краще інших.

Але цей метод знезараження має деякі недоліки:

1. Падіння ефективності у випадку оброблення погано очищеної води (каламутна, кольорова вода погано «просвічується»).

2. Необхідність періодичного відмивання ламп від нальотів осадів у разі оброблення каламутної і жорсткої води.

3. Відсутня післядія, тобто можливе вторинне (після оброблення УФ-опромінюванням) зараження води.

Питання для самоперевірки:

1. Опишіть знезараження води хлоруванням.

2. Вкажіть чинники, що впливають на ефективність хлору.

3. Назвіть область застосування хлорування.

4. Вкажіть переваги та недоліки хлорування.

5. Опишіть знезараження води озонуванням.

6. Вкажіть чинники, що визначають дозу озону.

7. Охарактеризуйте знезараження води ультрафіолетовим опроміненням.

8. Наведіть недоліки, переваги та область застосування акустичного методу знезараження води.

Модуль 3. ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБЛЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ СИРОВИНИ

Тема 3.1. Технологія переробки зерна на борошно

1. Борошномельні якості зерна.
2. Підготовка зерна до помелу.
3. Помел зерна в борошно.
4. Вимоги до якості борошна та його зберігання.

1. Виробничий процес на млині можна розділити на 5 основних етапів:

- прийом зерна;
- зберігання зерна на млині;
- підготовка зерна до помелу;
- помел зерна в борошно;
- вибій і зберігання борошна.

Термін «борошномельні якості зерна» містить у собі сукупність його властивостей, що визначають організацію технологічного процесу, його параметри, вихід і якість борошна.

Борошномельна властивість зерна визначається співвідношенням між окремими його частинами та хімічним складом. За анатомічним складом зернівка складається: плодові оболонки пшениці - 4,2-6,3%, жита - 4,8-5,5%, насінні оболонки пшениці - 3,1-4,8%, жита - 1,9-2,8%, алеїроновий шар пшениці 6-10, жита 10-13%, зародок пшениці 1,4-3,1, жита 3,4-4,0%. І сама цінна частина зернівки - ендосперм: пшениця містить 74-85% а жито-75-79%. Зерно жита за будовою і співвідношенням складових частин подібне до зерна пшениці, але між ними існують деякі відмінності. Зерно жита використовують переважно для виробництва обойного і сіяного борошна, при виробництві цього борошна не потрібно ретельно відокремлювати оболонки від ендосперму. Зерно жита містить менше білків, ніж зерно пшениці. Крім того білки жита не утворюють зв'язної клейковини через наявність значної кількості слизей, які і перешкоджають формуванню в'язкої клейковини. Крохмалю в зерні жита менше, але він легко клейстеризується порівняно із пшеничним. За харчовою цінністю житній хліб не поступається пшеничному, а біологічна цінність житнього хліба вища, оскільки білок у ньому краще збалансований за вмістом амінокислот. В житньому хлібі міститься більше деяких вітамінів, особливо групи В і мінеральних речовин.

Для пшениці до борошномельних властивостей відносяться склоподібність, зольність, натурна маса, крупність зерна; до непрямих показників - вологість і засміченість.

Склоподібні пшениці дають більший вихід борошна, особливо борошна вищих сортів. У склоподібній пшениці ендосперм являє собою монолітну масу, що складається з крохмалю і білкових речовин, у якій крохмаль міцно зв'язаний з білком.

Чим більше зольних елементів у зерні, тим більша зольність борошна,

отриманого з цього зерна. Зольність зерна м'якої пшениці коливається від 1,26 до 2,97 %, а твердої - від 1,32 до 3,04 %.

Більш висока натура вказує на кращий розвиток ендосперму, а, отже, на кращі борошномельні якості зерна. Чим вище натура зерна, тим вище вихід продукції. Натурна маса коливається від 620 до 870 г/л.

Велике і дрібне зерно розрізняється за своєю якістю. Зерно дрібне має більш високий вміст оболонки, а вміст ендосперму у ньому занижений.

Зародок у шуплому зерні розвинений нормально, і тому він складає великий відсоток від загальної маси зерна. Зольність дрібного зерна вища. При розмелі дрібного, а тим більше шуплого зерна знижується вихід і якість борошна.

Вміст вологи в зерні впливає на технологічні і структурно-механічні властивості зерна. Вологе зерно (16-18 %) через свою пластичність важко піддається подрібнюванню. При цьому зростає питома витрата енергії, знижується вихід продукту. Сухе зерно легко піддається подрібнюванню, але крихкі оболонки зерна легко подрібнюються і, потрапляючи в борошно, підвищують його зольність.

Від вмісту домішок залежить не тільки вихід, але і якість борошна.

Жито характеризується тими ж показниками, що і пшениця. Однак порівняно з пшеницею воно містить менше ендосперму і більше оболонки; склоподібність низька, зольність зерна 1,5-2,3 %, натурна маса 710-750 г/л.

До якості зерна, яке переробляють на борошно, ставлять такі вимоги, %: вологість – не вище 12,5-13,5; сміттєві домішки – не більше 2; шкідливі – не більше 0,20; зернові – не більше чотирьох для пшениці та жита, не більше трьох пророслих зерен. Кількість клейковини в зерні для сортового помелу повинна бути не менше 25%, а для дертьового – не менше 20%.

2. Підготовка зерна до помелу передбачає: попереднє очищення зернової маси від домішок, обробку поверхні зерна й остаточне його очищення, гідротермічну обробку зерна (кондиціонування), змішування зерна різної якості (складання помольних партій).

У підготовчому відділенні борошномельного заводу із зернової маси видаляють органічні і мінеральні домішки за допомогою сепараторів, аспіраторів, кукіле- та вівсюговідбірних машин (трієрів), магнітних сепараторів, очищають поверхню зерна від бруду, видаляють борідку, оболонки і зародок. Наступний етап підготовки зерна до помелу - обробка його поверхні. На цій стадії з поверхні видаляють частки ґрунту і пил, що попадають на зерно при збиранні та зберіганні, а також значну частину мікроорганізмів. При обробці поверхні зерна відбувається також відділення оболонки. Поверхню зерна обробляють сухим способом за допомогою оббивальних і щіткових машин або мокрим способом у мийних машинах.

Для знезараження зерна передбачені ентолейтори, в яких знищення живих довгоносоків відбувається в результаті ударного впливу обертового ротора.

Мийка зерна і зволоження поліпшують ступінь його продовольчого використання. Здійснюється ця операція в машинах двох типів: у водоструминних для додавання води в крапельному стані і водорозпильних для додавання води в

розпиленому стані. Застосовуються комбіновані мийні машини. При мийці очищується поверхня зерна, відокремлюються важкі і легкі домішки, шуплі зерна, видаляються мікроорганізми. Зволоження і наступне відволожування викликає фізико-біологічні зміни в зерні, у результаті яких полегшується відділення оболонки від зерна при незначних втратах ендосперму.

Для збільшення виходу борошна і покращення його якості після очищення зерна другою важливою операцією підготовки його до помелу є його кондиціонування. Кондиціонування зерна це його волого-теплова (ВТО) або гідротермічна обробка (ГТО). В результаті кондиціонування зерна посилюється еластичність оболонки та послаблюються зв'язки між оболонками та ендоспермом, покращуються біологічні властивості зерна і борошна, підвищується якість клейковини у пшеничному борошні, знижується відносна зольність борошна, підвищується активність ферментів. Задача ГТО полягає в тім, щоб так змінити міцність ендосперму і оболонки, щоб при помелі одержати продукти з окремих анатомічних частин зерна.

На взаємодію зерна з водою впливають його сорбційні властивості, параметри вологоносія та навколишнього середовища. Зерно більших розмірів поглинає воду повільніше, тому що його поверхня по відношенню до одиниці маси менша в порівнянні із дрібним і шуплим зерном. Зерно з високою скловидністю поглинає воду повільніше, тоді як зерно з борошнистим ендоспермом - досить інтенсивно. У зерновій масі окремі зерна мають різну водовбирну здатність. Так при середній вологості зерна 16,2%, вологість окремих зерен може становити від 14 до 35%. Вміст води в різних частинах зернівки також не однаковий. Якщо вологість ендосперму менша за вологість зерна на 0,9-1,7%, то вологість оболонки більша на 8-14%, при чому в ендоспермі вода поширюється повільніше, ніж в оболонках. Процес взаємодії зерна з водою поділяють на три етапи:

1. Початковий - тривалістю 0,5-1 год. (відбувається вологонасичення насінних оболонки, алеїронового шару і зародка)

2. Основний - тривалістю 5-12 год. (волога проникає в ендосперм)

3. Заклучний - триває добу і завершується розподілом води по всіх частинках зернівки. Кількість води, яка поглинається зерном, залежить від температури. З підвищенням його вбирна здатність збільшується. При підвищенні температури зростає кінетична енергія молекул води і відповідно зростає інтенсивність внутрішнього перерозподілу води в зерні. Розрізняють холодне і гаряче кондиціонування зерна. Найпоширенішим способом гідротермічної обробки є холодне кондиціонування, яке може бути без підігрівання зерна і води та з підігріванням. Холодне кондиціонування без підігрівання зернової маси і води проходить за умови, що температура зерна і води не нижче 18-20°C, тобто влітку. Взимку, коли температура зерна і води нижча і утруднюються умови проникнення води в зерно, проводять холодне кондиціонування з підігріванням. При цьому температуру зерна доводять до 20-25°, а води до 40-50° С. Основним недоліком холодного кондиціонування зерна є необхідність тривалого його відволожування. Що потребує будівництва бункерів великої місткості Для гарячого кондиціонування використовують спеціальні кондиціонери. Зерно зволене до 15- 16% проходить

теплову обробку в кондиціонері при температурі 45-57°C. Температурний режим обробки зерна і його тривалість залежать від якості клейковини, скловидності та інших показників.

Безпосередньо перед помелом зерно дозвожують на 0,3-0,5 % і після відволоження протягом 20-40 хвилин направляють на помел.

Перед помелом із зерна, різного за якістю, складають помольні партії. Помольні партії - це змішування зерна, наприклад пшениці, за одним з показників - вологістю, зольністю, склоподібністю, вмістом клейковини.

Складена суміш повинна забезпечувати виробництво борошна з максимальним виходом, високими показниками за білизною, зольністю і хлібопекарськими якостями.

Змішування зерна - найкращий спосіб використання зерна зі зниженими борошномельними і хлібопекарськими властивостями.

При оцінці хлібопекарської якості пшениці особливе значення надається її силі. Поняття «сила пшениці» є інтегральним показником і характеризує здатність борошна з цього зерна давати хліб високої якості з максимальним виходом. Сила пшениці в першу чергу пов'язана з кількістю і властивостями її клейковинного білка (якістю).

Залежно від здатності давати борошно визначеної якості зерно підрозділяють на три групи: сильне, середнє і слабке.

Сильні пшениці називають пшеницями-поліпшувачами за їхню здатність при змішуванні з зерном слабкої пшениці давати можливість одержувати борошно високої якості. Середні за вказаними показниками пшениці такою змішувальною здатністю не володіють, але при використанні для помелу таких пшениць одержують борошно досить високої якості. Використання слабких пшениць без застосування пшениць-поліпшувачів не дозволяє одержувати борошно, що задовольняє вимогам хлібопекарської промисловості.

3. Помел (найважливіша стадія технологічного процесу виробництва борошна) - це сукупність процесів і операцій, проведених із зерном.

З однієї і тієї ж партії зерна при помелі вдається одержувати різні сорти борошна, що відрізняються хімічним складом, харчовою цінністю, органолептичними і технологічними властивостями. Однією із задач помелу є одержання борошна з однорідним гранулометричним складом. Основні вимоги до процесу подрібнення зерна пшениці і жита при сортових помелах зводяться до одержання максимальної кількості проміжних продуктів у вигляді крупок і дунстів високої якості, їх шліфування та повного подрібнення на борошно.

При виробництві обойного борошна помел використовують для подрібнення усіх анатомічних часток зерна до частин однакового розміру.

При виробництві сортового борошна значному подрібнюванню підлягає лише ендосперм, а зародок, оболонки і алеїроновий шар виділяють у вигляді висівок.

Разові помели застосовують лише для подрібнення зерна, яке призначається для корму сільськогосподарських тварин.

Процес подрібнення зерна пшениці складається з трьох етапів:

1. крупоутворювання з вилученням оболонок, так званий драний процес.
2. збагачення проміжних продуктів - так званий шліфувальний процес.
3. тонке подрібнення збагачених проміжних продуктів з вилученням оболонок, що лишилися - так званий розмелювальний процес.

Кожний етап у свою чергу складається із систем, кількість яких визначається видом помелу і технічним оснащенням заводу. Системи на яких подрібнюють зерно і його часточки, називаються драними або крупо утворювальними, і позначаються римськими цифрами(I,II,III і так далі) Системи, на яких подрібнюють проміжні продукти (крупки і дунсти), мають назву розмельних і позначаються арабськими цифрами(1,2,3 і так далі). На сучасних млинах борошно отримують шляхом багатократного і поступового подрібнення зерна на вальцових станках з подальшим просіюванням отриманих продуктів (рис 1).

Основним апаратом для подрібнення зерна і крупок є вальцовий станок. Після проходження вальцового станка подрібнений продукт попадає в апарат для просіювання - розсів. Поєднання вальцового станка і розсіву у борошномельному виробництві має назву системи.

Робочим органом вальцового станка при драному процесі є чавунні валки, які мають сталіне покриття. Валки обертаються назустріч один одному з різними швидкостями, які відносяться як 1:1,5; 1:2; 1:2,5 та ін. Відстань між валками змінюється залежно від стану помелу. На першій системі, на яку поступає ціле зерно, вона максимальна, потім поступово зменшується. Поверхня валків має рифлі, глибина яких від першої до наступних систем також зменшується.

Через те, що валки у дертьових системах обертаються з різною швидкістю, зерно між валками не розплющується, а ніби розгортається навколо своєї осі, при цьому з зерна сколюється оболонка, а утворення дрібних часток мінімальне.

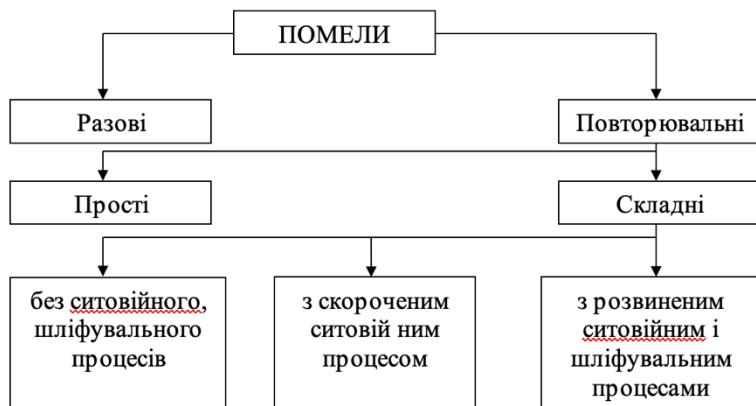


Рисунок 1 - Схема класифікації помелів пшениці і жита, в основу якої покладено кратність здрібнення зерна.

Валки розмельних систем не мають рифлів і обертаються з однаковою швидкістю. На цих системах проводять подрібнення часток ендосперму до розміру часток борошна (рис.2).

Отримані з перших обдирних систем продукти за допомогою розсіву сортують на крупні (більше 1000 мкм) і дрібні (350-1000 мкм) крупки, дунсти (170-350 мкм) і борошно (менше 170 мкм).

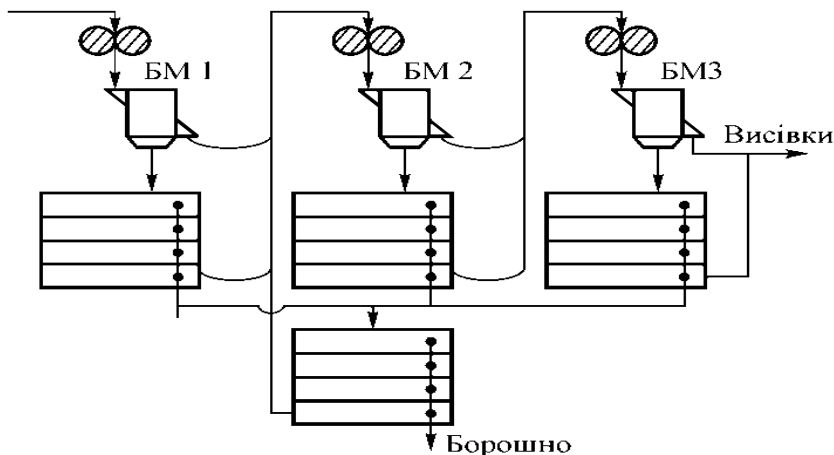


Рисунок 2 – Технологічна схема простих повторювальних помелів

Крупні і дрібні крупки наряду з ендоспермом можуть мати і деяку кількість оболонок, для відділення яких використовують спеціальні вальцеві станки. Цей процес обробки проміжних продуктів називають шліфувальним. Шліфуванням у борошномельному виробництві називається звільнення крупок (крупних, середніх і дрібних) від оболонок, що зрослися з ними, пропусканням через шліфувальні системи. При сортових помелах пшениці залежно від продуктивності заводу використовують 5-7 шліфувальних систем. Після шліфування великі крупинки стають середніми, середні дрібними, а дрібні - дунстами. Режим роботи шліфувальних систем має забезпечувати якнайповніше відокремлення оболонок від крупок з найменшим подрібнення останніх та мінімальним утворенням борошна (не більше 12- 15%).

Крупки, які отримані з різних систем, у тому числі шліфувальних, можуть різнитися за кількістю ендосперму. Якщо крупки отримані з центральних часток ендосперму, то вони мають низьку зольність. Якщо ж крупки отримані з периферійних часток зерна, то вони мають частки алейронового шару, що підвищує їх зольність. Тому крупки необхідно сортувати за якістю. Цей процес має назву збагачення і здійснюється за допомогою ситовійних апаратів.

На ситовійних машинах крупки і дунсти сортують за розміром і щільністю.

Ситовіалки працюють наступним чином: продукт, що сортують, подається на нахилені сита, які роблять зворотно-поступальні рухи, і знизу сит подається повітря, у потоці якого утримуються більш легкі частки (менш якісні крупки), а важкі крупки з чистого ендосперму легко проходять через сита.

Одна з фракцій крупної крупки, яку отримують з ситовіалок - манна крупа, вихід якої при помелі пшениці 2-3 %.

Крупки, які розділені за допомогою ситовійних машин з урахуванням їх якості, направляють на вальцові станки шліфувальних або розмелювальних систем. Але за один пропуск через вальцовий верстат увесь продукт, що надходить, не може бути подрібнений до розміру часток, які відповідають борошну. Тому розмельний процес ведуть на кількох системах.

На перших розмельних системах переробляють крупки з найменшою кількістю оболонок і отримують борошно вищої якості.

На наступних системах ведуть помел часток, які не подрібнені на перших розмельних системах, і продуктів, які мають оболонки, при цьому отримують борошно I та II гатунків.

Прості повторювальні помели застосовують для отримання житнього або пшеничного борошна (обойного). Вихід борошна до маси, яка поступає на переробку зерна, для житнього борошна - 95 %, а пшеничного - 96 %, висівки відповідно 2 і 1 %.

Борошно обойне отримують при одночасній роботі трьох вальцових станків. Особливістю схеми обойного помелу є наявність бичевих машин, на яких продукт після вальцового станка додатково подрібнюється, після чого на розсів поступає тільки 50 % від загальної кількості продукту, що в цілому підвищує ефективність виробництва.

Складні повторювальні помели можуть складатися з одночасної роботи чотирьох-п'яти драних систем і 10-11 розмельних систем. На них отримують різні сорти борошна.

4. Борошно - це харчовий продукт, одержаний у результаті подрібнювання зерна різних культур.

За видом злаку розрізняють борошно пшеничне, житнє, кукурудзяне, ячмінне та інше. Борошно можуть виробляти із суміші зерна пшениці і жита: житньо-пшеничне (60 % жита і 40 % пшениці) і пшенично-житнє (70 % пшениці і 30 % жита). Основними видами борошна є пшеничне і житнє.

Борошно характеризують виходом. Вихід борошна - це кількість борошна, отримана з 100 масових часток зерна в результаті його помелу(%). При разових помелах вихід борошна складає в межах 95 -97%. Загальний вихід борошна при сортових помелах береться в межах 78%, тому що в нормально виповненому зерні пшениці вміст ендосперму досягає 79-85%. За виходом борошно може бути 72, 85 і 97,5 %.

Характеризують борошно також за сортами: крупчатка, вищий, I, II, обойне (для пшеничного) і обойне, обдирне, сіяне для житнього. Як правило виробляють трьох сортне борошно: вищий гатунок-10%, перший-35%, другий-33%,або

15,30,33, або 15,40,23 або 10,30,38 і можуть бути інші співвідношення. Крім того побічних продуктів: висівків-18,5%, відходів 1 і 2 категорії - 2,8%, 3-ої категорії - 0,7%. Разом 100%. Борошно різних виходів і сортів має різну поживність і засвоюваність, а також і різний смак. Борошно вищого і першого гатунку містить більше білків, особливо клейковини, ніж другого гатунку. Відповідно до державних стандартів «Борошно пшеничне», вміст клейковини (%) має становити у борошні: вищого гатунку – 25; першого – 24, другого – 21, дертьовому – 18.

Борошно є сировиною для ряду галузей харчової промисловості: хлібопекарської, кондитерської і макаронної. Відходи борошномельного виробництва у виді висівків та кормового борошна використовуються для готування комбікормів при годівлі худоби і птиці.

Якість борошна всіх видів і сортів нормується стандартами і має досить велику кількість показників, які можна поділити на дві групи:

1 - показники, характеристика яких і кількісний вираз не залежить від виходу і сорту борошна, тобто за цими показниками до будь якого борошна ставляться єдині вимоги. До цієї групи належать: свіжість, запах, хруст, вологість, зараженість шкідниками хлібних запасів, наявність шкідливих домішок і метало домішок.

2 - показники, що нормуються по різному для борошна різних виходів та сортів. До них належать: колір, зольність, крупність помелу, кількість і якість сирої клейковини. Кількість і якість сирої клейковини стосується тільки борошна із зерна пшениці. Наприклад - борошно пшеничне вищого гатунку: зольність не більше 0,55%, вміст сирої клейковини не менше 28%, крупність помелу від 0,01 до 0,05мм. Борошно першого гатунку: зольність не більше 0,75%, вміст сирої клейковини не менше 26%, крупність помелу від 0,06 до 0,08мм. Борошно другого гатунку: зольність не більше 1,25%, вміст сирої клейковини не менше 25% і крупність помелу від 0,09 до 0,19мм. Колір борошна вищого гатунку - білий або кремовий із жовтуватим відтінком, першого гатунку - білий або білий з жовтим відтінком, другого гатунку - білий з жовтуватим або сіруватим відтінком.

Свіжість. Борошно повинно мати слабкий специфічний запах (борошняний), наявність інших запахів (сорбційних або розкладу) свідчить про певний ступінь дефектності борошна. Свіже борошно має прісний смак, при тривалому розжовуванні борошна смак його стає солодкуватим у результаті дії ферменту слини амілази на крохмаль. Гіркий, кислий і солодкий смак характерний для борошна, виробленого з дефектного зерна або для борошна, яке зіпсувалося при зберіганні. Хруст - дефект, поява якого в борошні є наслідком одержання його із зерна погано очищеного від мінеральних домішок або помелу на жорнах поганої якості. Іноді хруст з'являється в наслідок перевезення мішків з борошном в неочищених кузовах машин або розміщення борошна в погано очищених складах. Хруст відчувається при розжовуванні борошна. Цей ефект передається і печеному хлібу. Наявність хрусту в борошні не допускається. Вологість. Борошно вважається стандартним, якщо його вологість становить в межах 15%. При вищій вологості борошно погано зберігається, швидко прокисає, пліснявіє і самозгрівається. Дуже низька вологість борошна також негативно впливає на його зберігання. Борошно з вологістю 9-13% гіркне при

зберіганні значно швидше, ніж борошно, яке має вологість 14-15%. Зараженість шкідниками хлібних злаків. Борошно, в якому виявлено шкідників у будь якій стадії розвитку, відносять до нестандартного. Воно не повинно мати ознак зараженості, тому що це напівфабрикат, який йде на випікання хлібобулочних виробів. Шкідливі домішки допускаються в суворо визначених межах - не більше 0,05% від маси борошна. Шкідливі домішки у борошні можна виявити, але у зв'язку із складністю аналізів, шкідливі домішки визначають (перевіряють) у зерні після очищення перед розмелюванням. Якщо шкідливих домішок більше від норми, то зерно не можна використовувати для виробництва борошна. Наявність метало домішок. Такі домішки трапляються в борошні з кількох причин: у разі поганого очищення зерна, спрацюванні робочих органів машин таких як рифлів у вальцях, металевих сит. Тому всі проміжні продукти помелу і готове борошно на млинах пропускається через магнітні установки для відокремлення метало домішок. Наявність пророслих зерен. Кількість пророслих зерен у партії зерна, яке використовується для виробництва борошна, не повинна перевищувати 3%.

Борошно меш стійкий продукт при зберіганні ніж зернові маси. Під впливом факторів навколишнього середовища, передусім температури і вологості повітря відбуваються різноманітні процеси позитивного і негативного характеру. При зберіганні відбувається дозрівання борошна, що приводить до покращання якості порівняно із свіже змолотим.

Зміни, що відбуваються у борошні при зберіганні після помелу, такі:

- вологість наближається до рівноважного значення, яке дорівнює параметрам повітря;
- колір стає світлішим за рахунок окислення красильних пігментів борошна;
- кислотність підвищується за рахунок накопичення вільних, переважно ненасичених жирних кислот;
- знижується протеолітична активність, активованість білкових речовин і кількість активаторів протеолізу, за рахунок чого покращуються фізичні властивості клейковини і тіста, зростає водовбирна здатність борошна;
- цукро- і газотворююча здатність залишається практично незмінною або дещо знижується.

Прикладом явищ позитивного характеру є побіління борошна в перший період його зберігання і часто поліпшення його хлібопекарських властивостей Це стосується передусім пшеничного борошна. Побіління борошна відбувається в результаті окислення пігментів і перетворення їх в безколірний стан. Окислення найінтенсивніше відбувається в перші дні зберігання борошна. Поліпшення хлібопекарських якостей борошна при зберіганні дістало назву дозрівання. Вивчення цього явища показало, що воно полягає в поліпшенні колоїдних властивостей клейковини в результаті гідролізу жиру і специфічної дії на клейковину вільних ненасичених жирних кислот передусім олеїнової і ліноленової. Процес дозрівання відбувається при температурі 20-25°C вище нуля і майже не проявляється при низьких позитивних температурах. При тривалому зберіганні при плюсових

температурах в борошні проходять негативні процеси: воно перезріває в наслідок чого погіршуються властивості клейковини і зменшується об'ємний вихід хлібобулочних виробів. При нерівномірному обігріві або охолодженні мішка з борошном легко виникає явище термовологопровідності, в наслідок чого виникають активні мікробіологічні осередки. Активна діяльність мікроорганізмів спричиняє прокисання, пліснявіння і навіть самозігрівання борошна, воно стає непридатним для випікання хліба і булочних виробів та і взагалі для використання в їжу. Для борошна, яке зберігається декілька місяців слід виділяти сухі, добре продезінфіковані склади, без жодного запаху. За партіями борошна, яке зберігається, слід вести спостереження і насамперед перевіряти, чи не сталося зараження борошна шкідниками хлібних запасів. Шкідників насамперед треба шукати на поверхні мішків. Тому періодичне обмітання мішків жорсткою щіткою та перевірка зметеного звичайним порядком або краще за допомогою лупи дає детальне уявлення про наявність шкідників.

Питання для самоперевірки:

1. Яке значення має борошномельне виробництво у харчовій промисловості та які основні види борошна виробляють?
2. Які зернові культури використовують для виробництва борошна та які їх технологічні властивості?
3. Охарактеризуйте основні етапи технології переробки зерна на борошно (очищення, зволоження, помел, сортування).
4. Які методи очищення зерна застосовують перед помелом і яку роль вони відіграють у формуванні якості борошна?
5. Що таке кондиціонування зерна та яке його значення у борошномельному виробництві?
6. Які основні типи помелу зерна існують (простий, повторний, сортовий) і в чому їх відмінності?
7. Які фактори впливають на вихід і якість борошна та як оцінюють його технологічні властивості?

Тема 3.2. Технологія переробки зерна на крупу

1. Асортимент круп та сировина для їх виробництва.
2. Вимоги до зерна для одержання круп.
3. Схема технологічного процесу виробництва круп.
4. Показники якості круп.

1. Продуктом переробки зерна поряд з борошном є крупа і круп'яні вироби. Це другий за обсягом і значенням продукт із зерна після борошна. Крупа і вироби з неї мають високу харчову цінність. Використовуються вони для харчування і у промисловому виробництві, а також для виготовлення концентратів і деяких інших видів виробів. Науково обґрунтовані фізіологічні норми харчування людини передбачають доцільність систематичного введення в раціон харчування різних круп

у середньому на душу населення 14-15 кг на рік або приблизно 38-41 грам в день. Серед них перевага надається крупам із гречки – 25-30% від загальної потреби, рису – 18-20%, і бобових культур – 14-16%. Далі йдуть крупи із проса – 11-12%, пшениці – 10-13%, вівса – 7%, ячменю і кукурудзи – 4-5%. Перевага круп із гречки, рису і особливо бобових пов'язана із особливостями амінокислотного складу білків. Вони практично містять повний набір незамінних амінокислот, які не можуть вироблятися в організмі людини, а тому при їх споживанні вони доповнюють раціон харчування повноцінним білком. Усі крупи багаті на крохмаль і значною мірою на білки. Вони є досить калорійними продуктами, які при відповідній кулінарній обробці добре засвоюються організмом людини. Особливо потрібні крупи в раціоні дітей і людей похилого віку.

Круп'яні заводи України залежно від способу виробництва виробляють різноманітний асортимент круп'яної продукції, яку можна поділити на п'ять таких груп:

1. Крупи неподрібнені: рис (шліфований, полірований), пшоно, ядриця гречана, вівсяна неподрібнена, горох цілий, які одержують лушенням та подальшим обробленням лущеного зерна (ядра).

2. Крупи подрібнені шліфовані: перлова (з ячменю), Полтавська і Артек (із пшениці), кукурудзяна шліфована, які одержують відокремленням оболонок і зародка, подрібненням ядра і подальшим шліфуванням, поліруванням і сортуванням за розмірами (від 0,56 до 3,5 мм) на п'ять номерів.

3. Крупи подрібнені: ячнева (з ячменю), з вівса, кукурудзяна, які одержують подрібненням чистого ядра і сортуванням за розмірами (від 0,56 до 3,5 мм) на три номери.

4. Пластівці: продукт подальшого перероблення крупи. З ядра чи крупи одержують також «повітряний рис», «повітряну кукурудзу» тощо.

5. Крупи підвищеної поживної цінності, які одержують на основі суміші 2-3 видів розмеленої крупи із введенням збагачувачів тваринного чи рослинного походження. Крім того при помелах пшениці виробляють манну крупу.

Крупу, яку вироблено з більшості круп'яних культур, залежно від якості поділяють на сорти: вищий, перший та другий. Основні види, сорти, номери круп, їх вихід із зерна базових кондицій регламентовані Правилами організації та ведення технологічного процесу на круп'яних підприємствах.

Асортимент крупів та сировини для їх виробництва наведено в таблиці 1.

2. Круп'яні культури поділяють на два класи: 1) з міцним зв'язком (рис, ячмінь, кукурудза, пшениця) та зі слабким зв'язком (гречка, просо, овес) оболонки та ядра. Кожен клас має значні відмінності, які потребують різноманітних технологічних способів перероблення зерна круп'яних культур. Наприклад, гречка, просо, овес та рис належать до круп'яних культур, в яких плівки з ядром не з'єднані. У гречці всі три пелюстки плодової оболонки вільно огортають ядро і з'єднані з ним тільки в одній точці. У просі квіткові плівки також вільно огортають ядро і з'єднані тільки по одній лінії – рубчики. У вівсі квіткові плівки хоча й щільно огортають ядро,

але з ним не зрощені. Різні форми та міцність зв'язків оболонки з ядром потребують певних особливостей технологічних процесів перероблення зерна на крупу для кожного з перелічених видів сировини.

Таблиця 1 - Асортимент продукції круп'яних заводів

Сировина	Найменування та асортимент крупів і борошна	Номери і сорти
1	2	3
Рис	Рис шліфований	Вищий, перший і другий
	Рис полірований	
	Рис подрібнений шліфований	На сорти не поділяється
Гречка	Ядриця	Перший і другий сорти
	Проділ	На сорти не поділяється
	Ядриця швидкорозварювана	Перший, другий і третій сорти
	Проділ швидкорозварюваний	На сорти не поділяється
Просо	Пшоно шліфоване	Вищий, перший, другий, третій сорти
Овес	Крупа вівсяна неподрібнена	Вищий і перший сорти
	Крупа вівсяна плющена	Вищий і перший сорти
	Вівсяні пластівці	Геркулес, пластівці
	Толокно	На сорти не поділяється
Ячмінь	Крупа перлова	№1,2,3,4,5
	Крупа ячнева	№1,2,3
Горох	Горох цілий	Перший і другий сорти
	Горох колотий	Перший і другий сорти
Кукурудза	Крупа шліфована	№ 1, 2, 3, 4, 5
	Крупа крупна для пластівців	На сорти і номери не поділяється
	Крупа дрібна для паличок	Те саме
	Борошно	На сорти не поділяється
Пшениця тверда	Полтавська	№ 1, 2, 3, 4
	Артек	№1,2,3,4
	Крупи підвищеної поживної цінності:	На сорти і номери не поділяється
	Ювілейна, Здоров'я,	
	Спортивна, Піонерська,	
	Сильна, Південна,	
	Флотська, Союзна	

Наприклад, гречку та просо лущать на вальцедескових верстатах сколюванням та розминанням плівок, а овес – на лущильних посадах та оббивальних (бичових) машинах взаємним тертям та з використанням руйнівного удару.

Для круп'яних культур із міцним зв'язком оболонки із ядрами (ячмінь, пшениця, горох, кукурудза) для лущення використовують машини з інтенсивним стиранням (лущильно-шліфувальні) або машини багаторазового удару (оббивальні). Рис також лущать на лущильних посадах.

Властивості зерна різних культур не однакові. Проте будь-яке зерно повинно відповідати загальним вимогам: бути доброякісним, повноцінним, належно обробленим, мати сприятливі біохімічні властивості. Таким вимогам, як правило, відповідає зерно, вирощене в належних умовах.

При складанні партій круп'яного зерна, що направляється на переробку, не можна допускати змішування зерна різних видів, типів (розмірів, форми, технологічних властивостей зерна), різної вологості. Колір і запах зерна повинен бути характерним для нормального здорового, вміст домішок не повинен перевищувати 1% в горосі, до 3% в у гречці і просі, до 2% у пшениці, житі, зерні рису і ячменю. Встановлені мінімально допустимі норми вмісту ядра в зерні: для зерна гречки не менше 71%, проса – 74%, вівса – 60%, рису – 74%. Для інших культур не передбачено. Чим крупніше зерно, тим відносно до його маси менше оболонки, а в результаті вищий вихід крупи. Чим менша плівчастість, тим вищий вихід крупи. Плівчастість круп'яного зерна коливається в дуже широких межах і залежить від культури, сорту і району вирощування. Наприклад зерно рису має плівчастість від 17 до 25%, ячменю від 7 до 17%, вівса від 20 до 34%, гречки від 24 до 27%, проса від 18 до 25%. Вологість сировини має принципове значення для виходу і якості крупи. Для переробки зерно повинно поступати з вологістю не більше: ячменю – 15,5%, гречки – 13,5%, проса – 14%, вівса – 12%. Якщо низька вологість зерна вихід

3. Різноманітність видів зернових культур і широкий асортимент крупів, які з них виробляють, визначають обсяг і складність технологічних процесів у лущильному відділенні круп'яного заводу, вибір необхідного устаткування. Але, незважаючи на особливості перероблення окремих видів круп'яного зерна, в основу технологічної схеми покладено низку загальних принципів.

На рис. 1 показано операції, що передбачені в процесі вироблення крупів із цілого ядра та подрібнених круп. Як видно зі схеми, у лущильному відділенні виконують основні технологічні операції: сортування підготовленого до перероблення зерна за величиною, лущення, сортування продуктів лущення, подрібнення (різання) ядра, шліфування і полірування ядра, сортування та контроль крупів і побічних продуктів.

Сортування зерна перед лущенням на фракції за розмірами підвищує ефективність лущення. Що краще відсортоване зерно за розмірами, то вища ефективність роботи лущильних машин. Лущення несортованих на окремі фракції сумішей за однакового проміжку між робочими органами лущильних машин

призводить до подрібнення ядер великих зерен і знижує ефективність відокремлення оболонок під час оброблення дрібних зерен.

Зерно на фракції поділяють із застосуванням розсійників, крупосортувальних машин, у яких установлюють сита із круглими чи довгастими отворами різних – залежно від необхідної кількості фракцій та їх величин.

Лущення зерна – основна технологічна операція у виробництві крупів, вона найбільш енергомістка, значно впливає на всі техніко-економічні показники виробництва.

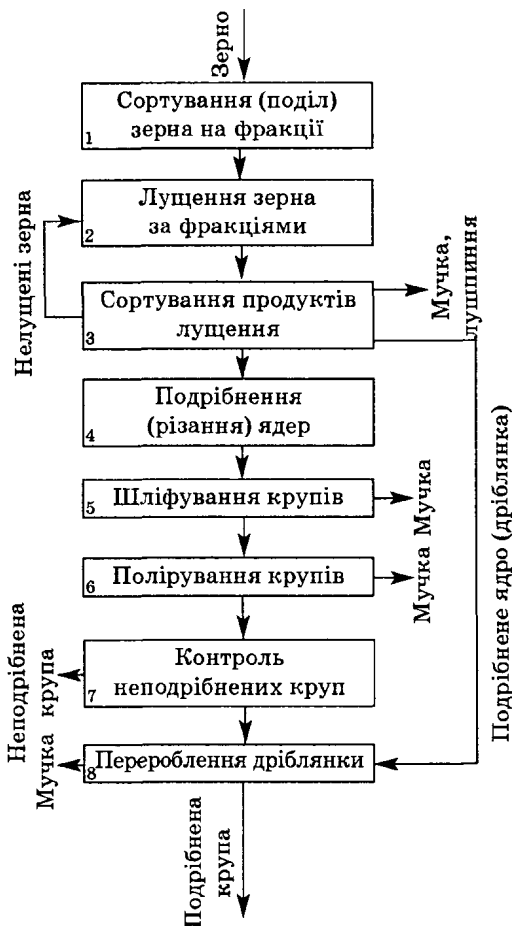


Рисунок 1 - Технологічна схема лущильного відділення крупозаводу

Лущенням відокремлюють незасвоєвані організмом людини квіткові оболонки рису, проса, вівса, ячменю, плодові оболонки гречки, пшениці, кукурудзи і насінні оболонки гороху. Ці культури розрізняються між собою анатомічною

будовою зерна, що визначає спосіб їх лушення, при виборі якого враховують міцність зв'язку оболонки із ядром, міцність самого ядра, форму зерна і вид вироблюваних крупів (із цілого ядра чи подрібненого).

Використовують п'ять основних видів лушильних машин: вальцедекові верстати, верстати з прогумованими валиками, лушильні верстати, лушильні машини з абразивними дисками та оббивні машини. Кожна з них придатна для лушення однієї чи двох визначених зернових культур і непридатна для інших. Принцип дії машин можна звести до трьох основних способів дії їх робочих органів на зерно під час лушення: лушення стисненням і зсувом, лушення багаторазовим биттям, лушення тертям абразивною поверхнею.

Під час лушення зерна стисненням і зсувом на зерно діють двома робочими поверхнями, відстань між якими менша за розмір зерна. Його застосовують для лушення зерна, оболонки в якого не зрощені з ядром. Використовують три основні машини: вальцедекові верстати (для проса і гречки), лушильні верстати (для рису і вівса), лушильники з прогумованими валиками (для рису і проса).

Лушення зерна багаторазовим биттям застосовують для зернових культур із міцним зв'язком ядра з оболонками (ячмінь, пшениця, овес). Для цього використовують оббивні машини з обертовими білами (бичами) і нерухомими сталевими чи абразивними поверхнями, як на млинах. Ці машини непридатні для лушення зерна круп'яних культур, у яких крихке ядро (рис, гречка). На круп'яних заводах оббивні машини іноді застосовують разом з іншими лушильними машинами. Недолік використання оббивних машин для лушення – підвищений вихід подрібненого зерна в результаті інтенсивної дії на продукт.

Лушення зерна тертям на абразивній поверхні використовують практично для зерна, оболонки якого міцно зрослися з ядром (ячмінь, пшениця, горох і кукурудза). Застосовують лушильно-шліфувальні машини АІ-ЗШН-З. Зерно для оброблення надходить у простір між абразивними кругами, що обертаються, і нерухомим перфорованим циліндром. Завдяки інтенсивному тертю під час просування зерна в робочій зоні відбувається відокремлення оболонки. Машини такого типу застосовують також для шліфування та полірування ядра.

Ефективність процесу лушення зерна для вироблення крупів оцінюють за двома показниками: коефіцієнтом лушення і коефіцієнтом цілості ядра. Коефіцієнт лушення характеризує процес кількісно і дає змогу визначити кількість лушених і недолушених зерен у відсотках. Коефіцієнт цілості ядра дає змогу оцінити процес лушення якісно і показує вихід цінного ядра по відношенню до сумарної його кількості (ядро + подрібнене ядро + мучка), одержаного в певній машині. Коефіцієнт цілості ядра характеризує якість лушення: що вищий вихід цілого ядра, то краще проведено лушення.

Із технологічних властивостей зерна найбільш важливі структурно- механічні (міцність ядра, міцність зв'язків оболонки з ядром тощо), величина вирівняності і вологості зерна. За однакового коефіцієнта цілості ядра, що дорівнює приблизно 95%, коефіцієнт лушення може бути (%): для вівса – 90-95, для рису – 85-90, для гречки –

50-60. Зі збільшенням коефіцієнта лущення збільшується вихід подрібненого ядра та мучки.

Сортування продуктів лущення. У результаті лущення ядра одержують різні за якістю та харчовою цінністю продукти: ядро, нелущене зерно, подрібнені частини ядра, мучку, лушпиння тощо. Ядро (лушене ядро) – найцінніший продукт, який після відповідного додаткового оброблення стає крупою. Нелущене зерно з невідокремленими оболонками направляють на додаткове повторне лущення для одержання з нього ядра.

Дві частинки подрібненого ядра за розмірами менші, ніж установлені стандартом для цілої крупи. Якщо його одержують у процесі перероблення рису, гречки, гороху, то після додаткового оброблення використовують як харчовий продукт.

Подрібнене ядро, одержане в процесі перероблення проса і вівса, використовують як цінний кормовий продукт. Мучка теж цінний кормовий продукт. Лушпиння використовують як кормовий продукт і для технічних потреб.

У процесі сортування продуктів лущення відокремлюють мучку, відсівають лушпиння, відокремлюють ядро від недолущених зерен. Подрібнене ядро і мучку відокремлюють сортуванням на просіювальних машинах-розсіюниках, крупосортувалках. Лушпиння відсіюють в аспіраційних колонках, аспіраторах.

Шліфування і полірування ядра. Після лущення на поверхні зерна залишаються частки оболонок, які містять клітковину, що не засвоюється організмом людини, частково – алейроновий шар і зародок. Відокремлення в результаті шліфування оболонок і алейронового шару поліпшує зовнішній вигляд крупів, підвищує їх поживну цінність, поліпшує кулінарні властивості, знижує тривалість варіння, зменшує водопоглинальну здатність тощо. Відокремлення зародка зменшує вміст жиру і тим самим поліпшує умови зберігання круп, оскільки жир є нестійким під час зберігання і може надавати продуктові присмаку гіркоти.

Виділяють два види шліфування: шліфування цілого і подрібненого ядра для виробництва номерних шліфованих крупів. Завдяки шліфуванню подрібнене ядро набуває круглої (кулеподібної) форми.

У процесі шліфування одержують значну кількість мучки, яка зростає зі збільшенням інтенсивності оброблення продукту: рису — до 10-11%, перлової крупи — до 40% та ін. У процесі шліфування утворюється також невелика, але небажана кількість подрібненого ядра. Ефективність процесу шліфування можна оцінити кількістю відокремленої мучки, зміною кольору крупів, зміною вмісту в крупі різних хімічних речовин (зольність, уміст заліза тощо).

Окрім шліфування, у технології оброблення деяких видів крупів (рис, горох) застосовують полірування ядра. Полірування поліпшує товарний вигляд круп: на поверхні ядра зникає мучка, згладжуються подряпини, що утворилися під час шліфування, поверхня крупів стає гладкою, полірованою. Полірування здійснюють на машинах, які за принципом дії аналогічні шліфувальним. Робочі органи цих машин виробляють із м'якого матеріалу – шкіри, тканини або іншого еластичного матеріалу, їх абразивні поверхні роблять із меншою зернистістю.

Сортування і контроль продукції – заключний етап перероблення зерна на крупи. Його мета полягає в тому, щоб поліпшити якість крупів у результаті підвищення в них вмісту доброякісного ядра. Вміст у готовому продукті сторонніх частинок і погано оброблених зерен не повинен перевищувати допустимих норм.

Розвинений процес контролю цілих неподрібнених круп (ядра) передбачає: просіювання на ситах для відокремлення більших і менших частинок, ніж крупа; оброблення ядра (рис, овес, пшоно) для відокремлення недолющених і недоброякісних зерен; сортування у трієрах крупів (рисова, вівсяна) для відокремлення частинок ядра; просіювання в аспіраційних машинах для відокремлення оболонки і мучки; контроль у магнітних апаратах для відокремлення металомагнітних домішок. Контроль подрібнених крупів простіший, ніж контроль цілих крупів. Подрібнені крупи, що одержані під час перероблення ячменю, пшениці, кукурудзи, в процесі контролю розсортовують на ситах за розмірами (номерами). Номер крупів характеризує величину частин, що входять в окрему фракцію, і визначається розміром отвору сита, через яке одержані крупи йдуть проходом, подрібнені крупи (ячмінна і кукурудзяна) сортують за трьома номерами (1, 2, 3). Перлову, пшеничну і кукурудзяну номерну крупи після шліфування і полірування сортують за п'ятьма номерами. Крупу кожного номера провіюють в аспірааторах і контролюють у магнітних апаратах.

Контроль відходів луцильного відділення. До відходів належать сторонні продукти – в основному мучка і лушпиння. Під час контролю відходів, по-перше, із сторонніх продуктів відокремлюють нормальне ядро, яке можна використати для одержання круп, по-друге, з менш цінних відходів (луска) ви-лучають більш цінні (мучка). Мучку контролюють просіюванням для відокремлення частини ядра і провіюванням в аспіраційних колонках для відокремлення лушпиння. Лушпиння для контролю (відокремлення з нього мучки і частин ядра) просіюють і провіюють в аспіраційних машинах.

Крупу виробляють переважно із зерна чотирьох культур: проса, гречки, вівса і ячменю. В практиці виробляють з ячменю тільки один сорт – пенсак з виходом 78%. При цьому дістають 6% борошнця, 105 кормових і 6% не кормових відходів. З вівса мають крупи не дробленої (ядра) – 53%, дробленої – 3%, борошнця – 9%, кормових відходів – 26% і не кормових відходів – 9%. При переробці зерна рису базисної кондиції одержують цілої крупи: вищий сорт -5%, першого сорту – 45%, другого сорту – 5%. Дробленої крупи – 10%. Крім того борошнця – 13,2%, кормових відходів – 2,7%, не кормових відходів – 19,1%. Пшоно виробляють одним сортом з виходом 68,5% при 5,5% борошнця, 18% кормових і 9% не кормових відходів. При переробці зерна гречки базисної кондиції виходить цілої крупи (ядриці) – 60% із них вищого сорту – 5%. Першого – 40% і другого – 15%. Дробленої крупи – 10%, борошнця - 3%, кормових відходів – 23% і не кормових відходів – 4%.

Технологія проса. На вітчизняних круп'яних заводах із проса виробляють один вид крупів – це пшоно шліфоване трьох сортів: вищого, першого та другого. Пшоно шліфоване – це ядро проса, звільнене від оболонки і зародка та частково від алейронового шару.

Для основного очищення зерна проса від домішок за схемою процесу виробництва пшона використовують триразове послідовне очищення зерна у повітряноситових сепараторах. У першій системі сепарування зерно проходить магнітний захист, далі воно надходить до другої системи сепарування, а потім і до третьої. У другій і третій системах сепарування відокремлюють малу і велику фракції та домішки.

Крупну фракцію проса сортують у розсійнику для додаткового відбору дрібного зерна. Обидва потоки (велике і дрібне зерно) окремо направляють в аспіратори (повітряні сепаратори), які відвіюють повітрям недорозвинені зерна проса. За наявності мінеральних домішок фракції обробляють у каменевідбірних машинах і зважують. Відходи контролюють на буратах і в аспіраторах.

Очищене від домішок зерно переробляють послідовним лушенням у вальцедєкових верстатах. Повного лушення проса досягають у результаті дворазового його оброблення на верстатах. Після першого лушення продукт двічі провіюють в аспіраторах, відокремлюють луску, а суміш лушених і нелушених зерен направляють до другої системи лушення. Після другого лушення продукт провіюють.

Після лушення одержане ядро містить частки алейронового шару, оболонки і зародка. Тому таке ядро обробляють у шліфувальних машинах. У результаті шліфування змінюється хімічний склад ядра: кількість білка знижується на 9-10%, сухого жиру – на 30-35, мінеральних речовин – на 35%. Після відокремлення оболонкових шарів скорочується час варіння крупів і збільшується коефіцієнт їх розварюваності. Хороше шліфування збільшує вихід мучки на 4% (від маси зерна).

Шліфоване зерно двічі провіюють в аспіраторах і контролюють у розсійнику чи крупосортувальці, потому знову провіюють в аспіраторах і контролюють на магнітних апаратах. Усі відходи, одержані в лушильному відділенні, контролюють для вилучення з них додатковим просіюванням подрібненого ядра і мучки.

Перероблювання гречки. Гречана крупа належить до найцінніших видів крупів; її використовують також у дієтичному харчуванні. Залежно від застосування гідротермічного оброблення зерна виробляють крупу пропарену і непропарену.

Технологічний процес перероблення зерна гречки на крупу складається із таких послідовних операцій:

- очищення зерна від домішок спочатку дворазовим пропусканням через сепаратори, а потім через трієри (при засміченні вівсюгом чи зерном пшениці) і каменевідбірники;
- гідротермічне оброблення очищеного зерна в пропарниках, сушарках і охолодниках;
- попереднє розсортування на крупосортувальних машинах за двома фракціями (велике і дрібне зерно).

У лушильному відділенні проводять остаточне сортування за шістьма фракціями. Потім їх паралельними потоками лушать у вальцедєкових верстатах, суміш продуктів лушення гречки кожної фракції розсортовують у розсійниках для розподілу продуктів лушення. Одержані зерна (ядрицю) після додаткового оброблення в аспіраторах (повітряних сепараторах) для відокремлення лушпиння

направляють (після контролю) у готову крупу. Проділ (подрібнене зерно) перед контролем просіюють у розсійниках для відокремлення мучки і частинок лушпиння.

Залежно від якості ядрицю поділяють на перший і другий сорти. Проділ на сорти не поділяють.

Перероблення рису. Технологічний процес у зерночисному відділенні включає такі операції: триразове послідовне очищення зерна в сепараторах і оброблення в каменевідбірних машинах (за наявності мінеральних домішок). У луцильному відділенні зерно рису лущать у машинах із гумовими вальцями, але можна застосовувати й луцильні посади.

Продукти лущення сортують у розсійниках та падді-машинах. Для відокремлення лушпиння використовують повітряні сепаратори. Після шліфування продукт також провіюють у повітряних сепараторах і одержують шліфований рис. Для виробництва полірованого рису ядро після шліфування подають у полірувальні посади. Подрібнений рис поліруванню не підлягає.

Перероблення вівса. Овес очищають від домішок дворазовим пропусканням через сепаратори. Для очищення від домішок, які відрізняються від вівса довжиною, застосовують трієри. Для відокремлення подвійних зерен, остюків, руйнування грудочок землі використовують оббивну машину і повітряний сепаратор. Далі очищене зерно подають на гідротермічне оброблення із застосуванням пропарювання, сушіння й охолодження. Перед лущенням овес поділяють на дві фракції в сепараторі, на якому остаточно відокремлюють домішки.

Одержані велику і дрібну фракції окремими потоками подають до шеретувальних або до оббивних машин. Після лущення суміш просіюють для відокремлення мучки, і дробину просіюють у повітряних сепараторах для відокремлення лушпиння. Ядро після круповіддільних машин подають на шліфування в посади. Остаточний контроль крупів після шліфування проводять на сортувальних машинах для відокремлення великих домішок, подрібненого ядра та мучки.

Перероблення ячменю. Із зерна ячменю виробляють перлову і ячмінну крупи. Особливість їх виробництва полягає у способах оброблення звільненого від квіткових оболонок ядра. Для очищення зерна від домішок передбачено три системи сепарування в повітроситових сепараторах, відбір мінеральних домішок з використанням трієрів, лущення зерна в оббивних машинах або машинах АІ-ЗІПН-З. Здобуті після лущення продукти сортують за розмірами. Перлову крупу одержують у результаті шліфування і полірування цілого і подрібненого ядра (пенсаку), ячмінну – у результаті подрібнення ядра у вальцьових верстах. Перлову крупу за розмірами поділяють на п'ять, а ячмінну – на три номери.

Перероблення пшениці. Пшеничну шліфовану крупу виробляють із твердої пшениці та поділяють на два види: Полтавську, що сортується за чотирма номерами, і Артек, які відрізняються за розмірами частинок.

Технологічний процес одержання круп із пшениці здебільшого аналогічний процесу одержання перлової крупы з ячменю. Для підвищення ефективності відокремлення оболонки зерна і зниження подрібнення ендосперму в схемі

підготовки передбачають обов'язкове зволоження зерна з подальшим зневоложенням протягом 30-120 хв. перед оббивними машинами попереднього лушення. Замість оббивних машин можна застосовувати шліфувальні машини АІ-ЗШН-З. Основне шліфування проводять із застосуванням тих самих машин. Шліфоване зерно подрібнюють у вальцювому верстаті. Після полірування кожної фракції крупы її сортують на Полтавську за номерами та Артек.

Перероблення кукурудзи. Схема технологічного процесу підготовки зерна кукурудзи до перероблення переважно така сама, як і підготовки пшениці для вироблення круп Полтавської і Артек. Вона включає в себе дві системи сепарування у повітряноситових сепараторах, відокремлення мінеральних домішок, зволоження або пропарювання з подальшим зневоложенням зерна. Гідротермічне оброблення застосовують для того, щоб зародок, який містить велику кількість жиру і вітаміну Е, краще відокремлювався від зерна кукурудзи. Процес виробництва крупы полягає в подрібненні зерна, відбиранні зародка на пневмосортувальному верстаті, шліфуванні, сортуванні та контролі крупів. Сортування кукурудзяної крупы за номерами аналогічне сортуванню під час виробництва круп перлової та Полтавської. Передбачено окреме перероблення зерна для вилучення з нього олії.

Перероблення гороху. Схема очищення і підготовки гороху до лушення відносно нескладна. У зерноочисній дільниці горох очищають від домішок на повітряноситових сепараторах, а потім здійснюють його оброблення пропарюванням або зволоженням, сушінням та охолодженням. Підготовлений до лушення горох подають до розсійника для розсортування на велику і дрібну фракції, які лушать окремо із застосуванням машин АІ-ЗШН-З. Шліфують і полірують горох із використанням тих самих машин окремо на великий, дрібний і відокремлений після лушення колотий горох. Цілий горох додатково полірують на зерновій щітковій машині.

Після перероблення рису та проса вихід круп становить по 65%, гречки – 67, вівса – 44-45, ячменю – 40, перлової та ячевої круп – 62, гороху цілого і колотого – 73, кукурудзяної крупы – 40, крупы Полтавської та Артек – 63%.

Механічним обробленням зерна – лушенням, подрібненням, шліфуванням, поліруванням – одержують крупы, що потребують значного часу для приготування з них харчових продуктів. Істотно знизити час приготування їжі можна використанням гідротермічного оброблення готової крупы і додаткового її оброблення розплющенням, обжарюванням тощо.

Сучасна круп'яна промисловість використовує багато нових технологічних способів для виробництва більш поживних і різноманітних круп. При виробництві круп поряд з механічною обробкою застосовують обробку зерна водою і парою, а також варінням при високому тиску. У цьому разі полегшується відокремлення оболонки при лушенні, знижується подрібнення ядра, поліпшуються споживчі якості крупы, каша стає більш розсипчастою, підвищується стійкість крупы при зберіганні в результаті інактивації ферментів, які викликають псування готової крупы. Хороші результати в підвищенні харчової цінності круп дає обробка їх варінням у сиропі (з солоду, цукру, кухонної солі) з наступним плющенням і обжарюванням. Для таких

круп – пластівців – не потрібна кулінарна обробка. Вони можуть споживатися в сухому вигляді або з молоком, какао, киселями, бульйоном, супами.

Другий спосіб підвищення засвоюваності круп ґрунтується на обробці їх тиском. Так виробляють спучені (зірвані) зернини пшениці, рису і кукурудзи, збільшені в об'ємі у 6-8 разів. Кращі спучені зернини бувають із скловидних сортів рису і пшениці та крем'яних сортів кукурудзи. Пластівці з різних видів зерна одержують таким способом: зерно дроблять, варять у воді з додаванням цукру, солодового екстракту або кухонної солі, підсушують, пропарюють, розплющують на гладких вальцях, обсмажують у газових печах, прохолоджують і упаковують. Продукт виходить у вигляді тонких, крихких, частково роздутих пластинок жовто-коричневого кольору. При випуску продукту в ньому утримується вологи – 2,5 -5,0%, він дуже гігроскопічний і швидко зволожується до 10% вологості, тому його негайно потрібно упаковувати. Спучені (повітряні) зерна одержують таким способом: очищене зерно завантажують у спеціальні апарати, нагрівають при підвищеному тиску 1,-2,0 МПа. Зерно проварюється у власних парах. Тканини зерна розм'якшуються, стають пластичними. При відкриванні кришки за рахунок різкого перепаду тиску пари і повітря усередині зерно швидко розширюється. Об'єм його збільшується, при цьому утворюється ватоподібна структура. Продукт готовий до вживання, його вологість складає 7-9%.

Кукурудзяні палички одержують за подібною технологією. Обробку проводять у екструдері під тиском, продукт розігрівається і продавлюється через матрицю (насадку). На виході має місце перепад тиску, з тонкого струменя утворюються палички 6 солоні, солодкі, із прянощами, ароматичними і білковими добавками, глазуровані.

Найпоширенішими способами гідротермічної обробки є:

- 1) пропарювання – сушіння – охолодження;
- 2) зволоження – відволоження.

Першим способом обробляють зерно гречки, вівса і гороху при високій температурі (вище 100°C). Зерно зволожується і прогрівається, відбувається часткова клейстеризація деякої частини крохмалю, ядро стає менш крихким і менше подрібнюється при лущенні і шліфуванні. При наступному після пропарювання сушінні зневоднюються переважно зовнішні оболонки зерна, які втрачаючи вологу, стають більш крихкими і легше розколюються при шеретуванні. Крім того, відбуваються диференційні зміни в зерні, які сприяють відокремленню оболонок. Охолодження після сушіння додатково знижує вологість зерна, тому слід враховувати, що холодні оболонки стають більш крихкими.

Другий спосіб (зволоження-відволоження) застосовують переважно для обробки зерна пшениці і кукурудзи. Зерно зволожують до вологості 15-16% в пропарниках безперервної дії при низькому тиску пари. Зволожене зерно відволожують у бункерах протягом 7 годин.

Виробництво круп нових видів. У крупі міститься недостатня кількість не замінимих амінокислот, також кальцію, заліза, вітамінів. За споживчими якостями вона поступається м'ясним та молочним виробам. Підвищити її якість можна різними

способами. Якщо змішати зерно з різними білковими добавками у певному співвідношенні, то можна отримати суміш з білково-вітамінним комплексом. Нові види круп є комбінованими продуктами, які виробляють на основі натуральної круп'яної сировини з додаванням збагачених речовин тваринного або рослинного походження. Додають знежирене сухе молоко, сухий яєчний білок, білок гороху, сої, вітаміни і мінеральні солі. Процес виробництва збагаченої крупи не складний. Крупу (гречану, рисову, вівсяну, горохову) розмелюють на борошно, просівають крізь капронові сита No 32-35к. Прохід надходить у бункери з сухим знежиреним молоком та макаронним борошном. З бункера за допомогою встановлених дозаторів борошно і сухе молоко в кількості до заданої рецептури подається у змішувач, куди одночасно з невеликих бункерів дозаторами подаються вітаміни і різні добавки. Після ретельного перемішування однорідна суміш надходить у бункер, який розміщений над пресом, матриці якого дають змогу виготовляти крупу певної форми і розмірів. Подібну до рисової, гречаної або горохової. Після пресування крупу пропарюють, підсушують до вологості 12-13%, сортують за розміром, пропускають через магнітні сепаратори і фасують. Вироблені таким способом крупы мають добрі смакові якості, швидко (15-20 хв.) розварюються. Каша з них смачна і розсипчаста. Асортимент і рецептура може бути різноманітна. Крупа «Здоров'я»: рис – 73%, борошно пшеничне – 15%, сухе знежирене молоко – 10%, сухий яєчний білок – 2%. Крупа «Ювілейна»: рис – 70%, пшеничне борошно 15%, сухе знежирене молоко – 15%. Крупа «Спортивна» крупа вівсяна -90%, сухе знежирене молоко – 10%.

4. Показники якості круп. До обов'язкових показників при оцінці якості крупы зараховують органолептичні – колір, запах і смак. У крупах не повинно бути шкідників хлібних запасів. Вологість круп має бути в межах 12-13%. Суворо нормується вміст у крупах різних домішок, особливо шкідливих, зіпсованого ядра і нешеретованих зерен.

Хімічний склад (%) і калорійність круп (ккал на 100 грам)

Види круп	Крохмаль	Білок	Жир	Клітковина	Зола	Цукри	Калорійність
Горохова	66,0	26,0	2,5	2,2	2,4	0,3	330
Вівсяна	72,0	16,0	6,0	2,74	2,25	0,25	351
Гречана	81,0	12,0	2,0	2,1	2,12	0,3	325
Манна	84,2	12,7	0,9	0,24	0,54	0,96	333
Рисова	88,0	6,0	0,5	0,3	0,6	0,5	326
Пшоняна	83,3	11,5	2,5	0,6	1,3	0,15	330
Кукурудзяна	85,0	10,0	2,0	1,2	0,7	1,5	325

Визначаються ще і кулінарні якості. До цієї оцінки відносять колір, смак і структура звареної каші, тривалість варіння її і коефіцієнт розвареності, під яким розуміють відношення об'єму каші в мілілітрах до об'єму крупы в мілілітрах, взятої до варіння. В залежності від сортових особливостей сировини, способів її обробки та асортименту круп коефіцієнт розвареності буває дуже різним і коливається в таких межах: для пшона від 4 до 5,2%, для круп з гречки від 3,2 до 4,0%, для рису від 4,3 до 5,2%. Для ячмінних круп від 5,5 до 6,6%, для вівсяних від 3,3 до 4,1%.

Зберігання крупи має свої особливості. Розміри її часток значно більші за часточки борошна. Крім того, вони менш щільні в порівнянні із зерном через механічну дію на них під час переробки. На початкових стадіях зберігання крупи біохімічні процеси інтенсивніше відбуваються в її периферійних частинах. Для крупи не існує період дозрівання, як для пшеничного борошна. На відміну від борошна, в ній інтенсивніші процеси окислення, оскільки вона містить більше ліпідів. Продукти окислення ліпідів взаємодіють з іншими речовинами крупи і утворюють різні комплекси і сполуки, внаслідок чого крупа гіркне, тривалість її зберігання скорочується. На процеси окислення в крупі під час її зберігання впливає її хімічний склад, активність ферментів та умови зберігання, переважно вологість і температура. Найшвидше псуються крупи із вівса і проса. Особливо коли вони не пройшли гідротермічної обробки. Збагачені крупи, залежно від їх складу і температурних умов, можуть зберігатися 4 міс. і більше. При зберіганні підвищується кислотність всіх видів круп, яка є показником якості (свіжості) крупи. Крупу з пшениці, гречки, рису та гороху треба зберігати у мішках штабелями висотою не більше 10 мішків при температурі понад 10°C та вологості до 14%. За вищої вологості штабель має бути заввишки до 8 мішків. Якщо крупу зберігають при температурі нижче 10°C, то висоту штабеля можна збільшити до 12 мішків, а при температурі нуль градусів і нижче – до 14 мішків. Температуру і відносну вологість повітря на складі визначають на висоті 1,5 м від підлоги. Температуру перевіряють раз на тиждень, а при систематичному провітрюванні – щодня. Температуру крупи вимірюють при її надходженні на склад, а потім раз на 15 днів при температурі повітря вище 10°C і раз на місяць при температурі нижче 10°C. При температурі повітря вище 10°C і вологості крупи 14-15% температуру крупи контролюють кожні 5 днів. Зараженість шкідниками, запах і смак контролюють раз на місяць при температурі нижче 10°C і раз на 15 днів при температурі вище 10°C. Вологість крупи визначають раз на місяць.

Питання для самоконтролю:

1. Яке значення має круп'яне виробництво в харчовій промисловості та які основні види круп виробляють?
2. Які зернові культури використовують для виробництва круп і які їх технологічні особливості?
3. Охарактеризуйте основні етапи технології переробки зерна на крупу (очищення, лущення, шліфування, сортування).
4. Яка роль процесів лущення та шліфування у формуванні якості круп?
5. Які види технологічних схем переробки зерна на крупу існують та в чому їх відмінності?
6. Які фактори впливають на вихід і якість круп'яної продукції (вологість, склоподібність, вміст домішок тощо)?
7. Які побічні продукти утворюються під час виробництва круп та напрями їх використання?

Тема 3.3. Технологія виробництва цукру

1. Загальна характеристика продукту, сировини і виробництва.
2. Технологія виробництва цукру.
3. Виробництво цукру-рафінаду та перероблення відтоків.

1. В наш час цукор зайняв стійке місце серед продуктів харчування переважної більшості населення. Особливу цінність представляє собою цукор, коли він необхідний для відновлення сил хворому або видужуючому, спортсмену чи людині, яка виконує важку фізичну працю. Цукор необхідний також для нормальної функції печінки та мозку, для живлення мускулатури, особливо серцевого м'яза. Особливістю цукру є його швидке засвоєння і перетравлення організмом. Разом з тим вважається, що норма споживання цукру не повинна перевищувати 100 грамів на добу, включаючи цукор, який знаходиться в харчових продуктах людини. Споживання цукру у великих дозах сприяє ожирінню організму. Однак слід відмітити, що цінні харчові, смакові та фізіологічні властивості зробили його важливим харчовим продуктом першої необхідності.

Батьківщиною виробництва цукру з цукрової тростини є Індія. Багато років інші країни, в тому числі і країни Європи змушені були користуватися дорогим імпортом цукру з тростини. Але в 1747 році німецький вчений Маркграф зробив відкриття – встановив наявність цукру у городній на той час культурі – буряку. 1801 рік став роком народження буряко-цукрової промисловості Росії. У першій половині 20 років 19 століття появились цукрові заводи і в Україні. Перший цукровий завод був побудований у 1824 році в селі Макоші Чернігівської губернії, в 1826 році в Київській. На Волині перші цукрові заводи появились у 1828 році. У 1847 році невеликих заводів уже працювало вісім. У січні 1957 року став до ладу Іванічівський завод, а в 1958 найбільший в Україні – Гнідавський завод, потім Володимир-Волинський, Горохівський. Гнідавський цукровий завод переробляє за добу 25 тисяч тонн коренів цукрових буряків і одержує 3 тисячі тонн готового цукру-піску.

Сировиною для виробництва цукру є цукрова тростина, цукрові буряки, цукрове сорго, цукровмісний клен та інші цукровмісні рослини. Перші три рослини мають найбільше промислове значення. Вміст цукру в цукровій тростині становить 12-15% за врожайності 40-60 т/га, у цукрових буряках – понад 16-18% за врожайності 25-30 т/га. Цукрове сорго за цими показниками приблизно відповідає цукровій тростині, а цукровий клен має цукристість тільки 5-6%. Вирощування цукрового сорго в Україні може бути перспективним, оскільки кліматичні умови нашої країни дають можливість одержати з 1 га цієї рослини цукру не менше, ніж із буряків.

Основною сировиною для виробництва цукру в Україні, а також в Європі та інших країнах з помірним кліматом, є цукрові буряки. Середній хімічний склад цукрового буряка наступний: води – 75% (близько 72% води утримується в соку, 3% зв'язано з речовинами м'якоті). Вміст сухих речовини в коренеплоді – 25%, які у цукровому виробництві підрозділяють на сахарозу і несахари. Вміст сахарози (цукрози) в коренеплоді коливається від 15 до 20%. Нецукри становлять – 7,5%, із

них 5% нерозчинні нецукри (м'якоть) 2,5% розчинні нецукри. Нерозчинні нецукри містять 1,1% азотистих органічних речовин (в основному білок), 0,9% без азотистих органічних речовин (жир) і 0,5% неорганічних речовин (зола). Вихід цукру – 15 кг на 100 кг буряків.

Період збирання цукрового буряка складає в середньому 40 - 50 діб при роботі цукрових заводів 110 - 150 діб на рік. Близько 60 % зібраного буряка приходить зберігати. У період зберігання коренеплоду вміст сахарози зменшується. Висока температура, ураження мікроорганізмами, заморожування і наступне відтавання знижують вміст сахарози.

Зібрані на ланах буряки перевозять на завод, де їх зберігають на відведеній для цього площі – так званому кагатному полі. Кагати – це довгі, трапецієподібної форми купи заввишки 3-5 м, завширшки 15-18 і завдовжки 50-100 м. Відстань від ланів, на яких вирощують цукрові буряки, до заводу не повинна перевищувати 35-50 км.

Укладання буряків у кагати здійснюється кагатоукладальними машинами. Кагати обробляють вапняним молочком, накривають солом'яними або очеретяними матами і засипають землею, щоб уберегти корені від приморозків та в'янення. Для забезпечення безперебійної роботи і створення 1 - 2-добових запасів буряка завод має бурячну, що розташована поруч із заводом.

Подають буряки на завод із кагатних майданчиків та з бурячних (бункери для 2-3-добового накопичення буряків) за допомогою гідравлічних транспортерів. Гідравлічні транспортери – жолоби зі сталі, бетону, цегли або дерева, що мають нахил у бік переміщення буряків. Жолоби мають прямокутний переріз. Дно плоске із заокругленими кутами. У жолобі буряки змиваються струменем води під тиском. Домішки (гичка, солома, тріски, каміння) вилучаються за допомогою вловлювачів різних типів.

Сучасні цукропереробні заводи – це великі підприємства, здатні переробляти тисячі тонн буряків на добу. Вони добре механізовані підприємства, працюють безперервно, цілодобово, без припинення роботи у вихідні дні. Малих виробництв немає, тому що дуже складне апаратне оформлення. Значна частина операцій автоматизована. Цукрові заводи вважаються найбільш автоматизованими підприємствами харчової промисловості.

Основна мета цукробурякового виробництва полягає у вилученні з буряка цукрози, надання їй товарного вигляду, використання інших складових частин коренеплоду в інших галузях промисловості та сільського господарства.

2. Виробництво цукру з буряка – дуже складний фізико-хімічний процес. Сахарозу екстрагують із клітин буряка дифузією, після чого застосовують хімічні і теплофізичні дії впливу для відокремлення цукру від несахарів і перетворення його в чистий кристалічний продукт.

Основними технологічними операціями у виробництві цукру можна вважати: 1) вилучення цукру з буряків та 2) випарювання води до кристалізації цукру. Решта операцій – допоміжні. Принципова технологічна схема виробництва цукру

показана на рис. 1.

Підготовка коренеплодів до переробки - це доставка буряка на завод, відокремлення домішок і миття.

З бурячної буряк гідротранспортом подається на завод по жолобу зі сталі, бетону, цегли або іншого матеріалу, який має ухил у бік заводу. У жолобі буряк змивається струменем води під надлишковим тиском 0,2 - 0,3 МПа за допомогою гідрантів і потоком води доставляється на завод. Витрата води 600 - 700 % від маси буряка.

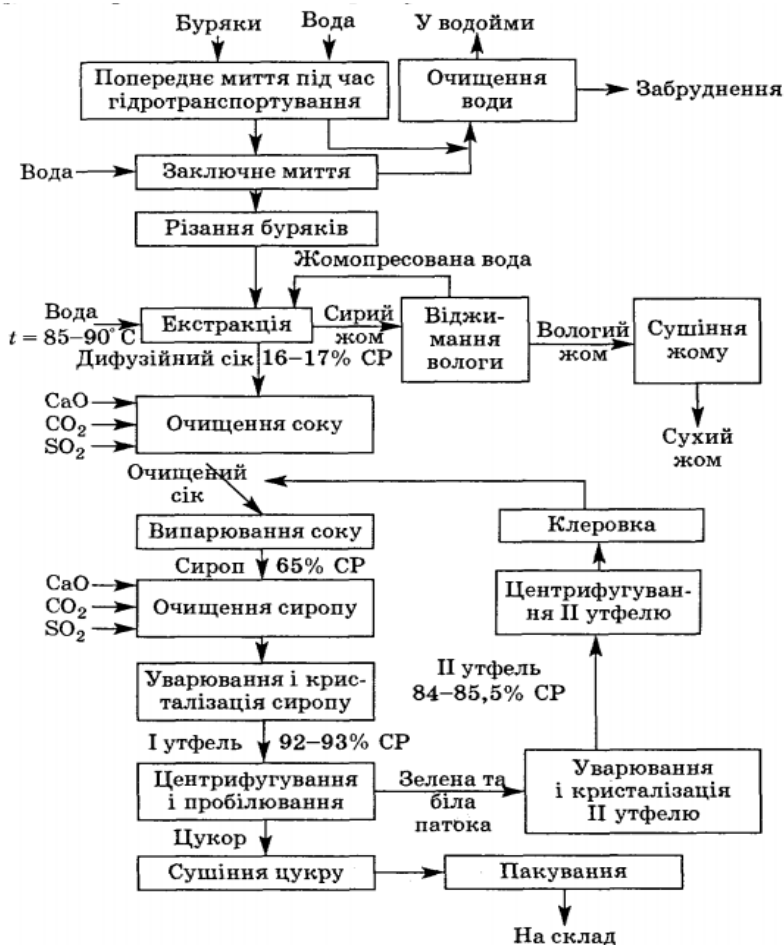


Рисунок 1 - Принципово-технологічна схема виробництва цукру

Буряк, що надходить на переробку, містить від 5 до 15 % домішок: бадилля, пісок, камені, земля. Домішки погіршують роботу устаткування, знижують якість дифузійного соку, різко збільшують утрати цукру. Відділення домішок відбувається в гідротранспортері, що обладнаний пастками - піску, бадилля, каменів.

Гідравлічним транспортером буряк надходить у мийне відділення заводу, де мисться на бурякомийних машинах кулачкового типу, які мають піско- та камневловлювачі. Процес миття повинен проводитися дуже ретельно, тому що домішки погіршують роботу бурякорізок і забруднюють дифузійний сік. Тривалість перебування буряків у мийці 5-6 хвилин при витраті води 50-100% від ваги буряків.

Вторинне використання транспортно-мийних вод для гідравлічного транспортування буряків або спускання у водойми можливе тільки після їх очищення. Очищення здійснюється у спеціальних відстійниках та інших більш складних очисних спорудах. Витрати води на миття змінюються залежно від забрудненості буряків.

Після миття буряк подається на контрольний транспортер де очищується від металевих домішок і зважується на автоматичних ковшових вагах з перекидним дном, які розташовані над бурякорізками. За показниками ваг ведеться хіміко-технологічний облік на заводі. Зважений буряк направляють на одержання стружки.

Цукор, що міститься в буряках, вилучають екстракцією (дифузією). Відповідно до закону Фіка, швидкість передачі маси прямо пропорціональна поверхні контакту фаз і обернено пропорціональна шляху (товщині стружки). Для прискорення процесу вилучення цукру збільшують поверхню дотику екстрагента (води) та буряків і зменшують товщину стружки під час подрібнення коренів буряків. Бурякова стружка має жолобчасту, пластинчасту, ромбовидну та іншу форму. Форма стружки вибирається в залежності від якості буряка і типу використовуваних дифузійних апаратів. Стружка у формі жолоба має ширину 4-5 і товщину 0,5-1,0 мм, у формі пластин – ширину 2,5-3,0 і товщину 1,2-1,5 мм. Зрізування стружки здійснюють бурякорізками.

Якість бурякової стружки оцінюється числом СІЛІНА - це довжина 100 г стружки (при укладанні в довжину в одну лінію), яка повинна складати 9-15 м.

При цьому не менше 97% стружки повинно бути правильної форми, а браку і м'язги не більше 3%. Бурякова стружка не повинна злежуватися в дифузійних апаратах, повинна добре омиватися дифузійним соком і не повинна чинити великого опору при фільтрації соку через її пласт. Занадто тонка стружка (0,5 мм) не бажана, тому що вона руйнується транспортними пристроями дифузійних апаратів і погіршує циркуляцію соку. З надто товстої бурячної стружки повільніше витягується цукор.

Для одержання бурячної стружки використовують відцентрові, дискові або барабанні бурякорізки.

Бурякова стружка далі направляється до стрічкових або грабельних транспортерів, зважується на автоматичних вагах і надходить в дифузійне відділення. Процес видобутку цукру базується на дифузії клітинного соку водою із порушених клітин.

Дифузією (екстрагуванням) називають видобуток із складної речовини одного або декількох компонентів за допомогою розчинника (екстрагента), який має вибірково здатність розчиняти тільки речовини, що піддаються екстрагуванню. Рушійною силою дифузії є різниця концентрацій речовин у розчинах, що стикаються, яка переносить розчинену речовину в бік меншої концентрації.

Існують:

- вільна дифузія – коли два розчини безпосередньо стикаються один з одним і вільно проникають один в одного;
- осмос – це мембрана дифузія, коли розчини поділені напівпроникаємою перетинкою (мембраною), яка пропускає тільки чистий розчинник;
- діаліз – теж мембранна дифузія, але мембрана крім розчинника пропускає ще і частини розчиненої речовини, але до певного розміру, а більш крупні – затримує.

Дифузія здійснюється в дифузаторах, де з одного боку подається стружка, а назустріч - вода. Стружку спочатку ошпарюють водою $t = 72-75^{\circ}\text{C}$, це температура денатурації протоплазми бурякових клітин, яка є напівпроникаємою мембраною.

У цукровому виробництві відбуваються всі три види дифузії - вільна дифузія - коли переходить в розчин цукор із зруйнованих клітин, потім осмос - проникнення води в клітинний сік, а після нагрівання стружки і денатурації протоплазми починається основний видобутку цукру діаліз. Коефіцієнт швидкості дифузії розчиненої речовини залежить від температури середовища. Чим вища температура середовища, тим інтенсивніше відбувається дифузія, тому що зростає швидкість руху молекул, зменшується в'язкість розчинника. Коефіцієнт дифузії цукрози при температурі 60°C вище нуля зростає в 3 рази і становить 1,07 проти 0,37 при температурі 20°C вище нуля. Для успішного добування цукру і зменшення переходу не цукрів у дифузійний сік процес дифузії проводять швидко і при слабо кислій реакції середовища ($\text{pH} = 5-6$). У дифузійному соку міститься на 18-20% менше не цукрів, ніж у клітинному соку, тобто доброякісність дифузійного соку вища, ніж клітинного. Триває процес дифузії 60 - 90 хв. Її продуктами є дифузійний сік з вмістом цукру 15 % по відношенню до маси буряка і жом, який містить клітковину, геміцелюлозу і пектинові речовини. Дифузійний сік одержують у кількості 115-130% маси буряків.

Дифузію проводять на дифузійній батареї, яка складається з 12-16 дифузорів. Дифузор – металева посудина, яка в середній частині циліндричної форми, а зверху і в низу конічної форми. Через верхній отвір завантажують бурякову стружку, а нижній призначений для вивантаження знецукреної стружки – жому. Обидва отвори герметично закриваються кришками. До дифузора приєднанні труби для надходження води. У нижній частині є вихідний патрубок для відведення концентрованого соку, який утворився після процесу дифузії в цьому апараті. Загальна витрата води на дифузію при роботі батареї становить 250 літрів на 100 кг буряків. Загальні втрати цукру в процесі дифузії становлять 0,3-0,4%, в тому числі залишається в жомі 0,2-0,28% і в дифузійній воді 0,1-0,12%.

Продуктами дифузійного процесу є дифузійний сік і жмих - знецукрена стружка. Дифузійний сік, крім цукру, містить білки, амінокислоти, органічні кислоти,

мінеральні солі, пектинові речовини. Має темний колір, кислу реакцію, містить шматочки мезги, здатний пінитися. Тому його очищують.

Жмих в основному містить речовини бурячної м'якоті (клітковина, гемицеллюлоза, пектинові речовини і скоагульований білок). Усі речовини жмиха являють собою гарний корм для худоби. Недоліком є низький вміст сухих речовин (близько 6 %). Тому частину жмиха віджимають до вмісту сухих речовин 9 - 10 % і вигодовують худобі, а частину обезводнюють до вмісту сухих речовин 16 - 18 %, висушують і пресують у брикети з додаванням кормових інгредієнтів. Такі брикети добре зберігаються.

Дифузійний сік насамперед очищують від зважених часток мезги, тобто дрібних шматочків бурячної стружки, що пройшла через отвори сит дифузійних апаратів. Таке очищення здійснюють у очисниках безперервної дії. Мезга містить протопектин, який в лужному середовищі переходить в розчин і на стадії очищення вапном може утворити желатиновий осад, що ускладнює фільтрацію.

Технологічна схема очищення дифузійного соку включає такі основні операції: дефекація (очищення від бруду) попередня і основна; сатурація – перша і друга; фільтрація – перша і друга; сульфитація і контрольна фільтрація соку.

У дефекаторі сік підігрівають до 85-90°C і обробляють вапняним молоком у кількості 0,25-0,3% від ваги бурякової стружки. Це попередня дефекація і вона триває 4-5 хвилин. Після попередньої дефекації сік разом з осадом, що утворився, самопливом надходить на основну дефекацію. У дефекаторі при температурі 85-90°C обробляється основною кількістю вапняного молока – 2,0-2,5% від ваги буряків. Під дією вапна білки та інші речовини, які містяться у дифузійному соку – коагулюють. Крім того, в процесі дефекації відбуваються реакції між не цукрами дифузійного соку та іонами Са і ОН. При наявності іона Са осаджуються щавелева і лимонна кислоти, утворюючи нерозчинні солі кальцію. Поряд з тим вапно осаджує фосфорну кислоту а також сірчану, відбуваються реакції осадження солей алюмінію, заліза, магнію. Тривалість процесу основної дефекації становить 8-10 хвилин.

Наступною операцією очищення соку є процес сатурації (насичення), який здійснюється у два прийоми (перша сатурація і після відокремлення осаду, друга сатурація). Основне завдання цього процесу полягає в тому, щоб насиченням соку вуглекислим газом викликати випадання вапна в осад у вигляді карбонату кальцію (крейди). Крейда, яка утворюється при цьому, активно вбирає різні органічні речовини, особливо не цукри, які забарвлюють сік. У результаті цієї реакції, сік стає більш світлим і прозорим. З дефекатора сік самопливом надходить до сатуратора – закритого вертикального циліндричного корпусу з конічним дном. Сік надходить до сатуратора зверху, потрапляє на розбризгувальний диск і рівномірно стікає. Сатураційний газ, який містить вуглекислий газ, подається в нижню частину апарата (протиток), надає соку обертового руху і добре з ним перемішується. Відбувається перша сатурація при 80-85°C – 10 хв. 70 - 75% відсатурованого соку підігрівають до 100°C і подають на фільтрацію, а решта – на переддефекацію.

Завдання другої сатурації полягає в максимальному осадженні і видаленні вапна та солей кальцію, які можуть викликати утруднення при уварюванні соку і

привести до утворення накипу на внутрішніх поверхнях нагрівальних трубок. Обробляють сік вуглекислим газом на другій сатурації до оптимальної лужності, яка дорівнює рН 8,8-9,0. При такій лужності в соку залишається мінімальна кількість кальцієвих солей. Триває процес 8-10 хв. при температурі 101-102°C. Вміст солей Са в соку не повинен перевищувати 0,002%.

Після другої сатурації сік надходить на фільтрацію. Мета фільтрування – видалення звязаних частинок, що не випали у осад. Здійснюється під тиском 0,3 - 0,4 МПа, при температурі 80 - 90°C. Фільтрують сік на фільтрпресах і вакуум-фільтрах. Соковим каналом сік під тиском проходить через фільтрувальну тканину. У міру проходження соку на тканині нагромаджується осад (фільтрпресовий бруд). Фільтрпресовий бруд містить близько 7-8% цукру, тому його промивають гарячою водою. Першу частину промивної води (близько третини) додають до соку, решту використовують для приготування вапняного молока і використовують для дефекації дифузійного соку. Всі ці процеси механізовані. Фільтрпресовий бруд в кінцевому результаті цукру не містить. Його знімають з поверхні барабана спеціальними скребками і використовують як добриво під сільськогосподарські культури.

Відфільтрований сік II сатурації спрямовують у сульфітатор. Сульфітація - остання стадія очищення соку - відфільтрований сік обробляють сірчистим газом (SO₂). Мета - обезбарвлення соку, зменшення його в'язкості, а також його знезараження. При пропусканні сірчистого газу крізь сік утворюється сірчиста кислота, що часто перетворюється у сірчану кислоту, яка є досить сильним відновником. Сірчана кислота і її солі блокують карбонільні групи глюкози, фруктози, мальтози, чим запобігають утворенню забарвлених речовин в соку. Вона відновлює органічні забарвлені сполуки і перетворює їх на безбарвні речовини. Крім того сульфітація знижує лужність соку до нейтральної, сприяє зменшенню в'язкості соку, що полегшує кристалізацію і виділення кристаликів цукру. Сульфітацію здійснюють на спеціальних апаратах – сульфітаторах. Сік до них надходить зверху, розбризкується у вигляді дощу і падає в низ. Сірчистий газ подається на зустріч соку. Триває процес 5 хв. Витрати сірки 15 кг на 100 т буряка. Після закінчення сульфітації проводять контрольну фільтрацію соку у вакуум-фільтрах.

Наступна операція – випаровування соку, уварювання сиропу і кристалізація цукру. Сік після другої сатурації і контрольної фільтрації містить 14-16% сухих речовин, в тому числі 13-14% цукрози. Наступне завдання полягає в тому, щоб шляхом кристалізації дістати із соку цукор. Для того із соку видаляють воду у два прийоми. Спочатку випаровують сік на багатокорпусних випарних установках до сиропу із вмістом сухих речовин 65-70%. Одержаний сироп буває каламутним і темного кольору. Перед уварюванням і кристалізацією такий сироп додатково обробляють сірчистим газом (сульфітують) і фільтрують. Сироп краще фільтрувати при додаванні невеликої кількості (0,01%) кізельгуру, який містить 90% аморфного кремнезему.

Другий прийом – сироп уварюють у вакуум-апаратах при температурі кипіння 50 – 60°C до вмісту сухих речовин 92-93%, сироп стає перенасиченим і в ньому починають утворюватися кристали цукру. У результаті такого уварювання

сиропу отримують продукт під назвою перший утфель. Утфель – це густа в'язка маса, яка складається з кристалів цукру і міжкристальної рідини. Для запобігання карамелізації цукру, що може спостерігатися при температурі кипіння утфелю при атмосферному тиску, сироп уварюють в умовах вакууму. При цьому температура кипіння сиропу буває не більше 65°C. Для варіння утфелю застосовують вакуум-апарати. Уварювання утфеля ведуть в 4 стадії:

- згущення сиропу до перенасичення розчину і початок заводки сиропу;
- заводка сиропу цукру (утворення центрів кристалізації сахарози);
- нарощування кристалів цукру;
- остаточне згущення і спуск утфеля.

В апараті створюють розрідження і подають сироп. Потім під дією пари, що подається сироп закипає і відбувається випаровування води із сиропу. Поступово сироп стає перенасиченим і починається утворення кристаликів цукру. Для утворення кристаликів у вакуум апарат додають невелику кількість (50-100 грамів) цукрової пудри, яка сприяє швидкому утворенню центрів кристалізації. Коли вміст сухих речовин в утфелі досягне 92-93%, подачу пари у вакуум-апарат припиняють, дають доступ для зовнішнього повітря. Цикл роботи апарата триває 2,5-4,0 год. Утфель надходить до утфелемішалок, далі через утфелерозподільник – на центрифуги для відокремлення кристалів цукру від патоки.

При швидкому обертанні – 1000-1400 обертів за хвилину під дією відцентрової сили утфель притискується до стінок барабана, який являє собою центрифужні сита. Міжкристальна рідина при цьому проходить крізь сита. Добута рідина називається зеленою патокою. Кристали цукру, що залишилися на сітчастій поверхні барабана покриті невеликим шаром міжкристальної рідини, для вилучення якої шар кристалів промивають (відбілюють) гарячою водою і паром, при цьому частина кристалів розчиняється. Розчин, який утворився складається із води і залишків цукру називається білою патокою. Ця патока насосами подається у вакуум апарат під кінець уварювання першого утфеля. Вивантажений з центрифуги білий цукор потрапляє на так званий транспортер-трясун і переміщається до елеватора, який подає цукор у сушильний цех.

Зелена патока попадає в інший вакуум-апарат для уварювання другого утфеля. Після додаткової кристалізації другого утфеля його спрямовують на центрифуги із ситами, де знову відокремлюються кристали цукру, але це будуть кристали жовтого кольору (жовтий цукор). Жовтий цукор повертають, розчиняючи його у соку після другої сатурації. Цей процес називається клеровкою. Розчинений у соку жовтий цукор домішують до соку, який йде на сульфитацію. Витік другого утфелю (міжкристальної рідини) називають кормовою патокою, мелясою, яка є відходом цукробурякового виробництва. Білий цукор-пісок після центрифуги має вологість 0,5-0,6% і температуру 70-75°C. Його підсушують до стандартної вологості – 0,1-0,15% у сушильному цеху за рахунок залишкового тепла самого цукру. Після того цукор просівають на ситах. Пропускають через магнітні сепаратори і пакують в тару.

Цукор-пісок повинен задовольняти за якістю вимоги стандарту: вологість

0,14 %; доброякісність 99,75 %, вміст речовин, що редукують, не більш 0,05 %, золи не більш як 0,03 %.

3. Виробництво цукру-рафінаду. Вміст цукрозу в цукрі-піску становить не менше 99,75%, у рафінаді 99,9%. Основна відмінність у зовнішньому вигляді. Розрізняють литий і пресований рафінад. Найбільш міцний литий, одержують його у вигляді головок. Цукор-пісок розчиняють у воді. Сироп фільтрують і обробляють адсорбентами для видалення барвних речовин. Найчастіше використовують для цієї мети активоване вугілля. Потім варять утфель, видаляючи вологу, кристалізують. Центрифугують, пробілюють рафінадну кашку, яку потім пресують, або наливають у форми. Для додання білизни з блакиттю в цукровий сироп додають ультрамарин в кількості 0,0008%. Голівки цукру на спеціальному верстаті розколюють на шматки і фасують.

Перероблення відтоку — патоки, що має назву зеленої, може бути здійснено різними способами. Зелена патока разом із білою, що містять значну кількість цукрози, надходять до вакуум-апаратів другого продукту (уварювання II утфелю), де знову уварюється до високої концентрації (84,0-85,5 % сухих речовин). Водночас цукроза кристалізується і одержаний утфель надходить на центрифугування. Одержаний на цьому етапі центрифугування так званий жовтий цукор надходить до клерувального змішувача. Тут він розчиняється сатураційним соком і надходить до випарників разом з очищеним сиропом. Відтік із центрифуг другого продукту має назву меляси і є відходом цукробурякового виробництва. Процес розчинення продукту, що утворюється після центрифугування, можна багаторазово повторювати (клерування) і також багаторазово очищати, але витрати на процес одержання додаткової кількості цукру з кожним циклом зростають. На сучасних цукробурякових заводах використовується більш складна економічно обґрунтована трипродуктова схема перероблення зеленого відтоку. Продукт, одержаний після центрифугування III утфелю, називають бурим цукром.

Під час перероблення буряків одержують 3,5-5,0% меляси від ваги буряків, яка містить близько 80 % сухих речовин і 20 % води. До складу сухих речовин входить близько 50 % цукрози, решта — нецукри. Меляса є цінним продуктом і використовується як корм для худоби, сировина для виробництва спирту, дріжджів, молочної і лимонної кислот, харчового пектину тощо.

Крім меляси, у відходи цукрового виробництва зараховують жом і фільтрпресовий бруд. Вихід жому становить близько 90% від кількості перероблених буряків. В ньому міститься 93 -94% води, 6-7% сухих речовин, в тому числі 2,5% клітковини, 0,6% азоту, 0,2% золи і 0,2-0,28% цукру. Вихід сухого жому становить 7%. Вага одного кубічного метра сухого жому становить 220 кг. Вихід фільтрпресового бруду становить 5-6% від ваги буряків і містить 80% крейди (кальцій карбонату) і використовується для розкислення кислих ґрунтів.

Транспортно-мийні води спрямовують на поля фільтрації.

Питання для самоперевірки:

1. Яке значення цукрового виробництва у харчовій промисловості та які основні види цукру виробляють у світі?
2. Яка основна сировина використовується для виробництва цукру та які її технологічні характеристики?
3. Охарактеризуйте основні етапи технології виробництва цукру з цукрових буряків.
4. У чому полягає процес дифузії та які фактори впливають на ефективність вилучення сахарози?
5. Які процеси очищення соку застосовують у цукровому виробництві (дефекація, сатурація, фільтрація) та їх технологічне значення?
6. Охарактеризуйте процеси випарювання, кристалізації та центрифугування у виробництві цукру.

Тема 3.4. Технологія переробки зерна олійних культур

1. Загальна характеристика сировини для виробництва олії.
2. Способи добування олії.
3. Оцінка якості олії.

1. Олія має дуже різноманітне застосування. Вона споживається людиною безпосередньо в їжу, широко використовується майже у всіх галузях харчової промисловості: кондитерській, маргариновій, в кулінарії і хлібопеченні. Олію в значній мірі також використовують на технічні потреби, для виробництва мийних засобів, оліфи, лаків і фарб. Технічні рослинні жири використовуються при виробництві непромокальних тканин, клейончастих матеріалів, пластмас, штучних шкір, лінолеуму, виготовленні охолоджувальних рідин, технологічних мастил. Олію і продукти переробки її використовують також для приготування лікарських, косметичних препаратів і засобів. Білки насіння олійних культур застосовують для підвищення біологічної цінності багатьох харчових продуктів. Макуха і шроти є відходами при переробці зерна олійних культур, але це цінний високобілковий концентрований корм для сільськогосподарських тварин. Сировиною для виробництва олії є насіння соняшника, льону, озимого ріпаку, коноплі, арахісу, бавовнику, гірчиці, сої, маку. На даний час в світі виробляють приблизно таку кількість олії (млн. тон): соєвої – 20,5; пальмової – 16,7; ріпакової – 11,6; соняшникової – 9,5; бавовникової – 4,3; арахісової – 4,6; кукурудзяної – 2,1; оливкової – 1,9. Основною сировиною для виробництва олії в Україні є насіння соняшнику, льону, озимого ріпаку, гірчиці та сої. Провідну роль серед олійних культур на Україні, звичайно, відіграє соняшник. Річне виробництво соняшникової олії становить понад 1 млн. тонн. Насіння соняшнику містить близько 57% олії, а ядро становить до 65%. При переробці 100 тонн насіння соняшнику вихід олії становить 47 тонн, шроту – 30, плодових і насінних оболонок 20 тонн.

Всі культури, що є сировиною для масловидобувної промисловості, можна

розділити на 2 групи: олійні рослини, які вирощують для одержання олії, і рослини, з яких одержують інші продукти, а потім одержують олії. До першої групи відносяться соняшник, ріцина, рапс.

Друга група включає:

- прядильно-олійні рослини (бавовник, льон, конопля);
- білково-олійні рослини (соя, арахіс);
- пряно-олійні рослини (гірчиця);
- ефіроолійні рослини, з яких спочатку виділяють ефірне масло (коріандр);
- оліємісткі відходи (зародки зернових культур, виноградне насіння,

плодові кісточки та ін.).

Залежно від вмісту жиру в ядрі всі олійні культури розподіляються на три групи:

низькоолійні з вмістом жиру 15-35% (соя);

середньоолійні з вмістом жиру 35 - 55 % (бавовник);

високоолійні з вмістом жиру 55 і вище (соняшник, арахіс, льон та ін.)

Соняшник містить більше 55 % олії. Лушпиння складає 19-26%.

Бавовник містить 22 - 26 % олії, лушпиння - 28 - 54 %. Сира бавовняна олія містить токсичний пігмент госсипол, що надає олії темного кольору. Для видалення госсиполу олію піддають рафінації.

Соя містить 19 - 22 % олії, лушпиння 5 - 10 % білків біля 40 %.

Льон має 40 - 48% жиру. Лушпиння при переробці насіння не відокремлюється.

Арахіс містить 40,2 - 60,7 олії, білків 20 - 37,2 %. Білкові речовини арахісу добре засвоюються організмом людини.

Олійність насіння *рицини* – 54-56, лушпиння – 22-25%.

Олію виробляють також із насіння гарбузів, свиріпи, томатів, кісточок маслин, абрикосів, персиків, яблук, вишень, винограду, слив, з усіх видів горіхів, зародків кукурудзи, пшениці та інших зернових культур.

Для обробки зерна олійних культур важливо знати його фізичні властивості – це сорбція, сипкість, шпаруватість, також фізіологічні процеси, що в ньому відбуваються такі як життєдіяльність зерна, мікроорганізмів, шкідників, які в ньому знаходяться. Якщо насіння олійних культур при зберіганні сухе, очищене від домішок і охолоджене, воно перебуває в стані спокою і зберігається не гірше, ніж насіння зернових культур. Базисні кондиції по вологості олійних культур наступні у відсотках: соняшнику – 12; льону -13; ріцини – 9; арахісу – 11; сої – 14; гірчиці – 12; ріпаку – 12; маку – 11.

2. Одержують олію двома способами: механічним і хімічним або екстракційним. В основі механічного способу лежить пресування, тобто використовується тиск для відокремлення рідкої фракції від твердої. Виробництво олії способом екстракції зумовлюється властивостями деяких речовин розчиняти олію і практично не розчиняти переважну більшість складових речовин насіння. Принципову схему перероблення олійної сировини та окремі технологічні операції,

показано на рис. 1.

Насіння переважної кількості олійних рослин після збирання надходить із вологістю, що здебільшого перевищує припустимі значення для зберігання і технологічного перероблення. Підготовка насіння полягає в очищенні його від всіх видів домішок та його висушуванні. У промисловості для очищення олійномісткого насіння від домішок використовують повітряно-ситові сепаратори. Найпоширенішим способом зниження вологості насіння є теплове сушіння, під час якого відбувається нагрівання насіння за допомогою сушильного агента (на шахтних та барабаних сушарках сумішшю повітря та димових газів). Для поліпшення роботи шахтних сушарок застосовують рециркуляційні способи сушіння, комбіновані та з попереднім підігріванням сировини.

Запаси жиру в тканинах містяться переважно в ядрі насіння - в зародку і ендоспермі; плодова і насіннева оболонки містять невелику кількість жиру з гіршим ліпідним складом, тому при переробці насіння і плодів відокремлюють оболонки від основної жиромісткої тканини ядра.

Процес відокремлення оболонки складається з двох операцій: руйнування оболонок насіння (шеретування) і наступного відокремлення їх від ядра. В результаті шеретування одержують суміш, що називається *шеретівкою*. Вона складається з цілого ядра, оболонки, часток ядра (січки), жирового пилу, цілого і не зовсім обрушеного насіння.

Плодову оболонку соняшникового насіння руйнують відцентровими шеретувальними машинами. Насіння надходить через живильник до ротора із частотою обертів $1200-1500 \text{ хв}^{-1}$ і рухається вздовж радіуса ротора, а потім, покидаючи ротор, ударяється в металеву поверхню – деку, оболонка насіння при цьому руйнується. Відрегульована машина шеретує зерно на 95%. Нешеретованого зерна згідно державного стандарту повинно бути не більше 5%, січки не більше 3% від ваги ядра.

Розподіл шеретівки на лушпиння та ядра ґрунтується на різниці в їх розмірах та аеродинамічних властивостях. Лушпиння значно більше за розмірами від ядра і чинить менший опір повітряному потоку. Спочатку одержують фракції шеретівки, що містять у собі частинки лушпиння і ядер одного розміру, а потім у повітряному потоці кожну одержану фракцію розділяють на лушпиння та ядра, застосовуючи для цього аспіраційні віялки.

Щоб полегшити виділення олії з клітин насіння, треба розірвати їхні оболонки. Для цього ядра після шеретування подрібнюють на вальцових верстатах. Подрібнене на вальцях ядро називають м'яткою, яку не можна довгий час зберігати, тому що ферменти клітин (ліпази) починають швидко розкладати жири, погіршуючи як харчові так і технічні властивості олії. Щоб не допустити цього, м'ятку нагрівають (прожарюють) при $90-97^{\circ}\text{C}$, тобто до температури інактивації ферментів. Під час нагрівання м'ятки зменшується в'язкість олії, завдяки чому вона краще відділяється, крім того відбувається зсідання (коагуляція) білків, руйнується протоплазма клітин. Все це сприяє максимальному виходу і покращенню якості олії. Щоб запобігти підгорянню м'ятку в процесі підігрівання зволожують парою або

навіть водою і добре перемішують. Зволоження і піджарювання м'ятки на олійних заводах здійснюють на жаровнях різної конструкції. Продуктивність жаровні в середньому становить 125 тонн на добу. Після прожарювання м'ятку подають в цех пресування для вичавлювання з неї олії.



Рисунок 1 - Принципово-технологічна схема перероблення олійної сировини

На сучасних заводах перед пресуванням або екстракцією м'ятки застосовують метод попереднього відділення олії. При цьому методі добре подрібнену м'ятку зволожують водою в спеціальному чані, який називається форчаном, нагрівають її парою до температури 50-70°C. Білки м'ятки при цьому набухають (інтенсивно насичуються парою) і олія тоді у вільному стані проходить крізь отвори в днищі форчану. Попередній витяг олії здійснюють на шнекових пресах (форпресах), на яких витягають 60 - 85 % жиру. Жирність макухи становить 18 %. Частково знежирена м'ятка, або так звана ракушка, надходить у молоткову дробарку, після цього тонко подрібнюється на вальцових верстатах. Продукт, що утворюється після вальцівки, направляють на жаровню з наступним пресуванням на пресах для кінцевого виділення олії (експеллерах). В макусі залишається 4-5% олії. При добуванні олії способом пресування спостерігаються значні втрати її, що становлять 9-10% в залежності від наявного устаткування (4-5% у макусі, решта втрачається в ході технологічного процесу).

Зразу після одержання олії проводять її первинне очищення для видалення механічних домішок, (дрібних частин насіння, обривків мезги, що потрапили в олію

при пресуванні). Зберігання олії з домішками призводить до погіршення її якості в результаті хімічних та біохімічних процесів. Тому первинне очищення є обов'язковою технологічною стадією одержання олії пресовим способом. Для видалення механічних домішок використовують способи відстоювання, центрифугування, фільтрування.

Пресовим способом неможливо досягти повного знежирення м'ятки. Єдиний спосіб, який забезпечує повне вилучення олії, є екстракційний. Форпресову макуху перед надходженням на екстрагування обробляють для надання їй структури крупки, гранул або пелюстків, які забезпечують максимальне вилучення олії розчинниками.

Оброблення форпресової макухи здійснюють за такої послідовності: грубе подрібнення макухи, друге, більш тонке, подрібнення на валкових та інших дробарках, що дають макухову крупку. Перед отриманням пелюстків крупку зволожують і підігрівають для підвищення пластичності, потім крупка надходить до плющильної вальцівки, на якій одержують макухову пелюстку завтовшки 0,25-0,5 мм. Одержання пелюстків можливе також під час прямого екстрагування з високоякісного насіння, наприклад сої, яке надходить на екстрагування, як так звана сира пелюстка.

Екстракційний (хімічний) спосіб добування олії є більш досконалим порівняно із способом пресування. При цьому способі олія виділяється повніше, ніж при пресуванні. У шроті лишається лише 1% олії.

Спосіб екстракції ґрунтується на властивостях деяких рідин розчиняти олію (бензин, чотирьох хлористий вуглець, дихлоретан).

Розчинники, що використовують для екстракції олії повинні задовольнити таким вимогам і мати такі властивості:

- добре розчиняти жир, змішуватись з ним в будь-яких співвідношеннях, не розчиняти інших компонентів екстрагуємого матеріалу;
- мати однорідний склад;
- повністю видалятися з олії і шроту;
- не вступати в хімічні реакції з насінням;
- не сприяти руйнівній дії на апаратуру;
- бути не шкідливими для людини, бути пожежо- і вибухобезпечними.

Розчинників, що мають всі перелічені властивості, в наш час не існує. В промисловості для екстракції олії застосовують бензини різних марок. Перевагою бензину є нейтральність у відношенні до матеріал у, який екстрагується, та до апаратури, добра здатність розчиняти олію. Але бензин легко спалахує, вибухонебезпечний, токсичний, вдихання парів бензину шкідливе, тому повинні бути створені спеціальні умови у відповідності з санітарними нормами та правилами роботи з вогне- і вибухонебезпечними речовинами.

На олійних заводах для вироблення олії екстракційним способом як розчинник використовують бензин. Підготовка сировини до екстрагування принципово не відрізняється від підготовки її для пресування. Проте для збільшення поверхні дотику між розчинником (бензином) та подрібненою сировиною (м'яткою) її додатково пропускають через плющильну вальцівку з гладенькими вальцями і

отримують пластинки товщиною 0,2-0,4 мм. Підготовлені пластинки транспортерами подають в екстрактори. При цьому потрібно, щоб пластинки не руйнувалися і не утворювалися борошно подібні частки, які в екстракторі будуть злягатися у щільну масу, що буде ускладнювати екстрагування. При контактуванні пластинок м'ятки і бензину в екстракторі, олія яка міститься в пластинках м'ятки розчиняється в бензині і в результаті утворюється розчин – міцела, який виводиться із екстрактора в іншу ємкість через нижній патрубок екстрактора. В екстракторі лишається шрот. Після закінчення екстракції шрот містить 1% олії і 40 % розчинника.

Застосовують два способи екстракції:

1) спосіб занурення олійної сировини в розчинники, якими є бензин марки А або нефрас з температурою кипіння 63 - 75°C. Екстракцію олії проводять методом занурення: (матеріал, що екстрагується, занурюється в розчинник, який рухається назустріч, протитоком);

2) спосіб ступінчастого зрошення (розчинник постійно перемішується, а матеріал, що екстрагується, знаходиться у спокої в камері (в одній і тій же ємності) або на стрічці, яка рухається).

При першому способі екстракція триває 45 - 60 хв., при другому способі тривалість екстракції становить 140- 190 хв.

Шрот вивантажують із екстрактора, обробляють водяною парою. В результаті такої обробки розчинник випаровується, шрот підсушується, охолоджується і використовується як цінний корм для тварин. Шрот, який подають на зберігання, повинен мати вологість у межах 3,5-9%, а його температура не повинна перевищувати 40° С. Вміст розчинника у шроті не повинен становити понад 0,1%, феродомішок – понад 0,01%. Міцелу після екстрагування фільтрують на спеціальних фільтрах. Вона містить 25-39% олії і 70-75% бензину.

Для відділення олії із міцели її направляють на відгонку бензину. Цей процес проводять у дистиляційних установках. Спочатку міцелу підігрівують парою до температури 100-105°C (попередня відгонка). При цьому частина бензину випаровується і концентрація олії підвищується до 75-85%. Після цього міцела надходить у кінцевий дистилятор, бензин повністю відганяється парою при температурі 210-220°C. Утворена в кінцевому дистиляторі олія виводиться з нього, охолоджується водою у теплообміннику, зважується і направляється у сховище. Пари бензину по трубах відводяться в конденсатор з водяним охолодженням. В конденсаторі завдяки різній питомій вазі відбувається поділ їх на бензин і воду. Екстракційний спосіб одержання олії на даний час є провідним.

Кінцевим продуктом екстракції або пресування є нерафінована олія. Часто вона реалізується на ринку на розлив. Вона має попит у малозабезпечених верств населення та у людей, що віддають перевагу її смаковим якостям. Нерафінована (неочищена) містить корисні для людини фосфоліпіди і антиоксиданти, але має обмежений термін зберігання. Отже потрібна подальша обробка олії, щоб подовжити її термін зберігання.

Олія після пресування або екстрагування містить тверді і колоїдні домішки, зокрема білкові та слизисті речовини, фосфатиди, які під час очищення видаляються.

Для очищення олії від домішок використовується рафінація (очищення). Під час проведення рафінування необхідно не тільки вилучити небажані, а й зберегти всі цінні речовини, що містяться в жирі, не допустити їх втрат та розпаду.

Методи рафінації поділяють на фізичні, хімічні, фізико-хімічні.

Фізичні методи очищення олії: відстоювання, центрифугування, фільтрування застосовуються для видалення твердих частинок.

Хімічні методи очищення олії: гідратація і лужна рафінація служать для виділення фосфоліпідів, вільних жирних кислот.

Фізико-хімічні методи очищення олії: адсорбційна рафінація і дезодорація служать для видалення барвників, смакових і ароматичних речовин.

Рафінація може бути повною і частковою. Олії після рафінації втрачають специфічність, стають прозорими, злегка жовтими, без смаку і запаху, втрачають ряд біологічно цінних компонентів, тому в їжу слід вживати олії, що пройшли часткове очищення.

Фізичні: 1. Відстоювання – спосіб очищення олії від твердих домішок на механізованих гуще-пастках-відстійниках, але його в даний час майже не застосовують як самостійний спосіб.

2. Центрифугування – спосіб очищення олії від механічних домішок і води, здійснюється на різного роду центрифугах.

3. Фільтрування – найбільш поширений спосіб очищення. Фільтрування здійснюється через спеціальну тканину або фільтрувальний папір та фільтрпресах.

Хімічні: 1. Гідратація – очищення олії від розчинних у ній фосфатидів, білкових та інших речовин. Для цього вводять в олію насичену пару. При перемішуванні олії білкові речовини і фосфатиди зволожуються, набухають і як результат утворюються пластівці, які випадають в осад. Цю осаджену фосфоліпідну емульсію висушують, одержують фосфатидний концентрат, який використовують у харчовій промисловості, а також для приготування комбікормів для тварин.

2. Лужна рафінація – це один із найпоширеніших способів очищення олії від вільних жирних кислот, які не зв'язані із гліцерином. При взаємодії вільних кислот із лугом утворюються нерозчинні в олії солі – мило, що випадає в осад у вигляді пластівців (соапсток). Щоб повністю вилучити мильний осад в олію пропускають воду і висушують у вакуум-сушарках, де вона звільняється від води у безперервному потоці.

Фізико-хімічний методи: 1. Адсорбційна рафінація – для очищення олії від фарбників застосовують так звану адсорбційну рафінацію (відбілювання). Суть її полягає в обробці олії спеціальними відбілюючими порошками. Дрібненькі частинки порошоків адсорбують на своїй поверхні фарбуючі речовини. Для відбілювання використовують різні відбілюючі глини, активоване вугілля.

2. Дезодорація – проводять її з метою видалення з олії неприємного смаку і запаху. Для цього в спеціальних апаратах періодичної або безперервної дії через шар олії пропускають перегріту розріджену водяну пару температурою 480-220°C.

3. Вінтеризація (виморожування) – технологія виведення воскоподібних речовин в уже рафінованій олії, полягає в повільному охолодженні олії, витримка при

низькій температурі (0 -5°C) та подальшому відокремленні осаду фільтруванням.

Вибір способу рафінування залежить від складу та кількості домішок, їх властивостей та призначення олії. Здебільшого для повного очищення олії поєднують кілька способів.

Відповідно до діючих стандартів виробляються олії нерафіновані, гідратовані, рафіновані не дезодоровані та рафіновані дезодоровані.

3. Якість олії оцінюють за її зовнішнім виглядом, фізичними властивостями і хімічним складом. Для оцінки якості олії відбирають середню пробу в залежності від розміру партії (ГОСТ 5471-59): від 16 тонн 1 літру, 16-50 тонн – 2 літри, 50-200 т – 5 літрів. Середню пробу перемішують і відбирають 0,5 літрів для аналізу.

Важливими ознаками олії, що характеризують її якість є запах, колір і прозорість. Харчова олія повинна бути прозора, мати світло-жовтий колір. Ці ознаки визначаються при температурі 20°C. Колір визначають при нанесенні тонкого шару її на пластинку із скла або розтирають на тильній поверхні руки.

Щоб визначити прозорість, 100 мл олії наливають у скляний циліндр і залишають на добу у спокої для відстоювання при температурі 15-20°C. Після цього олію розглядають на фоні білого паперу. Крім того визначають кількість відстою ваговим або об'ємним методом.

Однією з важливих ознак олії є кислотне число, під яким розуміють кількість міліграмів лугу (їдкого калію), що піде на нейтралізацію вільних жирних кислот в 1 грамі олії. Кислотне число доброякісної олії: соняшникова – 0,01-2,4; льонова – 165-192; соєва – 94-112.

Йодне число це кількість грамів йоду який зв'язується із 100 грамами даного жиру. Приєднання йоду відбувається по місцю подвійних зв'язків, які є в ненасичених жирних кислотах. Отже йодне число дає уявлення про вміст у жирі ненасичених жирних кислот. Чим вище йодне число (чим більше йоду зв'язалось), тим більш рідкий даний жир, тим більш він придатний для виготовлення фарб і лаків, швидко сохне на відкритому повітрі). Середнє йодне число олії становить: соняшникова – 119-144; льонова – 165-192; соєва – 94-112.

Число омилення показує, яка кількість міліграмів їдкого калію необхідна для нейтралізації всіх жирних кислот (вільних і зв'язаних з гліцерином) в 1 грамі жиру. Число омилення складає: соняшникова – 183-196; льонова – 186-195; соєва – 168-185.

При виробництві олії з насіння олійних культур механічним способом відходами є макуха. Льонова, соняшникова, конопляна, ріпакова та інші є цінним білковим кормом для тварин. Макуху, яку одержують після переробки зерна арахісу, маку, використовують у кондитерському виробництві. З макухи гірчиці виготовляють столову гірчицю. Макуху з бавовнику, яка має отруйну речовину госсипол, використовують на добриво або на паливо.

Для маргаринової продукції основною сировиною є рослинні олії (соняшникова, соєва, ріпакова, арахісова) та молоко. До допоміжної сировини належать сіль, цукор, вода, вершки, вершкове масло, смакові добавки – какао порошок, ванілін, лимонна есенція, ароматизатори, харчові барвники. Рослинні олії

для виготовлення маргарину мають бути рафінованими і дезодорованими.

Питання для самоперевірки:

1. Яке значення олійно-жирової промисловості у харчовій галузі та які основні види рослинних олій виробляють?
2. Яку сировину використовують для виробництва рослинних олій та які її основні технологічні властивості?
3. Охарактеризуйте основні етапи технології виробництва олії (підготовка сировини, пресування, екстракція, рафінація).
4. У чому полягає різниця між механічним пресуванням та екстракційним способом одержання олії?
5. Які основні процеси рафінації олії та їх технологічне значення?
6. Які фактори впливають на якість та вихід рослинної олії?
7. Які побічні продукти утворюються під час виробництва олії та напрями їх використання?

Тема 3.5. Технологія виробництва крохмалю

1. Загальна характеристика сировини і виробництва.
2. Технологія виробництва кукурудзяного крохмалю.
3. Виробництво картопляного крохмалю та чіпсів.

1. Крохмаль являє собою полімер глюкози ($C_6H_{10}O_5$)_n, який утворюється в рослинах і є їх основним резервним вуглеводом. Для його промислового одержання найбільш придатні: картопля, зерна кукурудзи, пшениці, жита та інших крохмалевмісних культур.

Кукурудза як сировина для виробництва крохмалю має переваги у порівнянні з картоплею, оскільки відрізняється високою транспортабельністю і краще зберігається. Це дає змогу кукурудзопереробним заводам працювати цілий рік, тоді як картоплепереробні заводи працюють тільки 3-5 міс. Одержання крохмалю з кукурудзи трохи складніше, ніж із картоплі, через більш складну будову і структуру зерна кукурудзи, більший уміст білка і жиру. Проте сировину використовують у виробництві повніше, ніж під час перероблення картоплі, заводи технічно краще оснащені. Втрати сухих речовин сировини під час перероблення кукурудзи значно менші, ніж під час перероблення картоплі. Вихід крохмалю з 1 га картоплі і кукурудзи приблизно однаковий. Виробництво крохмалю на єдиному в Україні Верхньо-Дніпровському крохмале-патоковому заводі становить 4 000 т на добу.

Сухий картопляний крохмаль у ряді випадків має кращі поживні властивості, ніж кукурудзяний, оскільки дає більш в'язкі клейстеризовані розчини. Хімічний склад картоплі та кукурудзи наведено в таблиці 1.

Кукурудзяна патока за головними показниками (склад редукуючих речовин, зольності тощо) не гірша за картопляну.

Крохмаль міститься у клітинах рослинних тканин і виокремлюється з них як крохмальні зерна. Крохмаль та одержані з нього продукти мають широке застосування в кондитерській промисловості, у виробництві патоки і глюкози, у текстильній промисловості, паперовій і багатьох інших галузях народного господарства.

Таблиця 1 – Хімічний склад картоплі та кукурудзи

Сировина	Вміст, %		Склад сухих речовин,%						
	Вологи	Сухих речовин	Крохмаль	Азотні речовини	Клітковина	Зола	Жир	Розчинні вуглеводи	Пектин, пентозани
Картопля	75	25	74	8	4	4	0,8	3,2	6
Кукурудза	13	87	70	12	1,8	1,5	6,0	3-5	4

Для одержання сирого крохмалю після відокремлення крохмальних зерен і очищення від забруднень, перш за все, треба зруйнувати клітинні стінки механічним обробленням зерна та екстрагентами (у виробництві крохмалю з кукурудзи). Кукурудза, що надходить на перероблення в зерні або в качанах, повинна мати вологість 13-16% і відповідати іншим вимогам (забрудненість, вміст домішок тощо). Зерна кукурудзи мають зародок, маса якого становить від 8 до 12% від маси зерна. Жирові речовини містяться в зародку.

У зерні кукурудзи розрізняють п'ять елементів: оболонку, що складається із двох шарів – перинарного й алеїронового, ендосперму, зародка і чохла.

Оболонка захищає внутрішні частинки зерна від пошкоджень і забруднень мікроорганізмами. Під оболонкою міститься захищений алеїроновим шаром ендосперм, який складається із товстостінних клітин. Зародок міститься в нижній частині зерна і має видовжену форму. За масою елементи зерна становлять (%): оболонки – 6-8, зародок – 8-12, ендосперм – 80-83.

Цінні складові частини зерна кукурудзи – крохмаль, білок і жир – відокремлюються в процесі перероблення і використовуються для одержання товарної продукції, кормових речовин та олії. Переробляється також і екстракт, одержаний під час замочування кукурудзи, який використовують у дріжджовій, ферментній та інших галузях промисловості.

2. Крохмаль з кукурудзи повинен відповідати вимогам ДСТУ 3976-2000 Крохмаль кукурудзяний сухий. Технічні умови.

На рис. 1 показано замкнуту схему виробництва крохмалю із кукурудзи, що складається із таких етапів: очищення зерна від домішок, замочування, подрібнення і

виділення зародка, подрібнення кашки, виділення із кашки крохмалю, промивання і сушіння крохмалю.

Замочування зерна. Очищене від домішок зерно надходить у відділення для замочування, метою якого є розм'якшення зерна, що полегшує відокремлення крохмалю, оболонок та зародка. У процесі замочування виводиться значна частина розчинних речовин кукурудзи, що утруднюють відокремлення крохмалю – цукрів, декстринів, амінокислот, білків, золи тощо. У процесі замочування знижується механічна міцність зерна, екстрагуються його розчинні елементи.

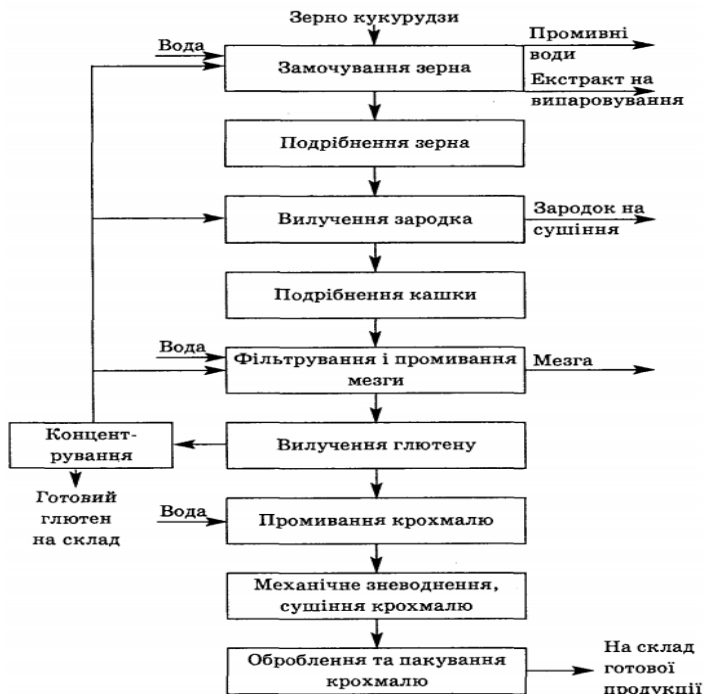


Рисунок 1 – Принципово-технологічна схема виробництва кукурудзяного крохмалю

Замочування здійснюють сірчистою водою в замочувальних апаратах місткістю 50-130 м³. Розчин сірчистої води одержують насиченням води сірчистим ангідридом, одержаним під час спалювання сірки у спеціальних печах. Чани мають циліндро-конічну форму, виготовлені з дерева, сталі, алюмінію або залізобетону. Нижня частина має розвантажувальний люк і боковий отвір для відведення екстракту, які перекриті решітками зі щілинами. Чани групують у батареї об'ємом на 10-16 діб роботи і з'єднують трубопроводом і жолобами. Для замочування зерна застосовують протитечійний метод екстракції. Свіжий розчин сірчистої кислоти надходить в

останній (хвостовий) апарат батареї, з якого передбачається вивантаження. Протягом кількох хвилин залиту воду перекачують через чан, забираючи її знизу і подаючи нагору. Цей спосіб називають «циркуляцією на себе». Після циркуляції розчин подається в наступний апарат. Після цього зерно із хвостового апарата вивантажується. Розчин таким чином перекачується з апарата в апарат назустріч кукурудзі, що надходить. Поступово концентрація розчинних речовин в екстракті збільшується і, нарешті, екстракт надходить у чан, в який завантажена свіжа кукурудза (головний апарат). Звідси екстракт відбирають із концентрацією сухих речовин 7-9%. Для підтримання температури екстракції в чанах 48-50°C екстракт періодично підігрівають в теплообмінниках. Час екстрагування 48-50 год. Під час замочування у зерні кукурудзи відбуваються складні фізико-хімічні процеси. Із зерна в замочувальну воду переходить близько 70% мінеральних солей, 40% розчинних вуглеводів і 13% розчинного білка. Усього в замочувальну воду переходить 7-10% сухих речовин зерна. Під дією сірчистої кислоти зерно розм'якшується і набухає, а білок денатурується. Підготовлене таким чином зерно гідравлічний транспортер подає на подрібнення і відокремлення зародка.

Подрібнення і відокремлення зародка. Перед подрібненням зерно надходить у бункер, звідки направляється на дробарки. Для відокремлення поверхневої вологи використовують дугові сита. Основна мета подрібнення полягає у відокремленні із зерна зародка. У цьому разі вилучається також до 25% крохмалю.

У процесі замочування послаблюється зв'язок зародка з ендоспермом. Завдяки замочуванню зародок стає еластичним і майже не подрібнюється, що сприяє його подальшому вилученню на сепараторах або гідроциклонах.

Подрібнення кашки. Після дворазового подрібнення зерна кукурудзи і вилучення з нього паростків одержана маса складається із крохмалю, великих частинок ендосперму, глютену. Щоб вилучити крохмаль, що зв'язаний із некрохмалистою частиною зерна, необхідно подрібнити кашку на жорнах або млинах.

Фільтрування і промивання мезги. Продукт, одержаний після подрібнення кашки, містить вільні зерна крохмалю, білки, частини глютену, клітковину. Окремі складові відокремлюють зі складної суспензії фільтруванням, тобто пропусканням суспензії через сита, які розподіляють суспензії за розміром частинок на окремі фракції. Просіювання уможливорює відокремлення крохмалю від великої та дрібної мезги. Для вилучення більш легких частинок глютену та інших домішок застосовують центрифугування. Принцип розподілу на центрифугах ґрунтується на різниці густини компонентів суспензії. Густина крохмалю – 1 610, мезги – 1 300 кг/м³. У сепараторах крохмаль із більшою густиною легко відокремлюється від частинок глютену і мезги з меншою густиною.

Для підвищення ступеня розподілу суспензію послідовно обробляють на кількох сепараторах. Одержане крохмальне молоко додатково очищують на вакуум-фільтрах або гідроциклонах. Вихід крохмалю становить від 60 до 66,6% від маси сухої кукурудзи.

Перероблення відходів виробництва крохмалю. Крім крохмалю, із зерна кукурудзи одержують інші цінні харчові продукти: олію, кукурудзяний корм, екстракт.

Перероблення кукурудзи на крохмаль за замкнутою схемою є прикладом організації безвідхідного виробництва, коли всі елементи сировини використовують для одержання цінних продуктів.

3. Сировиною для виробництва картопляного крохмалю є картопля. Її хімічний склад залежить від сорту, кліматичних, ґрунтових умов. Середній склад картоплі (%): вода – 75; сухі речовини – 25; з них крохмаль – 18,5; білкові речовини до 2; клітковина – 1; мінеральні речовини – 0,9; цукри -0,8; жир – 0,2; пектинові речовини, пентозани – 1,6.

Картопляний крохмаль - це білий порошок, біополімер, що отримується з бульб картоплі. Він утворюється в клітинах рослин у вигляді крохмальних зерен. Має найкрупніші зерна (15-100мкм), овальної форми з концентричними борозенками, здатний набрякати у воді, а при нагріванні з нею утворювати в'язкий прозорий клейстер. Крохмальний клейстер є нестабільний при перемішуванні, термічній дії і зберіганні. Картопляний крохмаль використовують у крохмале-патоковому виробництві, під час виготовлення деяких видів варених ковбасних виробів, кондитерських виробів, в кулінарії. Має значно кращі та унікальні показники в порівнянні з аналогами (кукурудзяний, тапіоковий, рисовий, гороховий і тд.) Цей дрібний білий порошок без запаху і смаку має виняткові зв'язуючі, загущувальні та гелеутворюючі властивості. Відомий своєю чистотою, консистенцією та функціональністю, картопляний крохмаль знаходить широке застосування в різних галузях промисловості. Він має чудові згущувальні та зв'язувальні властивості, сприяє покращенню текстури та вмісту вологи в продуктах харчування, а також слугує безглютеновою альтернативою пшеничному борошну.

Крохмаль утримується в клітинах бульб у вигляді крохмальних зерен різної форми. При одержанні сирого крохмалю основною метою є добування цих зерен і їхнє очищення від забруднень. Для промислового виробництва крохмалю в основному використовують картоплю, хоч крохмаль можна одержати із злакових культур. Картопляний крохмаль при нагріванні у воді дає більш в'язкі клейстери, тому його споживча цінність вища.

При одержанні крохмалю з картоплі (рис. 2) технологічний процес складається з таких операцій: миття, подрібнювання, промивання маси водою, а потім пропущення крохмального молочка через сита: мезга залишається на ситі, а воду з крохмалем відстоюють у чанах або розділяють на центрифугі. Вихід крохмалю залежить від ступеня подрібнення бульб. Чим дрібніше подрібнення, тим більше розкрито клітин, тим більший вихід крохмалю. Одержують сирий крохмаль з вмістом вологи в масі 40-50%. У такому вигляді сирий крохмаль використовують для виробництва крохмалопродуктів і крупи саго. Для вироблення сухого крохмалю проводять сушіння при температурі не більше 50°C. Крохмаль упаковують у чисті сухі мішки, або у поліетиленові пакети і зберігають у чистих, сухих, добре провітрюваних приміщеннях на стелажах при температурі не вище 10-15°C і відносній вологості повітря не більше 70%.

Якість крохмалю повинна відповідати вимогам ДСТУ 4286:2004 Крохмаль картопляний. Технічні умови. Залежно від ступеня очищення крохмаль розділяють на чотири гатунки. Крохмалі: екстра, вищий, 1-й, II-й гатунків, повинні мати більш однорідний колір і властивий крохмалю запах (не допускається зайві запахи). Вологість 20%.

Своєрідний метод обезводнення картоплі – виготовлення чіпсів (хрусткої картоплі). Чіпси одержують шляхом обжарювання та одночасного обсушування в олії нарізаної тоненькими кружечками картоплі. За органолептичними показниками це продукт золотисто-жовтого кольору, хрусткої консистенції, який містить 4% білка, 35-40% жиру, 50% крохмалю, до 2% солі і до 2% води. Для переробки беруть бульби, які містять не більше 0,4% цукру (так звані чіпсові сорти). При більшому вмісті цукру в процесі обжарювання картоплі між цукрами і амінокислотами відбувається реакція меланоїдоутворення з одержанням темнозбарвлених продуктів.



Рисунок 2 - Принципово-технологічна схема виробництва картопляного крохмалю

Технологія одержання чіпсів не складна: картоплю ріжуть на кружечки товщиною 0,8-1,5 мм, видаляють частково цукор і крохмаль шляхом промивання водою, підсолюють (1-2% солі), підсушують від зайвої вологи і обжарюють у печах на соняшниковій, арахісовій чи кукурудзяній олії при температурі 160-180°C протягом 3-4 хв. Підготовлену сировину опускають в гарячу олію у марлевих мішках, або у сітках із нержавіючої сталі. Потім охолоджують на конвеєрі і розфасовують. Витрати сировини на одну тону готового продукту: 3,5 тони картоплі, 450 кг олії, 17 кг солі. Строк зберігання чіпсів становить 4-5 діб при температурі 18-20°C, а при температурі близько нуля – 4-5 тижнів.

Питання для самоперевірки:

1. Яке значення крохмалю в харчовій та переробній промисловості та які основні види крохмалю виробляють?
2. Яку сировину використовують для виробництва крохмалю та які її технологічні особливості?
3. Охарактеризуйте основні етапи технології виробництва крохмалю з картоплі та зернової сировини.
4. У чому полягає процес подрібнення і відокремлення крохмалю від клітинної маси?
5. Які методи очищення і рафінації крохмалю застосовують у промисловості?
6. Які фактори впливають на вихід і якість крохмалю?
7. Які побічні продукти утворюються під час виробництва крохмалю та напрями їх використання?

Перелік літератури, необхідної для опрацювання курсу

Модуль 1. Сировина та допоміжні матеріали харчових виробництв

1. Євлаш В. В., Газзаві-Рогозіна Л. В., Пілюгіна І. С., Сєногонова Л. І. Безпека продовольчої сировини і харчових продуктів: навчальний посібник-практикум. Х.: Світ Книг, 2021. 120 с.
2. Зубар, Н.М. Теоретичні основи харчових виробництв: підруч. Київ: Видавничий дім «Кондор», 2020. 304 с.
3. Mbow, C., Rosenzweig, CE, Barioni, LG, Benton, TG, Herrero, M., Krishnapillai, M., ... & Diouf, AA (2020). Харчова безпека (№ GSFC-E-DAA-TN78913). IPCC.
4. Решта С. П., Пилипенко Л. М., Данилова О. І. Фізіологічні аспекти оцінки якості харчових продуктів. Олді+, 2021. 334 с.
5. Капрельянц Л. В. Біологічна хімія з основами фізіології харчування: курс лекцій. Вид. 4-е, перероб. і допов. Харків : Факт, 2023. 228 с.
6. Сучасні досягнення харчової науки : навчальний посібник для студентів і аспірантів спеціальності 181 «Харчові технології» : У 2-х ч. Ч. 2 / Ладика В. І., Шильман Л. З., Перцевой Ф. В. та ін.; за заг. редакцією Ладика В. І. Херсон : Олді+, 2022. 352 с. <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/8268>
7. Бірта Г.О., Бургу Ю.Г. Товарознавство сировини, матеріалів і засобів виробництва. Рослинна і тваринна сировина. Навчальний підручник, К.: Центр учбової літератури, 2023. 368 с.
8. Технологія переробки плодів та овочів : електрон. підруч. / уклад. Т. Локванець. Київ: НМЦ, 2020. URL: http://192.162.132.48:5000/MyWeb/manual/agronomija/tecn_pererob_plodiv_i_ovochiv/Zmist/Zmist.html
9. Нутриціологія та харчова безпека [Електронний ресурс]: навч. посібник / Л.Ф. Павлоцька, О.Ф. Аксьонова, Л.А.Скуріхіна. Х. : ХДУХТ, 2020.
10. Зрезарцев М.П., Зрезарцев В.М., Параніч В.П. 3-89 Товарознавство сировини та матеріалів: Навч. пос. К.: Центр учбової літератури, 2022. 404 с.
11. Задорожна О.М., Парахненко В.Г., Тараймович І.В. (2025). Гормони та їхня роль у регуляції обміну речовин. «Наука і техніка сьогодні» (Серія «Педагогіка», Серія «Право», Серія «Економіка», Серія «Фізико-математичні науки», Серія «Техніка»)): журнал. № 3 (44), 1107-11118. [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-3\(44\)-1107-1118](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-3(44)-1107-1118)
12. Парахненко В.Г., Задорожна О.М., Тараймович І.В. (2025). Антиоксиданти в харчуванні: природні та синтетичні. «Наука і техніка сьогодні» (Серія «Педагогіка», Серія «Право», Серія «Економіка», Серія «Фізико-математичні науки», Серія «Техніка»)): журнал. № 3 (44), 1365-1375. [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-3\(44\)-1365-1375](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-3(44)-1365-1375)

Модуль 2. Технологія водопідготовки для харчових підприємств

1. Толстопалова Н. М. Теоретичні основи хімії та технології водопідготовки [Електронний ресурс] : підруч. для здобувачів ступеня бакалавра за спец. 161 Хімічні технології та інженерія / Н. М. Толстопалова, Т. І. Обушенко, О. В. Сангінова ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. –Електрон. текст. дані (1 файл). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. 255 с.

2. Шадура В.О. Водопостачання та водовідведення: навч. посіб. / В.О. Шадура, Н.В. Кравченко. Рівне : НУВГП, 2023. 382 с.

3. Технологія та обладнання одержання питної та технічної води: Практикум (Частина 2). [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» / Н.М. Толстопалова, М.І. Літинська, Т.І. Обушенко, І.М. Астрелін, О.В. Сангінова; КПІ ім. Ігоря Сікорського – Електронні текстові дані (1 файл: 8,12 Мбайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 181 с.

4. ДСТУ 7525:2014 Національний стандарт України. Вода питна. Вимоги та контролювання якості. [Чинний від 2015-02-01] Вид. офіц. Київ: Міністерство економічного розвитку України, 2014. 26 с. URL: [www.http://iccwc.org.ua/docs/dstu_7525_2014.pdf](http://iccwc.org.ua/docs/dstu_7525_2014.pdf) (дата звернення: 28.09. 2022).

5. Долина Л.Ф., Машихіна П.Б., Козачина В.А. Реконструкція систем водопостачання та водовідведення: Монографія. Дніпро : Журфонд, 2021. 220 с.

6. Biliaiev M.M. Computer simulation of biological wastewater treatment processes in aerotanks with plates/ M. M. Biliaiev, M. V. Lemesh, V. V. Biliaieva, P. B. Mashykhina, Z. M. Yakubovska // Наука та прогрес транспорту. 2020. № 5 (89). С. 5–14.

7. Хомутецька Т.П. Водозабірні споруди з поверхневих та підземних джерел: навч. посіб. / Т.П. Хомутецька, В.П. Хоружий. Київ : КНУБА, 2023. 288 с.

8. Prevention of Water intake blockage by ice during supercooling events / Steven F. Daly, Paul D. Barrette // Journal of Cold Regions Engineering, Volume 37, Issue 1, Mar 2023.

9. Водний кодекс України.

https://ips.ligazakon.net/document/z950213?ed=2010_07_08 (дата звернення: 15.11.2023).

10. Директива 2008/105/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 16 грудня 2008 року про стандарти якості довкілля у сфері водної політики [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.eea.europa.eu/policydocuments/2008-105-ec32>. (дата звернення: 15.11.2023).

11. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною [Електронний ресурс]. Режим доступу : <http://filtrivody.blogspot. Com /2010/09/gsanpin-224-171- 10-sanitarnye-normy-i.html> (дата звернення: 10.12.2023).

12. ДСТУ 7525:2014 «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості». Видання офіційне. К., 2014. 25 с.

13. Закон України «Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення», № 2047-VIII від 18.05.2017.

14. Трус І. М., Галиш В. В., Скиба М. І., Радовенчик Я. В., Гомеля М. Д. Нові високоефективні методи очищення води від розчинних та нерозчинних політантів : монографія. Київ : Кондор, 2020. 272 с.

Модуль 3. Технології перероблення рослинної сільськогосподарської сировини

1. Перцевой Ф. В., Ладика В. І., Пивоваров П. П., Гринченко Н. Г., Камсуліна Н. В., Дроменко О. Б., Мельник О. Ю., Котляр О. В., Діхтярь А. М., Омельченко С. Б., Боковець С. П. Загальні технології харчової промисловості. Навчальний посібник у 2 ч. Ч. 1. Х. : СНАУ, 2021. 317 с.

2. Переробка зерна в борошно. URL: <https://foodtechnology.pro/pererobka-zerna-v-borosh> по (дата звернення: 15.03.2024).

3. Єремєєва О. А., Харченко Є. І., Любич В. В. Технологічні процеси переробки зерна пшениці в борошно: моногр. Київ, 2021. 160 с.

4. Технологія зберігання та переробки продукції рослинництва. Електронний посібник. URL: https://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/agronomija/teh_zber_ta_per_prod_rosl/Pidry4nuk/P/P4.htm (дата звернення: 10.02.2024).

5 Харчові технології. URL: https://harch.tech/2022/06/02/kartopkanyj_krohmal_ta_jogo_m_odyfika_cia/ (дата звернення: 18.04.2024).

6. Загальні технології харчової промисловості: навч. посібник / О.А. Савченко, О.В. Грек, М.С. Ніколаєнко, О.А. Топчій, А.В. Тимчук; Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України. Київ : Компринт, 2021. 293 с.

7. Обладнання для підготовки, сортування, заморожування та сушіння сировини // Ягідник. 2021. №5 (25). URL: <http://www.jagodnik.info/obladnannya-dlya-pidgotovky-sortuvannya-zamorozhuvannya-ta-sushinnya-syrovyny/> (дата звернення: 15.02.2024).

8. Зберігання і переробка продукції рослинництва. – <http://buklib.net/books/21971/> (дата звернення: 16.03.2024).

9. Організація зберігання, переробки та реалізації продукції. <http://agroua.net/economics/documents/category-122/doc-199/> (дата звернення: 05.02.2024).

Інформаційні ресурси

1. <https://www.researchgate.net/>
2. <https://scholar.google.com/>
3. <https://www.scopus.com/home.uri>
4. <http://library.lntu.edu.ua/>
5. <http://www.nbuu.gov.ua/node/554>
6. <https://mdl.lntu.edu.ua/>

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
Модуль 1. СИРОВИНА ТА ДОПОМІЖНІ МАТЕРІАЛИ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ.....	4
Тема 1.1. Сировина харчових виробництв.....	4
Тема 1.2. Проблема забезпечення харчових виробництв сировиною та шляхи її вирішення.....	12
Тема 1.3. Біологічно-активні речовини харчової сировини.....	19
Тема 1.4. Генно-модифіковані джерела харчової продукції.....	29
Тема 1.5. Регулятори консистенції харчової продукції. Емульгатори, загущувачі, драглетутворювачі.....	36
Модуль 2. ТЕХНОЛОГІЯ ВОДОПІДГОТОВЛЕННЯ ДЛЯ ХАРЧОВИХ ПІДПРИЄМСТВ.....	42
Тема 2.1. Види природних вод, їх склад, характеристика домішок і забруднень та процес обробки.....	42
Тема 2.2. Обґрунтування технології підготовки води.....	53
Тема 2.3. Прояснення природних вод від грубодисперсних завислих речовин.....	69
Тема 2.4. Мембранні процеси в технології водопідготовки.....	86
Тема 2.5. Знезараження води.....	109
Модуль 3. ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБЛЕННЯ РОСЛИННОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ СИРОВИНИ.....	120
Тема 3.1. Технологія переробки зерна на борошно.....	120
Тема 3.2. Технологія переробки зерна на крупу.....	129
Тема 3.3. Технологія виробництва цукру.....	143
Тема 3.4. Технологія переробки зерна олійних культур.....	152
Тема 3.5. Технологія виробництва крохмалю.....	160
Перелік літератури, необхідної для опрацювання курсу.....	167

- З 38 **Загальні технології у харчовій галузі** [Текст]: конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Харчові технології» галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво спеціальності G13 Харчові технології денної та заочної форм навчання. *Модуль 1 – 3* / уклад. С. Г. Голячук, І. М. Дударев, С. Г. Панасюк, І. В. Тараймович. Луцьк : ЛНТУ, 2026. 171 с.

Комп'ютерний набір та верстка:

І. В. Тараймович

Луцький національний технічний університет
43018 м. Луцьк, вул. Львівська, 75