

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Український державний морський технічний університет
імені адмірала Макарова

ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ТА РЕКУПЕРАЦІЇ ВІДХОДІВ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Рекомендовано Методичною радою УДМТУ

Миколаїв 2003

УДК 658.567

Рижков С.С., Харитонов Ю.М., Благодатний В.В.

Технології утилізації та рекуперації відходів: методичні вказівки – Миколаїв, УДМТУ, 2003. – 80с.

Кафедра екології

Описано технології утилізації та рекуперації основних видів відходів енергетики, металургійної, хімічної, машинобудівної, гірничовидобувної, деревообробної та інших галузей промисловості, сільського господарства, а також твердих побутових відходів. Наведено приклади технологічних схем обробки та захоронення твердих, рідких та газоподібних відходів.

Рекомендується для студентів спеціальності 7.07.08.01 "Екологія й охорона навколишнього середовища".

Іл. 26, спис. літ. – 20 назв.

Рецензент. к.т.н., доцент Тимофеев В.І.

© Український державний морський
технічний університет, 2003

© Видавництво УДМТУ, 2003

ВСТУП

Однією з найсуттєвіших проблем сучасності є утворення великих обсягів відходів найрізноманітнішого хімічного складу. Ці відходи є одним із найзначніших джерел забруднення атмосфери, гідросфери та літосфери. Шкідливі речовини, що містяться у них, можуть представляти собою токсичні з'єднання з тривалим строком розкладання, що мають здатність включатися до біоценозів та накопичуватися там. Іншою проблемою є постійне зростання обсягів відходів виробництва та споживання, а також розширення їх номенклатури, що значно ускладнює їх зберігання та переробку.

В Україні поводження з відходами регулюється Законами "Про захист навколишнього природного середовища", "Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення", "Про відходи", постановами Верховної Ради, Уряду та іншими нормативно-правовими актами. Прийнято та введено у дію Програму використання відходів виробництва та Загальнодержавну програму поводження з токсичними відходами. Ці документи є базою для застосування комплексу заходів у галузі захоронення та утилізації відходів.

За своїм походженням відходи поділяються на побутові, що утворюються у процесі побутового споживання (харчові залишки, використана упаковка, непридатні предмети побуту), та виробничі – залишки сировини, матеріалів та відходів виробничого споживання. І ті, й інші містять у різній концентрації шкідливі для навколишнього середовища компоненти, а також цінні речовини, що можуть бути використані як вторинні матеріальні ресурси. Відповідно основними видами робіт відходами є їх знешкодження та комплексна переробка, в тому числі з метою рекуперації (повернення в основне виробництво).

Як промислові, так і побутові відходи найчастіше піддаються захопленню на полігонах, шламосховищах тощо або термічній переробці, переважно, спалюванню. Методи утилізації визначаються хімічними та фізичними властивостями відходів. Зокрема, знайшли застосування хімічні (реагентна обробка), фізико-хімічні (абсорбція, екстракція, адсорбція, іонний обмін, мембранні методи), механічні (гранулювання, брикетування, таблетування, подрібнення). Виділення цінних компонентів відходів здійснюється шляхом грохочення, гідравлічної, пневматичної, балістичної, електричної, магнітної сепарації, відстоювання, флотації тощо. Для зменшення об'ємів відходи піддають сушінню або механічному зневоднюванню.

Технологічні схеми утилізації та знешкодження відходів включають вищеназвані процеси в різних комбінаціях у залежності від типу основного виробництва, складу відходів та виду вторинного продукту. Ці схеми характеризуються великим різноманіттям і їх доцільно розглядати окремо, за видами відходів та галузями виробництва, де вони утворюються.

1. ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ВИДОБУВАННЯ ТА ЗБАГАЧЕННЯ КОРИСНИХ КОПАЛИН

У залежності від методу видобутку корисних копалин, відходи цього процесу бувають шахтними та розкривними. За хімічним складом це здебільшого осадові породи: глини, суглинки, піщаники, глинисті та піщані сланці, а також скельні: кварцити, роговики, кристалічні сланці та інші. Цінні компоненти, що є складовою частиною цих відходів, роблять доцільним використання їх у промисловості будматеріалів.

Зокрема, скельні розкривні породи можуть використовуватися для виготовлення щебілки. Для цього їх сортують, очищують та, у разі потреби, подрібнюють (рис.1). Крейда є сировиною для виробництва білого цементу, вапна, мінеральної вати, скла та гумових виробів. Із піщаних порід можна виготовляти тарне скло, а піщано-глинисті використовувати у цегляному виробництві. Крім того, вказані відходи є сировиною для штукатурних та будівельних розчинів. Пластичні глини використовуються у виробництві керамзитів – штучних пористих наповнювачів легких бетонів та теплозвукоізоляційних матеріалів. Для цього до порід додають солярове мастило, торф або інші матеріали, що утворюють пори. Суміш вальцюють, гомогенізують і гранулюють, а потім сушать та випарюють у двобарабаних печах. Деякі відходи гірничорудного виробництва використовують як добрива.

Особливу групу складають горілі породи, які утворюються при підземних пожежах або самозайманні териконів. Завдяки високій гідравлічній активності вони можуть служити добавками до вапна, гіпсу або клінкеру при виробництві вапняково-глинистих та сульфатно-глинистих зв'язуючих, бетону, портландцементу, керамзиту, асфальтобетону, а також аглопориту – штучного пористого заповнювача, який отримують спіканням на грохотах агломераційних машин із подальшим дробленням.

Якщо тверді відходи видобування вугілля містять достатню кількість горючих компонентів, їх можна використовувати як низькосортне

паливо, або (якщо вміст цих речовин більший 20%) газифікувати з утворенням енергетичного палива та золи, яка є сировиною для виробництва будматеріалів.

Відходи збагачення представляють собою суміш осадових порід, вугілля, вугільно-мінеральних зрощень: глин, сланців, піщаників, вапняків, кварцитів, що містять також сірку та мікроелементи – свинець, молібден, цинк, галій, германій тощо. Гранулометричний склад їх визначається способом збагачення: гідравлічним (крупність 0,5...200 мм) або флотаційним (<0,5мм). В першому випадку утворюються породи збагачення, які складають до 90% усіх відходів, а у другому – хвости флотації.

Відходи вуглезбагачення використовуються у виробництві цегли, як паливна добавка до шихти, а також для зменшення усадки при сушінні та випалі, запобігання деформаціям та розтріскуванню. При достатньому вмісті Al_2O_3 та SiO_2 такі відходи можуть бути сировиною для виробництва керамічних виробів (після подрібнення та помелу). Термічна переробка цих відходів разом із глиною дозволяє отримувати аглопорит. Крім того, можливе їх спалювання, газифікація, використання як будівель-

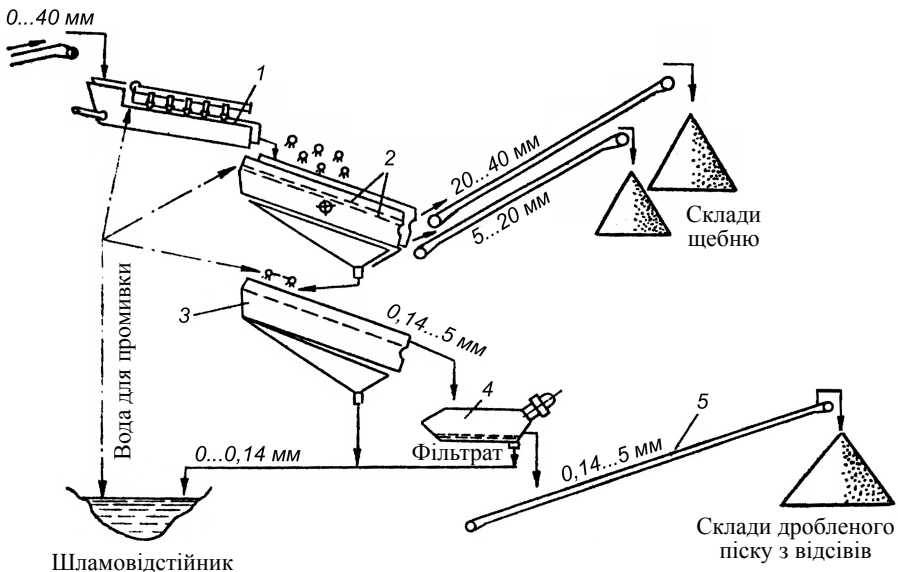


Рис.1. Схема переробки відсівів

- 1 – промивальна машина; 2 – інерційні грохоти; 3 – ситовий грохот;
4 – вібраційний вакуумний зневоднювач; 5 – конвеєр

ного матеріалу, в сільському господарстві, чорній та кольоровій металургії. Хвости флотації, які містять більшу кількість органічних речовин та мікроелементи, застосовують як добрива. Якщо збагачення має на меті зниження вмісту сірки у вугіллі, то відходами цього виробництва є вуглецевий колчедан (42...46% S, 5...8% C), який термічно переробляють разом із сульфатами заліза з утворенням SO_2 .

При збагаченні залізної руди утворюються хвости – незв'язані матеріали зі розміром частинок 0,005...0,07 мм і вмістом з'єднань заліза 15...20%. Їх можна використовувати при виготовленні будівельних розчинів, бетонів, силікатної цегли, шлакоцементу, а також при будівництві доріг, дамб та гребель, засипанні гравійних та рудних кар'єрів.

Видобуток та переробка мінеральної сировини у кольоровій металургії призводить до утворення значно більшої питомої кількості відходів, ніж у чорній, що пов'язано з меншим вмістом металів у рудах. Основним напрямком використання таких відходів є дорожнє та гідротехнічне будівництво, на другому місці за обсягом знаходиться виробництво будматеріалів – щебеню та будівельного піску. Хвости збагачення використовують для виробництва формувального та скляного піску, силікатної цегли, бетону, асфальтобетону, фасадної облицювальної плитки, склотканин. Хвости збагачення та шлами виробництва глинозему переробляються з метою вилучення кольорових металів, використовуються для виробництва вогнетривів, будматеріалів, чавуну, мікродобрив.

Руди гірничо-хімічної сировини мають комплексний складний мінеральний склад, що зумовлює суттєві розбіжності у їх фізичних і хімічних властивостях та напрямках утилізації. Зокрема, відходи видобутку сірчанних руд можуть використовуватися у будівництві та виробництві сірчанних добрив. Відходи збагачення фосфорних руд підлягають комплексній переробці, що дозволяє виробляти до 25 товарних продуктів: з апатитової сировини – фосфор та його з'єднання, фтор, стронцій та рідкоземельні елементи; з нефелінової – алюміній та його з'єднання, цемент та будматеріали, поташ, соду, галій, рубідій та цезій; з титаномagnetиту та інших мінералів – титан та його з'єднання (сировину для виробництва титанових білил, емалей, спеціального скла), ванадій та його п'ятиоксид, чавун, сталь, мінеральну вату, керамічні матеріали, пігменти тощо. Сировину для цементу – нерозчинні силікати кальцію отримують шляхом спікання відходів із вапняком і крейдою та вилужування алюмінатів натрію й калію з подальшим фільтруванням. Із проясненого розчину видаляють кремній в автоклавах та відстійниках, а потім карбонізують димовими газами з утворенням гідроксиду алюмінію, який від-

фільтрують і кальцинують, отримуючи глинозем. Фільтрат, що містить карбонати кальцію та магнію, каустифікують для отримання потрібної кількості лугів, а згодом виділяють соду та поташ методами випарювання, кристалізації та фільтрації або висолювання аміаком. Існують методи спільної переробки згаданих відходів із фосфогіпсом (розділ 4), що дозволяє, крім указаних речовин, виробляти діоксид сірки, який потім переробляють у сірчану кислоту.

З'єднання титану, що містяться у відходах, обробляють сірчаною кислотою та гідролізують із утворенням титано-кальцієвого пігменту. Титаномagnetит комкують, відновлюють вуглецем та плавлять в електродпечах, отримуючи ванадієвий чавун та титановий шлак. З першого згодом виробляють легіровану сталь та ферованадій, а з другого – вогнетриви, титан і його оксид. Відходи переробки фосфоритів можуть застосовуватися для виробництва важких бетонів, будівництва автодоріг, отримання магній-амоній-фосфатних добрив, формувальних пісків, кварцевого абразиву, та як сировина для скловолокна, склопластику тощо.

Проте масштаби утворення відходів видобутку та збагачення корисних копалин значно перевищують можливості їх утилізації. Тому актуальним є завдання рекультивациі земель – проведення комплексу робіт з відтворення та покращення природньо-територіальних комплексів, ушкоджених відкритими гірничими виробками. Основними етапами рекультивациі є гірничотехнічний, який полягає у підготуванні території (гасіння териконів, формування плоских відвалів, згладжування схилів) та біологічний, що має на меті відновлення родючості земель та створення ландшафтів, сприятливих для життєдіяльності людини (висадження найбільш стійких видів рослин, створення орних земель, сінокосів, насадження лісу). Сучасні технології передбачають надання відвалам форм, оптимальних для даного ландшафту та забезпечуючих відновлення його екологічних функцій. Після укладання кожного наступного шару його ущільнюють котками для гідроізоляції та запобігання проникнень порід, насипають захисний вал на вищому рівні, заповнюють внутрішній простір і т. д.

Іншим способом ліквідації відходів гірничої промисловості є закладання підземних виробок порожньою породою, що також дає змогу збільшити видобуток корисних копалин за рахунок компенсації гірничого тиску при укріпленні лав. Закладання може бути частковим (у вигляді шарів або стрічок) чи повним. За способом доставки матеріалу процес може бути гідравлічним, самопливним, пневматичним та гідропневматичним. Попередньо відходи подрібнюють для зручного транспортування, а також, у разі потреби, змішують у спеціальних апаратах з активаторами

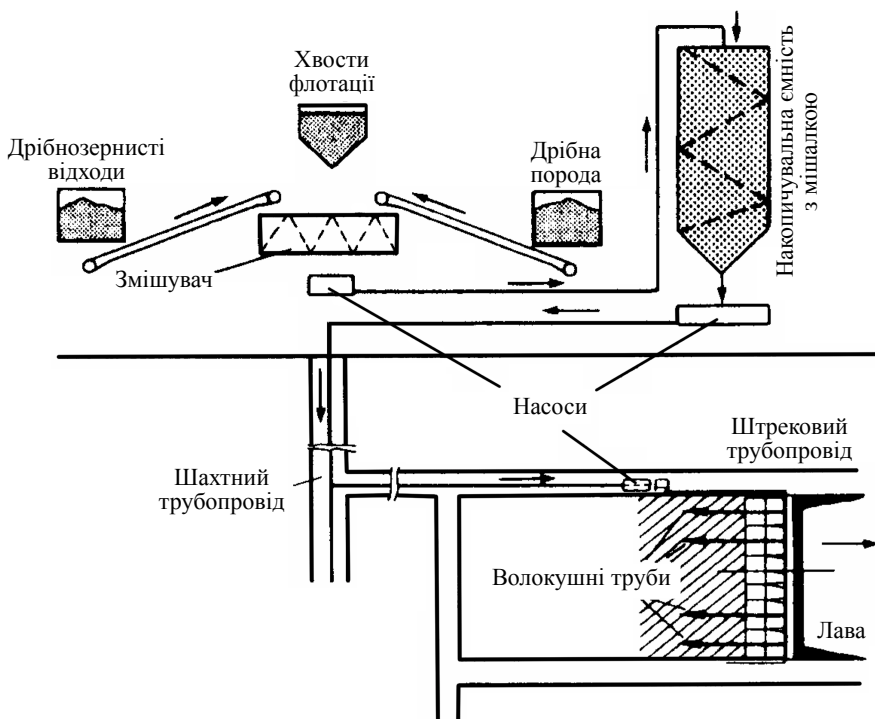


Рис.2. Технологічний процес закладання гірничої виробки

зчеплення – цементом, вапном, гіпсом, рідким склом і т. ін., які забезпечують ствердіння матеріалу та потрібну міцність (рис.2). Проте методи закладання пов'язані з додатковими витратами, що обмежує їх застосування.

2. ВТОРИННЕ ВИКОРИСТАННЯ МЕТАЛІВ ТА СПЛАВІВ

Вторинні метали та сплави отримують шляхом переробки та рафінування відходів металургійної та машинобудівної галузі, а також брухту, виробів із чорних і кольорових металів, що вийшли з ужитку. В чорній металургії основною сировиною для отримання вторинних матеріалів є, крім залізного брухту, колошниковий пил прокатних печей, прокатна окалина та шлаки сталеплавильних печей, відпрацьовані травильні

розчини з високим вмістом заліза, відходи механічної обробки (ошурки, стружка) та ливарного виробництва (зливки, обрізки). Вторинні кольорові метали отримують із відходів виробництва (шлаків, осадів, колошникового пилю, відпрацьованих гальванічних розчинів), а також продуктів споживання. Часто металобрухт складається з двох або більше шарів різних металів (як правило, кольорових, рідкісних або дорогоцінних), які нанесено на залізо або мідь гальванічними методами, що ускладнює процес утилізації.

Шлаки, що утворюються у значній кількості при виробництві сталі, мають порівняно високий вміст заліза. Тому доцільним є його виділення шляхом відновлення в присутності вуглецю або суміші останнього з відходами та Al_2O_3 з силікатними добавками. Пил, що уловлюється системами газоочищення кисневих конверторів, доменних та мартенівських печей, піддають на агломерацію, згрудкуванню чи гранулюванню у тарілчастих або розпилювальних апаратах. Відходи ливарного виробництва повторно нагрівають у печах та направляють на прокатні стани, де з них отримують листи, стрічки та іншу продукцію. Залізний брухт переплавляють на сталь у мартенівських печах, кисневих конверторах та електропечах.

Якщо сировина містить велику кількість мастильних матеріалів (шлами прокатного виробництва), його очищують шляхом випалювання або обробки реагентами. Металічні ошурки, що утворюються при різанні, шліфуванні та заточуванні, відділяють від абразивного матеріалу та мастильно-охолоджувальної рідини за допомогою магнітних сепараторів та додають до інших металічних відходів. Металеву стружку після грохочення випалюють у печах та піддають брикетуванню (рис. 3). Суттєвим недоліком таких способів використання є складність розділення сталі по марках, що призводить до отримання (при переплавці) низькосортного продукту. Також розробляються технології гарячого штампування металів безпосередньо зі стружки, а також перероблення стружки та ошурок на порошок, який може використовуватися у порошковій металургії. Для цього сировину обробляють реагентами для видалення мастил, подрібнюють у кульових або вібраційних млинах та пресують під високим тиском і температурою.

Виділення заліза з відпрацьованих травильних розчинів полягає у переведенні іонів двовалентного заліза у трьохвалентне в електролізері з наступною екстракцією за допомогою органічного розчинника та діафрагменого електролізу рафінаду. Іншим способом є окислення з'єднань

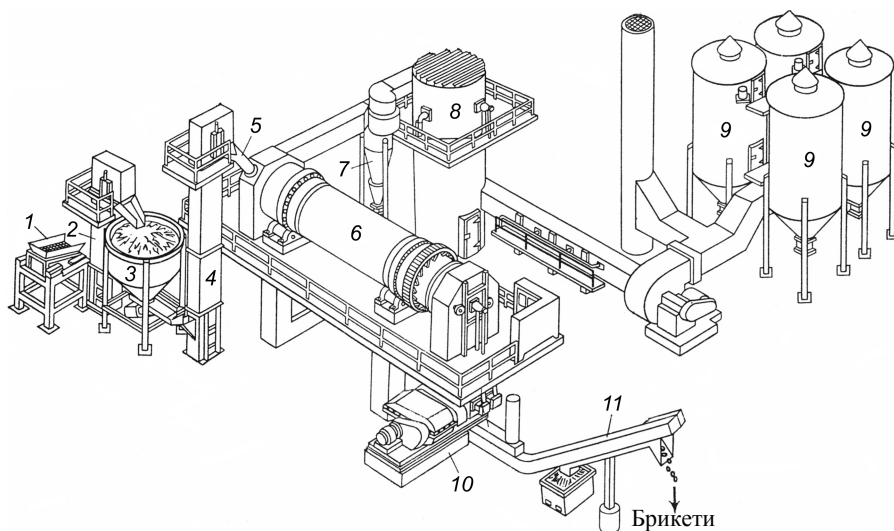


Рис.3. Технологічна схема гарячого брикетування сталеві стужки
 1 – грохот; 2 – підйомник; 3 – бункер; 4 – елеватор; 5 – жолоб; 6 – барабанна піч;
 7 – циклон; 8 – теплообмінник; 9 – газгольders; 10 – прес; 11 – конвеєр

двовалентного заліза з утворенням магнетиту, який потім відділяється від решти розчину у відстійнику зі стрічковим магнітним транспортером.

Методи утилізації брухту та відходів кольорових металів зумовлюються їх властивостями й специфікою застосування. Так, алюмінієвий брухт спочатку подрібнюють, потім направляють на класифікацію для відділення домішок (наприклад, плавленням у важкому середовищі), потім сушать й у вигляді шихти додають у плавильну піч до розплавленого алюмінію. Розроблено також методи вилучення алюмінію зі шлаків, які утворюються на поверхні плавильних ванн, шляхом нагрівання при температурі до 800°C у середовищі інертних газів; екстракційного вилучення з осадів кольорових металів; із фільтруючої скотканини установок розливу шляхом підігріву до температури вищої за температуру плавлення алюмінію, але нижчої за температуру плавлення фільтрів, із наступним розділенням за густиною та інші методи.

Як правило, утилізація міді з металобрухту потребує попереднього відділення її від решти металів. Для цього вторинну сировину спочатку ріжуть та подрібнюють, потім розділяють на легку та важку фракції. Далі легку фракцію та немагнітну частину важкої, виділену магнітним сепаратором, знов подрібнюють і за допомогою повітряної та магнітної се-

парації виділяють легку немагнітну фракцію, яку згодом розділяють за густиною на віброгрохотах. Після вилучення у сушарках вологи та масил мідь плавлять у шахтних печах. Із відпрацьованих електричних дротів мідь вилучають здебільшого шляхом хімічної або термічної деструкції ізолюючих матеріалів.

Вторинний цинк отримують, в основному, переробкою, яка полягає у переплавленні та дистиляції сплавів на його основі й на основі міді. Основним джерелом вторинного свинцю є відпрацьовані акумуляторні батареї. Крім того, для його отримання використовуються зношені труби, ізоляція, а також залишки від виготовлення свинцевих виробів. Як правило, технологічні процеси, крім плавлення, включають операції рафінування. Більша частина вторинних продуктів зі свинцю є сплавами зі сурмою та міддю, а при рафінуванні отримують м'який свинець, за якістю подібний до первинного свинцю.

Нікелевий брухт утворюється при формуванні, виготовленні неіржавіючої сталі та інших сплавів нікелю. Також його вилучають із продуктів споживання, які вийшли з ужитку. Брухт із неіржавіючої сталі та нікельованих сплавів використовується на підприємствах, що виробляють ці матеріали. Нікелевий брухт, що утворюється при плавленні, рафінуванні та литті кольорових металів, а також відходи споживання подрібнюють та переробляють за звичайною схемою отримання первинного нікелю. Кобальт вилучають із відпрацьованих деталей, виготовлених зі спеціальних сплавів, а також з відпрацьованих каталізаторів нафтохімічних виробництв. В останньому випадку застосовують методи вилучування, адсорбції з наступною десорбцією та сепарацією. Головним джерелом вторинного хрому є брухт неіржавіючої сталі, з якого його отримують методами, що аналогічні названим. Розроблено також методи вилучення хрому зі стічних вод шкіряного виробництва, при якому останні послідовно проходять реагенту обробку та ряд ступіней фільтрації, на яких виділяються з'єднання хрому, що згодом можуть використовуватися для виготовлення дубильних розчинів.

Зняття покриттів, нанесених гальванохімічними методами, проводиться електролізом або хімічним шляхом. Склад розчину та робочі параметри визначаються в залежності від виду покриття та матеріалу основи. Так хром покриттів можуть знімати за допомогою соляної кислоти, зі сталевих та нікельованих деталей – розчинів гідроокисі натрію (матеріал катоду – сталь). Останній метод може бути застосований також для зняття олова зі сталі, міді та інших сплавів. Покриття кадмію видаляються за допомогою азотнокислого амонію, соляної кислоти та

хромового ангідриду. Для зняття покриттів зі срібла застосовують суміші сірчаної та азотної кислот або цих кислот із додаванням азотнокислого барію та двохромокислого калію. Для зняття золотих покриттів деталі заливають сумішшю соляної та сірчаної кислот, розчин нагрівають, безперервно перемішують та невеликими порціями додають азотну кислоту. Потім розчин розбавляють водою та зливають, а осад золота промивають водою (двічі) та азотною кислотою, сушать та прожарюють. Платинові покриття з поверхні виробів видаляють шляхом анодного розчинення у робочому електроліті з використанням срібного або графітового катода.

3. УТИЛІЗАЦІЯ ШЛАКІВ, ЗОЛИ ТА ГОРІЛОЇ ЗЕМЛІ

У процесах спалювання кам'яного та бурого вугілля, горючих сланців, мазуту з їх мінеральної частини утворюються паливні шлаки та зола. Дрібні частинки уносяться відхідними газами та уловлюються системою газоочищення. Великі частинки осідають на під топки, де, внаслідок оплавлення, утворюють кускові шлаки або склоподібну масу (у топках з гідравлічним видаленням шлаку). За хімічним складом шлаки поділяються на кислі, основні та нейтральні. Більшість паливних шлаків (за винятком продуктів згоряння бурого вугілля та сланців) є кислими або нейтральними.

Зола та паливні шлаки відрізняються гідравлічною активністю, що дає змогу використовувати їх в якості добавки до різних видів цементу. Кусковий шлак може слугувати заповнювачем бетону в дорожньому будівництві та теплоізоляцією. Одним з найперспективніших шляхів утилізації золошлакових відходів є їх використання як кремнеземного компоненту при виробництві газобетонів та керамзитобетонів, а також виробництво з них аглопоритного та зольного гравію, керамзиту, аглопориту – заповнювачів для бетонів (рис. 4). Крім того, згадані відходи використовують у виробництві силікатної цегли (замість вапна та піску), як паливні добавки – у виробництві кераміки з глинистих матеріалів, а також як основну сировину при виготовленні зольної цегли та керамічних виробів. З паливних золошлаків шляхом плавлення в електродуговій печі можна отримувати ізоляційні матеріали – шлакову пемзу та шлаковату. Нарешті, одним із основних споживачів цих відходів є шляхове будівництво – виготовлення асфальтобетонних покриттів, засипання основи і т. ін.

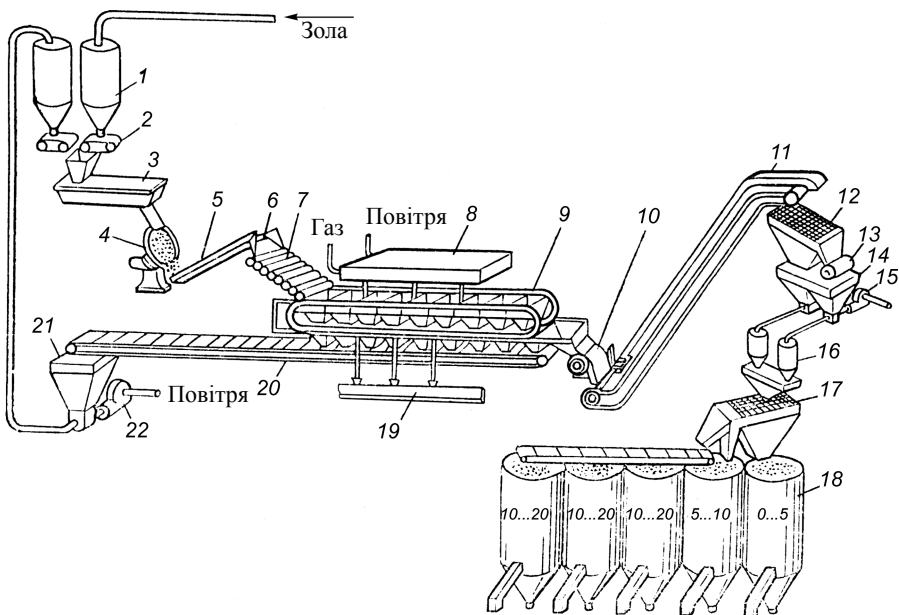


Рис.4. Схема виробництва аглопоритового гравію з золи ТЕС

1, 14, 18, 21 – бункери; 2 – дозатор; 3 – двовальний шнековий змішувач; 4 – тарільчастий гранулятор; 5, 20 – стрічкові конвеєри; 6 – лоток; 7 – роликовий укладач; 8 – горн; 9 – агломераційна машина; 10 – роторна дробарка; 11 – пластинчастий конвеєр; 12, 17 – інерційні грохоти; 13 – двовалкова зубчаста дробарка; 15, 22 – вентилятори; 16 – рукавний фільтр; 19 – збірний колектор газів

Металургійні шлаки утворюються внаслідок високотемпературної взаємодії руди, порожньої породи, палива та флюсів при плавленні, й є розплавом, що після затвердіння перетворюється на камнеподібну або склоподібну речовину на поверхні рідкого металу. Металургійні шлаки також можуть бути кислими, основними або нейтральними. Хімічний склад їх визначається типом процесу: доменні шлаки містять здебільшого оксиди кремнію, кальцію, алюмінію та магнію; сталеплавильні характеризуються більшим вмістом оксидів заліза й марганцю. Шлаки металургійних заводів України відносяться до основних.

Головним напрямком використання доменних шлаків є виробництво цементу. Гранульовані на металургійному заводі шлаки додають до основних компонентів – вапна, крейди, глини, гіпсу, портландцементного клінкеру. В залежності від складу отримують сульфатно-шлакові, вапнисто-шлакові в'язучі, портландцемент та шлакопортландцемент. При

спільному помелі доменних шлаків, кальцинованої або каустичної соди і рідкого скла отримують високоміцні водо-, корозійно-, біо- та термостійкі водонепроникні шлаколужні цементи, які знайшли застосування, крім будівництва, також для знешкодження відходів, що містять важкі метали, токсичні та радіоактивні компоненти. Разом з паливними шлаками металургійні слугують дрібним заповнювачем при виробництві шлакобетону, що використовується для виготовлення будівельного каменю та стінових блоків, а також легких перекриттів. Легкий бетон виробляють із застосуванням шлакової пемзи (термозиту), яку отримують при швидкому охолодженні металургійних шлаків, що призводить до спучення. З інших матеріалів, які отримують з доменних шлаків, слід виділити шлаковату, шлаковий щебінь, в тому числі литий, лите каміння для бордюрів доріг та підлоги промислових будівель. Іншим напрямком використання доменних шлаків є виробництво шлакоситалів шляхом керованої каталізованої кристалізації скла. Ці матеріали характеризуються високою міцністю на стиск та згин, порівняно невеликою густиною, стійкістю до стирання, морозу та корозії. Листові шлакоситали застосовуються для облицювання цоколів та фасадів, внутрішніх стін та підлоги будівель, виробництва покрівлі, огорожень, труб, високовольних ізоляторів тощо. Шлаки, які утворюються при виробництві феросплавів, повертають в основне виробництво, використовують для виплавлення сталі, виготовлення щебеню, піску, цементу тощо.

Шлаки кольорових металів мають досить різноманітний склад і включають в себе оксиди кремнію, алюмінію, кальцію, магнію, заліза та марганцю, а також мідь, кобальт, цинк, свинець, кадмій, рідкісні метали, в залежності від типу процесів та виду цільового продукту. Ці особливості роблять доцільною комплексну переробку шлаків, що полягає у попередньому вилученні кольорових та рідкісних металів, виділенні заліза та використанні силікатних залишків для виробництва будівельних матеріалів: автоклавних бетонів, піску, щебеню тощо.

При електротермічній обробці фосфорного концентрату утворюється фосфор та шлаки, що складаються в основному з оксидів кальцію та кремнію і містять CaF_2 та P_2O_5 у кількості до 3,6% кожен. Це зумовлює особливості утилізації фосфатних шлаків. Зокрема, розроблено процеси гідротермічної обробки розплавлених шлаків з метою виділення з них фтору (у вигляді HF). Такі ж процеси проходять при переробці розплавленого фосфорного шлаку вододуттєвим або басейновим способом. Після гранулювання шлаки можна додавати до цементної шихти як активну мінеральну добавку, виробляти на їх основі шлакопортландцемент, шла-

ковий щебінь, мінеральну вату, шлакометали. Перспективним є використання цих відходів як добрив, або їх хімічна переробка з отриманням концентратів рідкісноземельних елементів, діоксиду кремнію, хлориду кальцію та сировини для вироблення аміачної селітри. Іншим відходом електротермічної обробки є розплави фосфідів заліза. При твердінні вони утворюють ферофосфор – чавуноподібну масу, що може слугувати присадкою чи розкислювачем у чорній металургії, або захисним матеріалом від радіоактивного випромінювання.

При випалі сірчаного колчедану у виробництві сірчаної кислоти утворюються піритні недогарки з високим вмістом заліза (40 – 63%) і з невеликими домішками сірки, міді, цинку, свинцю, дорогоцінних та інших металів. Основними способами утилізації недогарків є додавання до шихти для отримання цементу та використання як добрив, що містять мідь, у сільському господарстві. Вилучення кольорових металів із піритних недогарків проводять шляхом їх хлоруючого випалу (із додаванням NaCl), хлоридної сублімації (обробка HCl) у печах відновлення або з киплячим шаром. У результаті утворюються хлориди кольорових металів і недогарок із високим вмістом заліза, який далі гранулюють або брикетують та направляють на доменну переплавку. Можливе також використання недогарків у доменному виробництві без вилучення кольорових металів, за умови попереднього видалення сірки та згрудкування, що найбільш ефективно досягається високотемпературною агломерацією. Ще одним перспективним напрямком використання піритних недогарків є вироблення мінеральних пігментів шляхом обробки сірчаною кислотою, змішування з алебастром, крейдою і глиною, й випалу або подрібнення, сушіння, прожарювання та змішування з наповнювачами.

При виготовленні ливарних форм використовуються формувальні та стрижневі суміші, які складаються з піску та зв'язуючих компонентів. Відпрацьовані суміші мають назву горілої землі й піддаються регенерації з метою видалення зв'язуючих, пилу та дрібних фракцій. Методи регенерації поділяються на сухі та мокрі. Сутність сухих методів полягає у пневматичному, термічному або електричному відділенні піску від зв'язуючого. У разі необхідності, горілу землю перед обробкою подрібнюють та піддають магнітній сепарації. При застосуванні гідравлічного очищення литва доцільна мокра регенерація – виділення піску за допомогою системи відстійників із проточною водою та подальшим сушінням. Впроваджено також технологію переробки горілої землі на сировину для виготовлення цегли шляхом магнітного відділення металіч-

них включень, яке дозволяє підвищити якість продукту завдяки наявності у формувальній суміші лугів, смол та рідкого скла.

У процесах газифікації палива в коксохімічній, сланце- та торфопереробній промисловості утворюються відходи у вигляді коксозольних залишків та в'язких органічних мас – фуси, засмолена тверда фаза, гудрони та інші. Коксозольні залишки в основному вивозяться у відвали або використовуються як добавка при виробництві цементу. Фуси частково повертають на додаткову переробку разом з вихідною сировиною у газогенератори, додають до шихти коксування, спалюють разом з твердим паливом у топках котлів ТЕЦ або вилучають смолу. Іншим напрямком утилізації фусів є будівельна промисловість, де на їх основі після розчинення у органічних розчинниках з доданням полівінілхлориду та відстоювання виготовляють високоміцні водостійкі гідрофобні захисні покриття для бетонних, залізобетонних та металевих виробів. Гудрони використовуються як добавка до шихти коксування (після нейтралізації), для виробництва бітумів різних марок, а також отримання SO_2 для переробки у сірчану кислоту.

4. УТИЛІЗАЦІЯ ШЛАМІВ ТА ОСАДІВ ПРОМИСЛОВОСТІ НЕОРГАНІЧНОГО СИНТЕЗУ

При виробництві сірчаної кислоти шлами утворюються у промивних баштах та електрофільтрах систем газоочищення. Ці шлами містять у невеликій кількості оксиди селену, що виділяється з піриту при його випалі. Проте, оскільки селен зустрічається у природі в дуже малих концентраціях, доцільним є його виділення шляхом прогрівання парою, фільтрації та промивання осаду розчином соди з подальшим випалом разом із содою й Fe_2SO_4 . Це дозволяє вилучати до 30...60% селену з колчедану.

Одним із поширених способів переробки фосфатної сировини на добрива є обробка сировини фосфорною кислотою, яку отримують розкладанням фосфатів термічним або екстракційним шляхом. В останньому випадку утворюється значна кількість побічного продукту – фосфогіпсу – сірого дрібнокристалічного порошку вологістю 20...40%, що представляє собою гідратований або безводний сульфат кальцію ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O}$) з домішками фосфатів, з'єднань фтору та стронцію, фосфорної кислоти, органічних речовин, з'єднань металів. Наразі основну

масу цієї речовини скидають у відвали. Можливе також застосування фосфогіпсу як низькоконцентрованого мінерального добрива, що містить сірку та фосфор. Після кондиціонування водою, кислотами та лугами для видалення P_2O_5 та з'єднань фтору, гранулювання та сушіння фосфогіпс використовують як мінералізуючу добавку до цементного клінкера. Фосфоангідрит можна переробляти на цементний клінкер та сірчану кислоту. Для цього його змішують із коксом, піском та випалюють, утворений клінкер розмелюють, а гарячий газ, що містить діоксид сірки, після очищення направляють у виробництво сірчаної кислоти (рис.5). На деяких підприємствах налагоджено виробництво з фосфогіпсу сульфату амонію (азотного добрива) шляхом взаємодії з карбонатом амонію або вуглекислим газом. Найпоширенішим є мокрий спосіб, де розмелений фосфогіпс взаємодіє з $(NH_4)_2CO_3$ у каскаді реакторів з утворенням карбонату кальцію, який відфільтровують, та розчину сульфату амонію, з якого останній виділяють випарюванням з наступною кристалізацією та центрифугуванням, а потім висушують. Розроблено також процеси переробки фосфогіпсу в елементну сірку (або сірчану кислоту) та вапно. Сутність процесів полягає у взаємодії сульфату кальцію з коксом або продуктами згоряння вуглеводнів із подальшою обробкою водної суспензії вуглекислим газом, що дозволяє отримувати карбонат кальцію та сірководень, який може бути частково окислений або повністю спалений, внаслідок чого утворюється відповідно SO_2 або S. Ведуться досліджен-

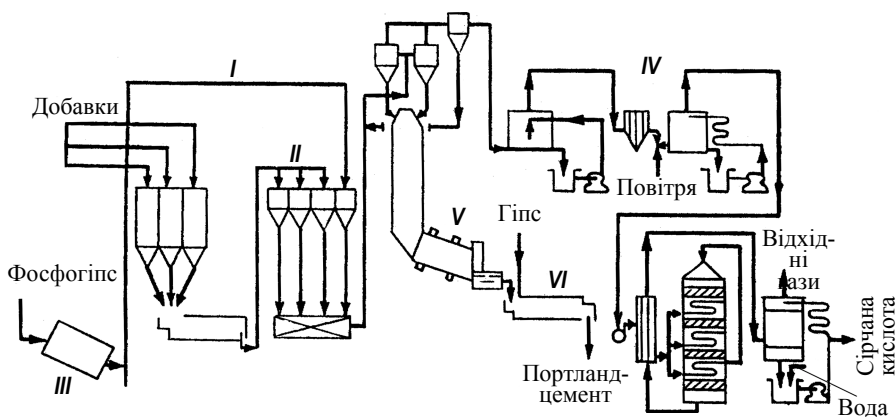


Рис.5. Комплексне виробництво сірчаної кислоти та портландцементу
 I – подрібнення; II – приготування сировини; III – сушіння; IV – виробництво сірчаної кислоти; V – випал; VI – помел цементу

ня по вилученню сірки з фосфогіпсу за допомогою спеціальних бактерій. Перспективним є використання цього відходу для вироблення високоміцних гіпсових в'язучих матеріалів та будівельного гіпсу. Одним із таких технологічних процесів є автоклавна обробка з додаванням поверхнево-активних речовин та грануляторів кристалізації, після чого суспензію фільтрують, осад сушать, а великі фракції розмелюють. Важливим напрямком є використання фосфогіпсу для хімічної меліорації солонцевих ґрунтів, передусім содових. Проте необхідність попереднього сушіння та грануляції стримує впровадження цього методу.

При збагаченні та переробці сировини виробництва калійних добрив утворюються глинисто-сольові шлами та тверді галітові відходи, що в основному складаються з хлориду натрію, а також містять KCl , $CaSO_4$, $MgCl_2$, $Bг$ та інші речовини. Як правило, їх направляють у солевідвали та шламосховища. Ведуться роботи по використанню цих відходів для закладання відпрацьованого простору рудників, заводнення нафтових пластів, складання у відпрацьовані газonosні пласти та сольові свердловини. Утилізація галітових відходів полягає у переробці на технічну та кормову поварену сіль. Технологічна схема процесу переробки визначається методом виготовлення калійних добрив. Так відходи флотаційного збагачення відділяють від шламу на вакуум-фільтрах, вилужують хлорид калію, а поварену сіль, що залишається, прогрівають та сушать з метою видалення вологості та залишкових амінів, збагачують мінеральними добавками та брикетують. Якщо ж переробка сировини здійснювалась методом роздільної кристалізації з розчинів, відходи не містять домішок амінів-флотореагентів. Технологічний процес вироблення кормової солі, в цьому випадку, складається з послідовного проведення класифікації, відділення фракції завменшки 5мм (де міститься в основному $NaCl$) у стрічковому фільтрі, промивання її водою, сушіння, збагачення мікроелементами (Co , Cu , Fe , Mn , Zn) та брикетування. Глинисто-сольові шлами піддають комплексній переробці з метою отримання хлориду калію, повареної солі та хлормagneзиевого лугу. Сутність процесу полягає у вилужуванні із наступним виділенням шламу у відстійниках (для інтенсифікації додають флокулянти), випарюванні розчину з виділенням суспензії $NaCl$, кристалізації KCl з подальшим його осадженням з хлормagneзиевого лугу (рис.6). Іншими напрямками використання глинисто-сольових шламів є виробництво мішаної калійної солі (добавка до HCl), меліорація піщаних та торф'яних ґрунтів (добриво та структуроутворюючий елемент), виробництво будівельної кераміки й аглопориту (сировина). Створено також технології комплексного використання усіх корис-

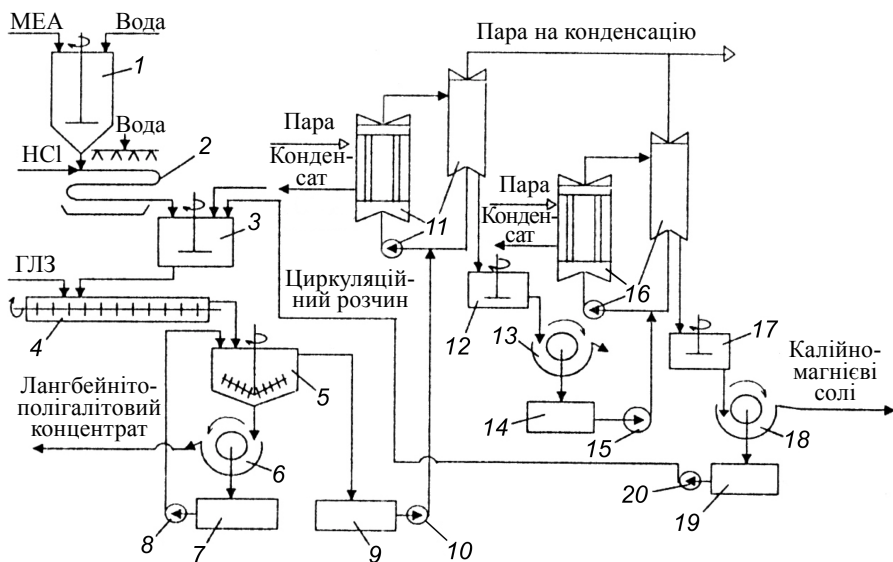


Рис.6. Схема утилізації галітових відходів

1, 3, 12, 17 – змішувачі; 2 – трубчастий нейтралізатор; 4 – екстрактор; 5 – відстійник; 6, 13, 18 – барабанні вакуум-фільтри; 7, 9, 14, 19 – ємності; 8, 10, 15, 20 – насоси; 11, 16 – вакуум-випарні апарати

них компонентів калійних руд із виробленням KCl , $NaCl$, Br_2 , $MgCl_2$ як товарних продуктів. У дуже незначній кількості галітові відходи використовуються для регенерації фільтрів теплоенергетичних підприємств та у дорожньому будівництві.

Основним відходом виробництва кальцинованої соди аміачним способом є дистилерна рідина, яку складують у спеціальних шламонакопичувачах – білих морях. З плином часу відходи зневоднюються, й утворюються тверді залишки – дистилерний шлам – світло-сіра маса, що складається з карбонату, гідроксиду, сульфату та хлориду кальцію, оксиду кремнію та інших оксидів. В'язучі властивості компонентів шламу дають можливість його використання для вироблення безклінкерного в'язучого матеріалу автоклавного ствердіння (при додаванні кварцевого піску). Проте цей матеріал має невелику міцність, для підвищення якої до технологічної схеми вводять операцію випалу попередньо гранульованого та висушеного шламу. На основі суміші отриманого продукту з піском та гіпсом виробляють блоки шпаристого бетону за ливарною технологією. Промислового застосування набула технологія виробництва

вапнисто-білітового в 'яжучого шляхом спільного сушіння суміші дистилерного шламу з кварцевим піском з подальшим випалом. Отриманий матеріал може бути використаний для вироблення силікатної цегли за звичайною технологією. Перспективними напрямками утилізації дистилерних шламів є також виготовлення тампонажних матеріалів, де шлами виступають як замітник цементу, та виробництво асфальтобетону, де їх застосовують для активізації процесу гідратації та в якості наповнювача.

5. УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ ГАЛЬВАНІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ

Основними різновидами відходів гальванічного виробництва є відпрацьовані концентровані технологічні розчини, промивні води та гальванічні шлами.

Концентровані технологічні розчини включають у себе електроліти нанесення покриттів, розчини для зняття покриттів, лужні та кислотні травильні розчини тощо. За основними компонентами вони поділяються на такі, що містять залізо та хром, нікель, кадмій, свинець, мідь; а за технологією переробки – на кислі, лужні, такі, що містять фтор, аміак і т. ін.

Найдоцільнішим засобом обробки таких розчинів є їх регенерація, при неможливості останньої, з них вилучають кольорові метали та інші цінні компоненти. Вибір методу утилізації або регенерації здійснюється, виходячи з типу електроліту, вартості та технічної можливості застосування. Зокрема, електроліти для нанесення гальванопокриттів регенеруються шляхом безперервної або періодичної фільтрації, селективного очищення від металічних домішок, окислення або адсорбції продуктів розпаду органічних речовин.

Для видалення іонів важких металів з електролітів застосовуються методи цементації та електролізу. Іони шестивалентного хрому вилучаються за допомогою відновлювачів або іонного обміну. Видалення домішок заліза здійснюється шляхом окислення пероксидом водню чи за допомогою суміші $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ і NH_4Cl . Органічні речовини окислюються пероксидом водню або адсорбуються при фільтруванні крізь шар активованого вугілля. Ціаністі домішки видаляються за допомогою сульфату натрію. Для очищення електролітів від надлишку карбонатів використовуються оксиди барію та кальцію або проводиться виморожування.

Надлишки іонів лужних металів видаляються електролізом. Іони олова вилучаються шляхом окислення пероксидом водню, або додаванням металічного олова. Очищення від іонів міді здійснюється контактним осадженням на сталевих листах, цементацією за допомогою вугільного порошку та електролізом. Домішки цинку та алюмінію можуть бути видалені шляхом підлужування розчину до pH 5,5 ... 6,5.

Регенерація травильних розчинів проводиться хімічними, фізичними та фізико-хімічними методами. Перші застосовуються для обробки розчинів простого складу і полягають у додаванні реагентів (концентрованої сірчаної кислоти, ацетону), що призводить до утворення осаду домішок (FeSO_4), які згодом виділяються центрифугуванням. Метою фізичних методів є видалення продуктів травлення у кристалічній формі шляхом охолодження, в тому числі одночасно з випаровуванням при зниженому тиску, термічного розкладання продуктами згоряння палива. З фізико-хімічних процесів знайшли застосування електроліз, електродіаліз, флокуляція та інші. Раціональним способом утилізації відпрацьованих сірчаноокислих розчинів є їх нейтралізація аміачною водою із отриманням оксидного заліза та сульфату амонію (добрива). Іншим способом утилізації є обробка сірчаноокислих травильних розчинів сумішшю NaOH , Na_2SO_4 та поліакриламідом (флокулянту) з утворенням гідроксиду заліза, що видаляється у вакуум-фільтрі, та розчину сульфату натрію, який піддають електролізу з утворенням H_2SO_4 та NaOH . Після видалення з сірчаної кислоти домішок Na_2SO_4 виморожуванням її повертають у травильні ванни, а суміш NaOH та Na_2SO_4 направляють на нейтралізацію.

Промивні стічні води за хімічним складом поділяються на хромисті, ціаністі та кислотно-лужні. Їх в основному піддають очищенню реагентним способом, електролізом, електрокоагуляцією, електрофлотацією, іонним обміном або мембранними методами. Реагенти методи дають змогу вилучати метали (нікель, мідь, кадмій і т. ін.), як правило, у вигляді гідроксидів, тому осад, в якому останні містяться, потребує додаткової обробки. Застосування іонообмінного методу дає змогу вилучати мідь, нікель, хром, цинк, срібло, золото. Сорбовані метали вилучаються з іонітів за допомогою регенераційних розчинів, які потім як концентровані розчини можуть використовуватися у гальванічних процесах (наприклад, нікелювання, ціаністого цинкування, ціаністого міднення). Іншим шляхом є вилучення металів з реагентів за допомогою електролізу (золото, срібло, нікель) або осадження з прожарюванням. Розроблено також установки, в яких метал (золото, срібло, кольорові метали) з промивних розчинів виділяють виключно електролізом. Низька концентрація іонів

металів вимагає застосування в цьому випадку електродів з великою робочою поверхнею (псевдозріджених, сітчастих, обертових тощо). З мембранних методів перспективним є зворотній осмос, який дозволяє вилучати з розчинів іони багатозарядних металів (Cu, Ni, Cr, Cd, Al та інші). Установки зворотнього осмосу потребують включення до свого складу засобів попереднього очищення.

Гальванічні шлами утворюються в процесах реагентного та електрокоагуляційного очищення стічних вод і за своїм складом поділяються на ті, що містять кальцій (реагент – вапнисте молоко), натрій (реагент – сода або луги) та залізо (реагенти містять залізо). Основна частина шламів наразі направляється у шламонакопичувачі. Розроблені технології зневоднювання цих осадів за допомогою спеціальних мінеральних реагентів (вапна), відстоювання, центрифугування, сушіння, магнітної та електрофоретичної обробки, флокуляції, виморожування у вакуум-фільтрах і фільтр-пресах. Основними напрямками переробки гальваношламів є повернення вилучених продуктів для використання в інших галузях господарства.

Повернення відходів у виробничий цикл потребує досить складних операцій. Наприклад, розроблено технології вилучення міді, кобальту, хрому, кадмію й лужних металів за допомогою сірчаної та соляної кислот. Осад гідроксиду цинку розчиняють у сірчаній кислоті й утворений продукт повертають у гальванічне виробництво. Для селективного вилучення металів застосовується метод екстракції солями четвертинних амонієвих основ. Можливе також комбіноване вилучення екстрагентами міді та кадмію із подальшим виділенням продукту електродіалізом, іонним обміном та ін. і переробкою осаду на мідь та кадмій.

Застосовуються методи сублимації цинку, свинцю, кадмію нагріванням суміші шламу з коксом при 700...1300°C у неокислювальному середовищі, відновлення гідроксидів хрому та цинку воднем при 1000°C та ін.

З методів утилізації в інших виробництвах слід виділити отримання пігментів. Сутність методу полягає у модифікації осаду шляхом введення зародків кристалізації α – FeOОН, які отримують реакцією між залізним купоросом та аміачною водою. Зародки вводять як у електрокоагулятор очищення стічних вод, так й у відстійник. Після модифікації осад піддають центрифугуванню, сушать у розпилювальних сушарках, розмелюють та прожарюють, отримуючи коричневий пігмент (рис.7). Існують методи використання гальваношламів у виробництві кольорового скла, асфальтобетону (як мінеральної добавки), у виготовленні штучних в'язучих матеріалів. У останньому випадку осад необхідно попередньо прожарювати

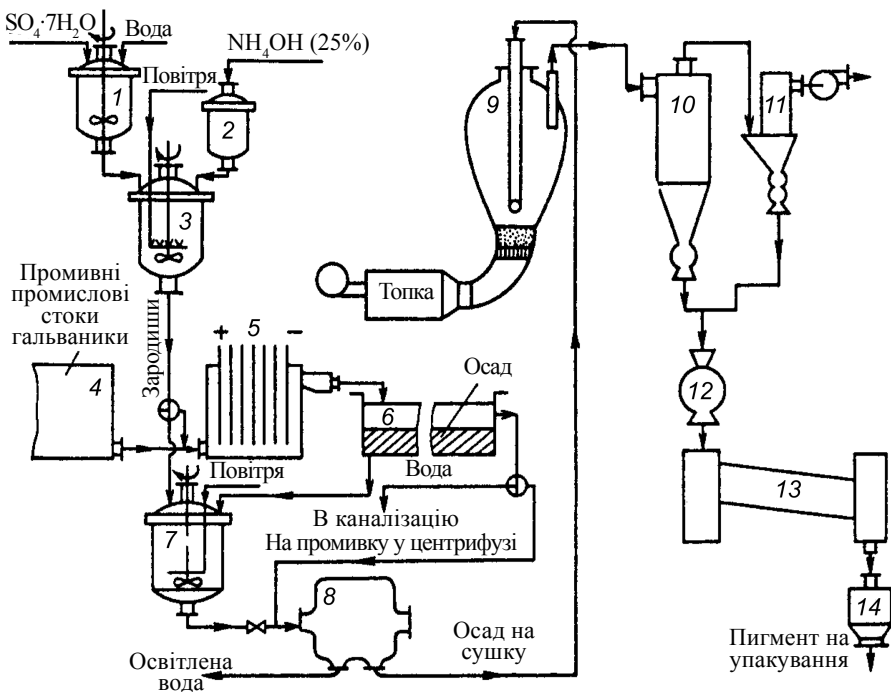


Рис.7. Технологічна схема отримання пігменту з осадів гальванічних виробництв

1, 3, 7 – реактори з мішалками; 2, 4 – ємності; 5 – електрокоагулятор; 6 – відстійник; 8 – центрифуга; 9 – сушарка з інертним носієм (фторопластовою кришкою); 10 – циклон; 11 – рукавний фільтр; 12 – подрібнювач; 13 – барабанна електропіч; 14 – збирач

для видалення органічних речовин. Крім того, прожарювання дає змогу використовувати ці шлами як додаток при виготовленні червоної цегли, штучного щебеню (у суміші з глиноземом), облицювальних матеріалів (у суміші зі силкатами). При ствердінні гальваношламів за допомогою портландцементу отримують будівельні блоки. Введення з'єднань важких металів до керамічних сумішей поліпшує їх властивості та покращує кольорові якості. Тому гальванічні осадки використовуються у будівництві черепиці. Останнім часом поширення набуло хімічне та електрохімічне осадження важких металів зі стічних вод у вигляді феритів – комплексних оксидів заліза та інших двовалентних металів. Ферити можна застосовувати як поглиначі електромагнітних хвиль.

Взагалі, у технології адсорбції та коагуляції можуть знаходити своє

застосування осади з високим вмістом гідроксидів заліза, кальцію або алюмінію. Відомі також способи виготовлення каталізаторів процесу гідратації зі шламів, що складаються з оксидів кольорових металів, використання шламів, які містять залізо, як добавки при виробництві кераміки та ін.

6. УТИЛІЗАЦІЯ ТА РЕКУПЕРАЦІЯ ВИСОКОТОКСИЧНИХ ВІДХОДІВ ХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

До високотоксичних відходів хімічної промисловості відносяться тверді, рідкі та газоподібні речовини, які містять хлор, фтор, ртуть, миш'як, ціаніди, хром, кадмій, феноли і деякі інші компоненти. Токсичні властивості цих речовин зумовлюють великі складнощі при зберіганні та захороненні відходів. Тому останні, зазвичай, піддають термічному знешкодженню або хімічній обробці з отриманням нешкідливих з'єднань. Утворені осади, шлаки та шлами вивозяться на полігони промислових відходів та шламосховища. Проте, багато з названих речовин є цінними компонентами технологічних процесів, що зумовлює необхідність проведення утилізації та рекуперації. Деякі з таких методів було наведено у попередньому розділі. Нижче розглянуто методи регенерації хлору, фтору, ртуті та фенолів.

Хлор та його з'єднання можуть виділятися при хлоруванні органічних речовин, виробленні соляної кислоти, переробленні кольорових металів методом хлоруючого випалу, електролізі хлориду магнію або повареної солі, спалюванні хлорорганічних відходів (розд. 7) тощо. Утилізація хлору з газових викидів може проводитися шляхом абсорбції водою з утворенням 9...10 % HCl, розчинами лугів або хлориду заліза з рекуперацією HCl та отриманням хлоридів деяких металів, що є товарними продуктами (FeCl₃). Зі стічних вод хлор виділяють хімічним шляхом, наприклад, послідовною обробкою гідроксидом лужного металу з виділенням утворених гідроксидів лужноземельних металів (фільтруванням), органічними спиртами з утворенням органічного гіпохлориду та кислотою з виділенням вільного хлору. Хлороводень рекуперують з відпрацьованих розчинів хлорування органічних речовин шляхом електролізу хлору з наступною адсорбцією його водою та дистиляцією HCl. Крім того, до розчинів можуть вводити добавки, які знижують розчин-

ність, після чого проводять каталітичне окислення киснем з отриманням хлору. Розроблено процеси етерифікації метанолом, внаслідок чого хлороводень перетворюється на хлористий метил – сировину для отримання тетрахлористого вуглецю. Відомі методи дистиляції хлороводню з відпрацьованих розчинів, а також екстракції органічними розчинниками з подальшою дистиляцією. З газових викидів процесів хлорування газоподібний HCl виділяють промиванням кислотами або низькотемпературним охолодженням.

Фтор міститься у відхідних газах електролітичного виробництва алюмінію та переробки фосфатів (у вигляді HF та SiF_4). Охолодженні гази сорбують водою у тарілчастих апаратах, отримуючи кремнефтористоводневу кислоту. Потім її переробляють на фториди алюмінію, кріоліт, кремнефториди, що є компонентами виробництва алюмінію, а також на фтороводневу (плавикову) кислоту або HF . Розроблено також методи поглинання фтористих газів розчинами амонійних солей Na_2CO_3 та K_2CO_3 з утворенням товарного продукту – фториду натрію (рис.8). Із твердих відходів процесу виробництва алюмінію (відпрацьована футерівка печей, сажа, пил з циклонів та електрофільтрів) фтороводень вилучають шляхом пірогідролізу (при 1000°C) псевдозрідженого шару суспензії твердого матеріалу, що містить вуглець та фтор, у потоці суміші водяного пару з повітрям. Відхідні гази охолоджують та абсорбують водою, отримуючи плавикову кислоту. Фтористий водень є каталізатором алкилювання ізопарафінів для отримання високооктанового моторного палива. З кислотної фази, що утворюється при цьому, HF рекуперують методами ректифікації за допомогою газоподібного вуглеводню. При цьому більша частина фтороводню переходить у газоподібну фазу, а менша – у рідку. З рідкої фази HF виділяють відстоюванням, а з газоподібної – дистиляцією та повертають до реактору алкилювання.

Регенерація ртуті з газових викидів підприємств кольорової металургії, теплоенергетики та інших галузей промисловості проводиться

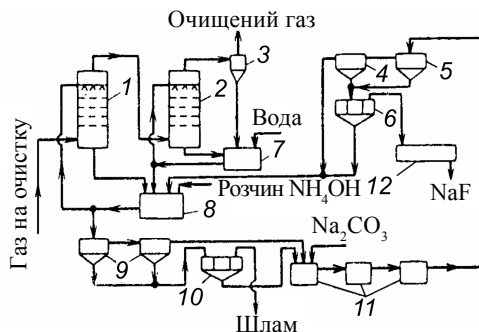


Рис.8. Утилізація з'єднань фтору
1,2 – абсорбери; 3 – сепаратор; 4, 5, 9 – відстійники; 6, 10 – вакуум-фільтри; 7, 8 – збирачі; 11 – реактори; 12 – сушарка

методами багатоступеневого охолодження з конденсацією ртуті, часто з компримуванням газу; абсорбції розчину NaCl із додаванням хлору в насадкових і тарілчастих колонах із подальшою електролітичною регенерацією з розчину; абсорбції розчином сірчаної кислоти з додаванням KMnO_4 з наступним виділенням ртуті у чистому вигляді шляхом вимивання в колонному апараті. Застосовується також адсорбція глиноземом, цеолітами, активованим вугіллем, обробленими мінеральними кислотами, сіркою, йодом, сульфідом натрію тощо. Ці речовини в процесі хемосорбції утворюють з парами ртуті з'єднання, з яких останню рекуперують пірометалургійним шляхом. Стічні води, забрудненні ртуттю, утворюються при виробництві хлору, NaOH на ртутних заводах, при виготовленні барвників, вуглеводнів, а також у процесах електролізу з використанням ртутних електродів. Для видалення зі стічних вод металічної ртуті застосовують методи відстоювання або фільтрування на вакуум-фільтрах та фільтр-пресах. Ртуть та її з'єднання видаляють зі стічних вод відновленням сульфідом заліза, гідросульфідом натрію, залізним порошком. Найчастіше продуктом реакції є важкорозчинний сульфід ртуті, який потім осаджують (часто з додаванням коагулянтів) та зневоднюють у фільтрах. Вологий осад або шлам переробляють шляхом нагріву, або сушіння з випалом, внаслідок чого відбувається дистиляція ртуті, яку потім відділяють від води у конденсаторах. Досить ефективними є сорбційні методи: адсорбція на активованому вугіллі й іонний обмін на волокнистих і зернистих матеріалах, у протитечієвих колонах безперервної дії або апаратах фільтруючого типу. З метою рекуперації ртуті відпрацьоване вугілля та волокнисті іонообмінні матеріали на основі целюлози спалюють з подальшою конденсацією ртуті. Зернисті іоніти регенерують лугом, а з регенерату ртуть виділяють шляхом електролізу. Обробка стічних вод, які містять органічні з'єднання ртуті, полягає в окисленні хлором (у пульсаційних хлораторах), видаленні надлишку хлору та відновлення катіонів до металічної ртуті. З відпрацьованих катализаторів процесу синтезу хлорвінілу, які представляють собою активоване вугілля та 10% хлорид ртуті, ртуть виділяють шляхом піролізу, конденсації та відновлення; спалювання з конденсацією; рекуперації HgCl_2 нагріванням обробленого хлором катализатора у течії азоту з подальшою конденсацією та обробкою розчином HCl .

Відходи, що містять феноли, утворюються при виробництві пластмас, органічних кислот, ПАР, присадок до мастил та бензинів і мають вигляд фенольних смол і фенольної води. Фенольні смоли є кубовим залишком дистиляції продуктів кислотного розкладання і можуть бути

використані як котельне паливо, як добавка до топкового мастила на сланцепереробних комбінатах, а також для вироблення деяких марок фенолформальдегідних смол. Вироблення останніх проводиться у реакторах з мішалками, що підігріваються через рубашку до 40°C. Фенолформальдегідну смолу отримують у ході реакції між фенольною смолою, чистим фенолом та добавками, а також у процесі сушіння і використовують для виробництва текстоліту або прес-порошків. Розроблено дослідні установки термічної деструкції фенольних вод у реакторі-розкладачі з утворенням фенолу, ізопропілбензолу, метилстиролу, які виділяються ректифікацією. Кубовий залишок рециркулює і частково виводиться з процесу на спалювання. Перспективним є гідрогенізаційний метод переробки фенольної смоли на базі алюміній-кобальт-молібденового каталізатора. У результаті послідовного здійснення процесів знесолювання, гідрування та розділення продуктів реакції всі побічні продукти, що входять до складу фенольної смоли, перетворюються на цільові – фенол, етилбензол, ізопропілбензол та інші.

Фенольні води – стічні води процесів виробництва фенолу найчастіше піддають екстракції з метою виділення фенолу. Метод включає в себе стадії охолодження, карбонізації CO_2 або димовими газами для зниження рН та переведення фенолатів у вільні феноли, власне екстракції фенольованом або бутилацетатом та ректифікації фенолу з утвореного екстракту. Екстрагент, що відділяється у ректифікаційній колоні, а також регенерується зі знефеноленої води дистиляцією, повертають до екстрактору.

7. РЕГЕНЕРАЦІЯ ЗНЕЖИРЮВАЛЬНИХ ТА МИЙНИХ РОЗЧИНІВ

Знежирювання та миття поверхней деталей та вузлів здійснюється за допомогою органічних розчинів (спиртів, бензину, керосину, композицій на основі продуктів нафтохімічного синтезу) та поверхнево-активних речовин (ПАР). Перші є токсичними, пожеже- та вибухонебезпечними легкозаймистими речовинами, а наявність других у стічних водах потребує додаткових технічних засобів очищення та утилізації. Як правило, відходи, що містять легкозаймисті речовини, знешкоджуються вогневими та термоокислювальними засобами, а стічні води очищують від ПАР шляхом коагуляції, пінної сепарації, озонування, адсорбції, іонно-

го обміну, електрокоагуляції, ультразвуковими, радіаційними та магнітними методами.

Разом з тим, широко відомі методи регенерації розчинників. Найпоширенішим способом з них є дистиляція за умови атмосферного тиску з парою або інертним газом (азотом або гелієм). Побічними продуктами процесу є відстоєна вода, яку очищують механічним шляхом та кубовий залишок – суміш масил, забруднених металічними домішками та продуктами деструкції, які також регенерують. Таким чином, рекуперують бензиново-гасові розчинники. Якщо розчинник легко гідролізується, має високу температуру кипіння, теплоємність, теплоту пароутворення та вартість, ефективним є застосування процесу екстракції із наступним вилученням розчиннику з екстракту та рафінаду дистиляцією та ректифікацією. Очищення етилового спирту від води проводиться шляхом ректифікації, ізопропілового спирту від низькомолекулярних полімерів – випаровуванням з подальшою екстракцією; аліфатичних спиртів від вуглеводів та ефірів – екстрактивною кристалізацією або ректифікацією; а від барвників та води – адсорбцією на активованій глині з подальшою дистиляцією. Хлорорганічні розчинники піддають ректифікації; адсорбції на активованому вугіллі, активованому оксиді алюмінію або на молекулярних ситах; іонному обміну; дистиляції; обробці розчинниками бікарбонату натрію, карбонатом калію, хлористим кальцієм, сульфатами натрію та калію, сірчаної кислоти й лугів (в залежності від типу розчинника та хімічного складу домішок). Втім, більшу частину названих відходів спалюють, причому димові гази містять хлористий водень, а також (при неповному згорянні) хлор.

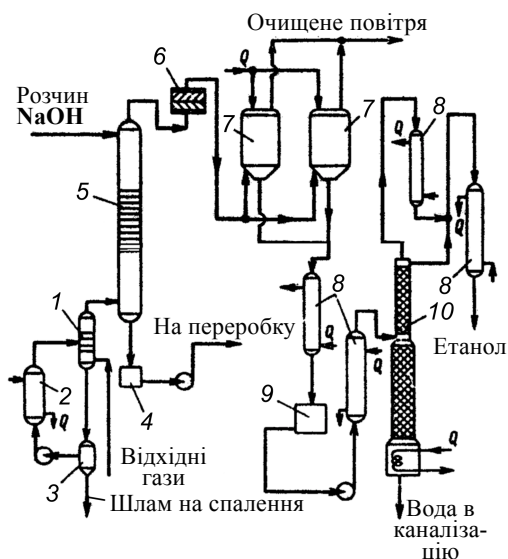


Рис.9. Установа для рекуперації фенолу та етанолу з відхідних газів

1 – холодильник; 2 – теплообмінник; 3 – відстійник; 4, 9 – ємності; 5 – абсорбер; 6 – фільтр; 7 – адсорбер; 8 – теплообмінники; 10 – ректифікаційна колона

Якщо відходи містять не менше 60% масових хлору, доцільною є абсорбція димових газів водою або 8...10 % розчином HCl . У результаті взаємодії в циклонному реакторі та абсорбері утворюється 25...30% розчин HCl . У зворотньому випадку відхідні гази нейтралізуються лужними реагентами (NaOH , Ca(OH)_2) безпосередньо у циклонному реакторі.

У ході виробничих процесів деяка частка летких розчинників випаровується в повітря. Для запобігання забрудненню навколишнього середовища їх уловлюють системами витяжної вентиляції та направляють на газоочисну установку. Застосування в останній методу фізичної адсорбції активованим вугіллям, силікагелем або іншими поглиначами дає змогу здійснювати рекуперацію летких розчинників. Поглинання їх відбувається у апаратах періодичної та безперервної дії з нерухомим шаром адсорбенту, в апаратах з рухливим і псевдозрідженим шаром. У процесі регенерації адсорбентів – десорбції, вони вилучаються з поглиначів десорбуючим агентом (водяною парою), потім конденсуються і розділяються з водою шляхом ректифікації (рис.9).

Регенерація мийних розчинів зводиться до видалення з них забруднюючих домішок та коректировки хімічного складу.

8. УТИЛІЗАЦІЯ ТА РЕГЕНЕРАЦІЯ МАСТИЛЬНО-ОХОЛОДЖУВАЛЬНИХ РІДИН

Мастильно-охолоджувальні рідини представляють собою масляні емульсії мінерального мастила (емульсола) у воді з додаванням 0,2...0,3% соди. Емульсоли поділяють на 3 групи – стабілізовані іоногенними емульгаторами (колоїдні спиртові розчини), неіоногенними емульгаторами (оксиетилізовані вищі жирні кислоти, спирти, феноли), іоногенними та неіоногенними емульгаторами (каніфоль, хлорований парафін). Найчастіше застосовуються емульсії першої групи. Вони використовуються при роботі металоріжучих верстатів, прокатних станів з метою підвищення класу чистоти поверхні виробів, покращення фізико-механічних властивостей матеріалів, продовження терміну використання інструменту. В процесі роботи мастильно-охолоджувальна рідина забруднюється стружкою, пилом, частинками абразиву, волокнистими та мастильними матеріалами. Продукти життєдіяльності анаеробних бактерій, живильним середовищем для яких є емульсії, мають токсикологічний вплив на навколишнє середовище. Це викликає необхідність періодичної регенерації емульсій.

Вона складається з двох етапів: виділення (відстоюванням) мастил, які накопичуються в процесі експлуатації та власне регенерації (наприклад, додаванням лужного розчину). Регеновану емульсію змішують та повертають у виробництво. Запропоновано також установки для регенерації відпрацьованих емульсій за допомогою електрокоагуляторів. Сутність методу полягає у селективному видаленні з мастильно-охолоджувальної рідини надлишку дисперсних частинок шляхом часткової коалесценції краплин мастила електрогенованим коагулянтном. Коалесцovanі краплини мастила разом з коагульованими механічними домішками флотують на поверхню апарату, звідки видаляються, а емульсія після відстійника повертається у виробництво (рис. 10).

Якщо в емульсії накопичилася завелика кількість механічних домішок, замала кількість вологи або є ознаки загнивання (запах сірководню), вони не підлягають регенерації й після попередньої обробки фільтруванням, продуванням повітрям з бактерицидними добавками спрямовуються на очисні споруди або утилізуються шляхом деструкції з виділенням мастил.

Деструкція може здійснюватися шляхом реагентної обробки сірчанокислим алюмінієм, хлорним або сірчанокислим залізом. Знайшли застосування методи реагентної коагуляції та реагентної напірної флотації. Останній спосіб забезпечує більш зручне видалення домішок. Є дані про використання для деструкції емульсій методів зворотнього осмосу та ультрафільтрації зі застосуванням апаратів типу фільтр-прес. Кожен з названих способів має свої суттєві недоліки, тому розробляються уста-

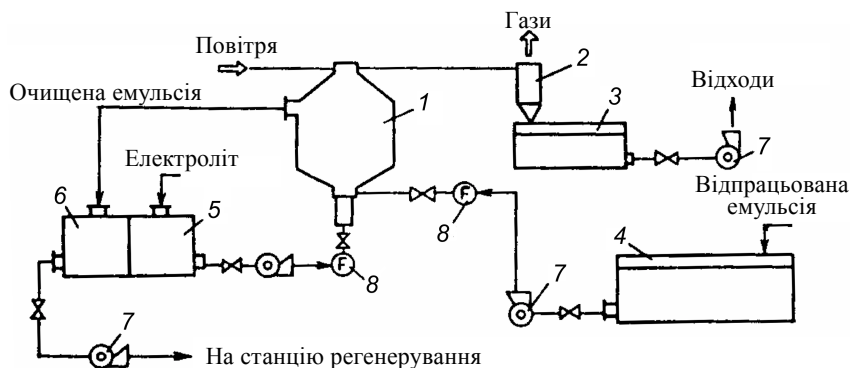


Рис.10. Регенерація мастильно-охолоджувальної рідини

1 – електрокоагулятор; 2 – циклон; 3,4 – збирачі відходів та відпрацьованої емульсії;
5,6 – збирачі електроліту та очищеної води; 7 – насоси; 8 – ротаметри

новки, де реалізуються комбіновані методи. Зокрема, технологічна схема обробки може включати в себе послідовне проведення відстоювання з додаванням сірчаної кислоти, центрифугування, реагентної або електричної флотації, виділення піни із подальшою її деструкцією сірчаною кислотою, відстоювання мінеральних мастил з регенерацією флотаційного агенту $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

Поширення набувають також термічні методи утилізації. До них відносять: випарювання (наприклад, у роторному апараті), дистиляцію з отриманням мастильного залишку та водяного конденсату з малою жорсткістю. Розроблено також установки термічного знешкодження мастильних емульсій. Останні змішують з ПАР і направляють у піногенераторний реактор, де за рахунок подачі під барботажні ґратки повітря та природного газу утворюється гаряча піна, яка підіймається до камери згоряння, де термічно розкладається з утворенням димових газів, у яких відсутні шкідливі органічні речовини, завдяки чому не виникає потреби у встановленні засобів газоочищення.

9. РЕГЕНЕРАЦІЯ ТА УТИЛІЗАЦІЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ МІНЕРАЛЬНИХ МАСТИЛ

Основними джерелами утворення відпрацьованих мінеральних мастил є транспорт (моторні та трансмісійні мастила), верстати та інше промислове обладнання (індустріальні, гідравлічні, компресійні й інші мастила), енергетичне обладнання (трансформаторні масла) та інші технологічні процеси (гартувальні мастила, теплоносії, промивальна рідина). У залежності від цільового призначення мастила поділяють на ММВ – мастила моторні відпрацьовані (автотракторні, дизельні, авіаційні, трансмісійні, гідравлічні); МІВ – мастила індустріальні відпрацьовані (турбінні, компресорні, трансформаторні); СНВ – суміші нафтопродуктів відпрацьованих (продукти зачищення резервуарів, трубопроводів). Відходи перших двох груп утворюються внаслідок окислення мастил і забруднення їх продуктами зношення деталей, металічною стружкою та пилом.

Найдоцільнішим методом утилізації мінеральних мастил є їх переробка на мастилорегенераційних заводах. Першою операцією є відстоювання при температурі $70\ldots 90^\circ\text{C}$ у відстійниках, нафто- та жиρούловлювачах. При потребі більш глибокого очищення застосовуються барабанні сепаратори та масляні фільтри. Найбільш ефективним є метод ваку-

умної перегонки, який дозволяє отримати мастила з мінімальними зольністю, коксоємністю та вмістом асфальто-смолистих речовин. Із фізико-хімічних методів набули поширення коагуляція електролітами, іоногенними, неіоногенними, колоїдними ПАР і гідрофільними високомолекулярними з'єднаннями, а також адсорбція природними (вибілювальні глини, боксити) та штучними (силікагель, алюмогель) поглиначами. Процес адсорбції проводиться в апаратах з мішалками та фільтруючим шаром адсорбенту. Хімічні методи поділяються на сірчаноокислі та лужні. Сірчана кислота дозволяє очищувати відпрацьовані мастила від смол, асфальтенів, нафтових кислот, присадок. До недоліків цього процесу відносять: утворення кислих гудронів (розд. 10), необхідність постійного охолодження та наявність у очищеному мастилі залишків кислоти й сульфоз'єднань, які погіршують якість і підвищують корозійну небезпеку. Для виділення цих домішок мастила додатково обробляють лугами. Більш ефективними, аніж сірчаноокислотний, є способи обробки мастил селективними розчинниками (фенол, фурфурол, нітробензол) або гідрогенізації. Лужні розчини можуть застосовуватися для регенерації мастил. Після обробки лугами регеноване мастило промивають водою та підігрівують або продувають сухим гарячим повітрям. Застосовуються також комбіновані способи очищення: відстоювання, відгонка пального, адсорбція та фільтрування; відстоювання, лужна обробка, адсорбція, фільтрування; відстоювання, кислотна й лужна обробка, адсорбція та фільтрування; відстоювання, відгонка пального, кислотна обробка, адсорбція та фільтрування; фільтрування, підігрів, відгонка води і легких фракцій, коагуляція, відстоювання, фільтрування (рис.11). Та чи інша технологія обробки обирається в залежності від характеру домішок і ступеню забруднення.

Утилізацію відпрацьованих мастил найпростіше здійснювати шляхом їх додавання до сирової нафти з подальшою переробкою за повною технологічною схемою. Проте, цей процес ускладнюється у зв'язку з підвищеною зольністю мастил і наявністю у них диспергуючих присадок. Тому відпрацьовані мастила можна додавати до сирової нафти у кількості не більше 1%, щоб запобігти виходу з ладу обладнання для знесолення нафти.

Відпрацьовані мінеральні мастила знайшли своє застосування як добавки при виробництві керамзиту, інших будівельних матеріалів (після хімічного знешкодження та сушіння). Запропоновано також ствердіння нафтовмістких відходів у суміші з подрібненим пічним шлаком та гідроксидами лужних металів. У результаті ствердіння отримують висо-

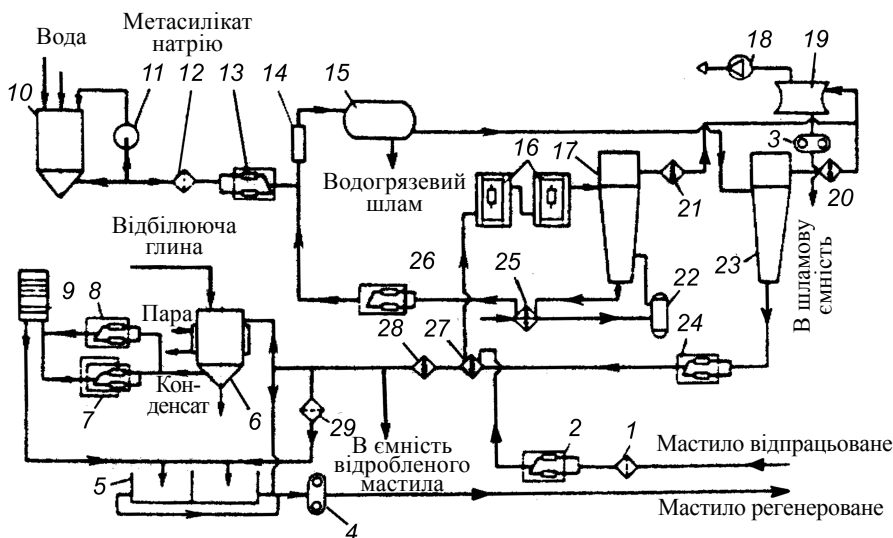


Рис.11. Схема регенерації відпрацьованих індустріальних мастил
 1, 12 – фільтр грубого очищення; 2, 7, 8, 13, 24, 26 – насоси-дозатори; 3, 4 – електронасоси; 5, 9 – ємність; 6, 10 – контактні резервуари; 11 – насос; 14 – змішувач; 15 – автоклав-відстійник; 16 – електронагрівальна піч; 17, 23 – випаровувачі; 18 – вакуум насос; 20, 21, 25, 28 – охолоджувачі; 22 – адсорбер; 27 – теплообмінник; 29 – фільтр тонкого очищення

комічний термо- та кислотійкий матеріал. Шлами, що утворюються при регенерації мастил, можуть використовуватися у виробництві бітумів; відпрацьовані адсорбенти (вибілювальні глини) – при виробництві цегли.

Регенерація мастил у заводських умовах зводиться до відстоювання з підігрівом. Для видалення присадок, адсорбованих на продуктах забруднень використовують коагуляцію та фільтрацію. Розроблено установки для переробки індустріальних і трансформаторних мастил, регенерація яких проводиться в основному на місцях їх споживання. Нафтопродукти групи СНВ переважно використовуються як котельне паливо або піддаються додатковій обробці, оскільки за своїми фізико-хімічними якостями не відповідають нормативним вимогам прийняття на регенерацію.

За своїми фізико-хімічними властивостями нафтопродукти, вилучені з нафтовмістких стічних вод, можуть бути віднесені до категорії СНВ. Обробка таких вод, як правило, проводиться шляхом відстоювання, відцентрового зневоднювання у гідроциклонах або центрифугах, фільтрування у фільтр-пресах та вакуум-фільтрах. Після цього осад мо-

жуть спалювати у камерних, циклонних, надшарових та турбобарботажних топках, багатоподових та барабанних печах, а також у печах киплячого шару, або обробляти оксидами лужноземельних металів, оброблених ПАР, вапном, магнітною рідиною, спеціально підібраними штамами мікроорганізмів тощо. В результаті отримують сировину для будівельного виробництва.

Наприклад, після обробки нафтовмістних відходів оксидами кальцію та магнію із додаванням стеаринової кислоти утворюється сухий, сильно гідрофобний порошок, який можна використовувати для виготовлення облицховального матеріалу, у дорожньому будівництві та для посипання льоду. Відомі методи застосування осадів, що містять нафту, при виробництві цегли, бітумів; як покриттів, що наносять на вугілля для запобігання його вивітрюванню та змерзанню при транспортуванні; для укріплення піщаного шару ґрунтів (нанесення на поверхню піску суміші 6...10% бітуму з відпрацьованим трансформаторним мастилом); для ствердіння та стабілізації виробничих відходів тощо. На деяких будівельних підприємствах нафтовідходи використовують для змазування механізмів, ланцюгів, форм, при виготовленні бетонних плит та ін.

10. УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ НАФТОХІМІЧНИХ ТА НАФТОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ

Основними видами відходів, які утворюються на нафтопереробних та нафтохімічних підприємствах, є кислі гудрони, емульгована нафта й нафтопродукти, уловлені в очисних спорудах, а також нафтові шлами. Крім того, до твердих нафтовмістних відходів належать ганчір'я, просякануте органічними речовинами, відпрацьовані адсорбенти та іоніти, важкі метали, їх солі, оксиди, надлишковий активний мул.

Кислі гудрони – це смолоподібні високов'язкі маси, що складаються зі сульфатованих ненасичених вуглеводнів, продуктів їх полімеризації та поліконденсації, сірчаної кислоти й води. В залежності від хімічного складу кислі гудрони можна переробляти на сульфат амонію, використовувати як паливо (після видалення кислоти) або як реагент для очищення нафтопродуктів. Перспективнішим є високотемпературне розщеплення кислих гудронів у суміші з розчинами відпрацьованої сірчаної кислоти з метою отримання діоксиду сірки, який направляється у кислотне виробництво. Найбільшого поширення у промисловості набула

переробка кислих гудронів з виробленням високосірнистих коксів та сірчистих газів. Кокс використовується як сульфідуюча добавка та відновлювач у пірометалургійних процесах хімічної промисловості, для отримання Na_2S , CS та ін. Технологія переробки гудронів у кокс включає низькотемпературне розкладання та полімеризацію органічної частини на циркулювальному коксовому теплоносії. В якості останнього можуть використовуватися нафтові залишки, газойлеві фракції коксування, органічні залишки кислих гудронів, що утворюються у ході процесу.

У виробництві бітумів знайшли використання продукти переробки органічної частини кислих гудронів, яка містить сірчані з'єднання, смоли, тверді асфальтобетонні речовини. Суміш кислих гудронів з прямогінними піддають нагріванню, що призводить до розщеплення сульфоз'єднань і сірчаної кислоти, яке, у свою чергу, викликає ущільнення маси та утворення гомогенної суміші. Гази, що утворюються в ході процесу, охолоджують для виділення мастильної фракції й абсорбції содою з отриманням сульфату натрію (рис. 12). Розроблено також технології переробки кислих гудронів у активоване вугілля з одночасною регенерацією сірчаної кислоти, виготовлення деяких ПАР, інгібіторів, пластифікаторів, оліфи, протифільтраційних екранів, які закладаються в основу полігонів ТПО. Крім того, кислі гудрони використовують як паливні добавки до клінкеру цементної промисловості та при випаленні мідної руди.

Рідкі нафтовмістні відходи затримуються у нафтовловлювачах, пісколовках, відстійниках, збираються з поверхні шламонакопичувачів та направляються на зневоднювання. Отримана водна емульсія нафти руй-

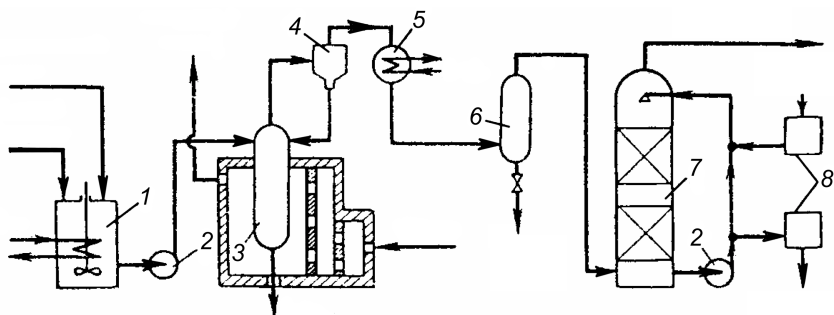


Рис. 12 Схема установки для перероблення кислого гудрону на бітум
1 – змішувач; 2 – насоси; 3 – перегінний куб; 4 – відстійник; 5 – конденсатор; 6 – сепаратор; 7 – абсорбер; 8 – ємності для абсорбенту

нується за допомогою центрифуг і сепараторів, знешкоджується спалюванням з утилізацією тепла та без неї, піддається піролізу з наступною сепарацією нафтопродуктів у циклоні, конденсацією та відстоюванням.

Шлами нафтопереробних заводів складають донні залишки споруд очищення стічних вод, продукти зачищення резервуарів, флотоконцентрат установок сепарації та флотаторів. Шлами поділяються на такі, що постійно утворюються при виробництві нафти, та застарілі, які зберігаються у відкритих земляних ємкостях – нафтошламонакопичувачах протягом багатьох років. Основним методом переробки нафтових шламів залишається їх спалювання у печах, камерних, киплячого шару, барабаних та інших.

Осади нафтохімічної промисловості направляють у шламонакопичувачі, а після механічного зневоднювання у вакуум-фільтрах, фільтр-пресах та відцентрових сепараторах – у відвали. Термічному знешкодженню у печах різної конструкції або захороненню підлягають осади, які містять токсичні компоненти, кубові залишки випарювання, екстракції, ректифікації, фільтрації та інших технологічних процесів, некондиційні продукти, використання яких є технологічно недоцільним.

11. УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА, МАТЕРІАЛІВ ТА ВИРОБІВ НА ОСНОВІ ГУМИ

До складу гумових відходів відносяться відходи, що утворилися при виготовленні гумотехнічних виробів, товарів широкого вжитку, зношені покришки, транспортні стрічки, гумове взуття та інше. За структурою й властивостями виділяють гумові невулканізовані, гумові вулканізовані, гумотканинні невулканізовані та вулканізовані відходи, а також текстильні відходи. До числа перших належать залишки гумових сумішей, що непридатні для використання за прямим призначенням. Гумові вулканізовані відходи утворюються при вулканізації й обробці продукції. Крім того, до них відносяться відпрацьовані шини та інша продукція, а також брак. Джерелами гумотканинних вулканізованих відходів є відпрацьовані та браковані вироби, а також залишки прогумованих тканин, що утворюються при виготовленні продукції. При просочуванні, промазуванні гумовою сумішшю, розкроюванні на заготовки, обрізуванні кордшнура тощо залишаються відходи тканин та пряжі, які використовуються для виготовлення текстильних виробів невідповідального призначення (технічних рукавиць і т. ін.).

Більшу частину відходів гумового виробництва (найменш цінну) вивозять на звалища або спалюють. Меншою мірою виробничі відходи використовують для виготовлення гумових килимів, трубок, шиферу, рукавиць, фартухів тощо. Перспективним напрямком є регенерація гуми з відходів виробництва та споживання. Попередньо від неї необхідно відділити текстильну тканину та метал (з відпрацьованих автомобільних шин) на спеціальних верстатах. Потім відходи подрібнюють у декілька етапів, піддають класифікації для вилучення металічного кордуну і частин текстильних матеріалів. Подрібнення автомобільних шин проводять також за допомогою струмів високої частоти, озону, розчинників, застосовують криогенну обробку (рідким азотом) або охолодженням до $-80 \dots -110^{\circ}\text{C}$ повітрям із подальшим механічним подрібненням. Для проведення цієї технологічної операції застосовуються валкові та молоткові дробарки, вихрові охолоджувальні млини. Розділення відбувається на вібраційних ситах, магнітних та повітряних сепараторах. У результаті отримують гумову кришку, яку можна використовувати для виробництва поліамідного волокна, теплоізоляційних матеріалів, модифікованих бітумів, аеродромних мастик, асфальтобетонних сумішей, покрівельних матеріалів, як добавку до коксу та напівпродукт при регенерації каучуку. Вилучений метал пакується та направляється на переплавлення.

З метою покращення процесу деструкції гуми до неї додають спеціальні речовини – пом'якшувачі (смоли, каніфоль, технічні мастила) й активатори процесу девулканізації (органічні дисульфіди, їх цинкові солі та інші пластифікатори). Молекули пом'якшувачів, проникаючи між молекулами каучуку, збільшують міжмолекулярні відстані та послаблюють міжмолекулярні сили притягання, що сприяє переходу гуми в пластичний стан. Основними методами є: паровий, водонейтральний, термомеханічний, а також метод диспергування. Перший застосовують, в основному, при виробленні кольорового регенерату. Сутність його полягає в обробці суміші гострою парою у девулканізаційному котлі під тиском $0,8 \dots 1,0$ МПа при температурі $175 \dots 185^{\circ}\text{C}$ протягом 8 годин. Водонейтральний метод включає в себе девулканізацію у середовищі водної емульсії пом'якшувачів при $180 \dots 185^{\circ}\text{C}$, протягом 5...8 годин у автоклавах з мішалкою, а також зневоднювання девулканізату в сітчастих барабанах та фільтр-пресах. Цей метод, у зв'язку з періодичністю, багатоступеневістю та утворенням великої кількості забруднених вод, поступово витісняється термомеханічним. В останньому методі девулканізація відбувається у черв'ячних апаратах (пресах) при $140 \dots 210^{\circ}\text{C}$, куди безперервно подають суміш гумової кришки з пом'якшувачами й акти-

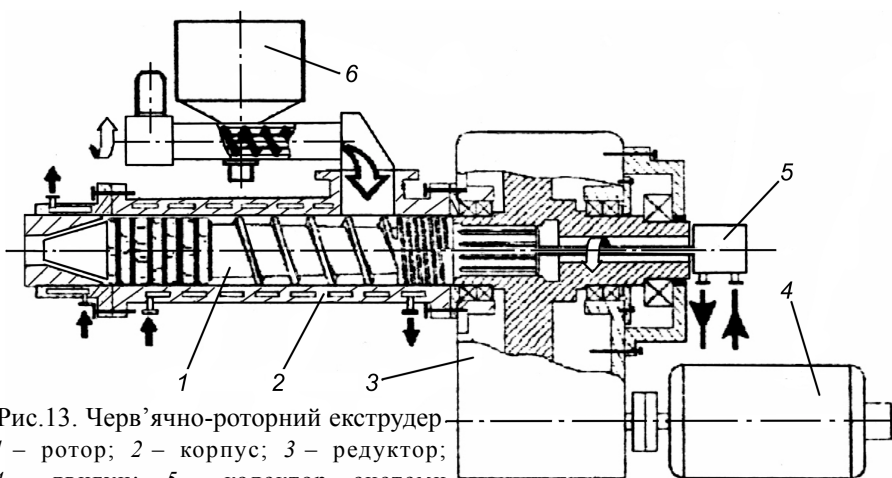


Рис.13. Черв'ячно-роторний екструдер
1 – ротор; 2 – корпус; 3 – редуктор;
4 – двигун; 5 – колектор системи
охолодження; 6 – дозатор

ваторами (рис.13). При цьому утворюється більш однорідний та пластичний регенерат. Технологія методу диспергування складається зі стадій змішування подрібненої гуми з каніфоллю або іншими емульгаторами, попередньої пластифікації та безперервному перемішуванню з водним розчином лугу в шнековому агрегаті при температурі $40 \dots 60^\circ\text{C}$. У ході пластифікації та взаємодії з лугом утворюється дисперсія гуми у воді. Осад потім промивають на вібростатах та зневоднюють у черв'ячному пресі. Для регенерації гуми на основі бутилкаучуку можна застосовувати радіаційний метод – опромінення γ -променями, що дає змогу виключити з попередньої стадії операції тонкого подрібнення.

Заключною стадією є механічна обробка девулканізату. З цією метою використовуються рафінувальні вальці та черв'ячні фільтр-преси. Водна дисперсія гуми, що утворюється у методі диспергування, може слугувати заміном латексів, тобто є товарним продуктом. Інші види регенерату використовують при приготуванні сировинних сумішей для процесів виготовлення гумотехнічних виробів.

Останнім часом поширення набувають методи піролізу гумових відходів, в тому числі в суміші з побутовими. Процеси низькотемпературного піролізу при $400 \dots 450^\circ\text{C}$ дозволяють отримувати гумове масло, яке використовується у гумових сумішах та при регенерації гуми (як пом'якшувач). Термічне розкладання подрібнених автомобільних шин при $593 \dots 815^\circ\text{C}$ дозволяє отримати рідкі вуглеводні, що можуть слугувати

паливом, твердий залишок, який застосовується як сорбент та у виробництві гумотехнічних виробів як заміник сажі, а також піролізний газ із високим вмістом водню і метану, високою теплотою згоряння, що теж дозволяє використовувати його як паливо. Установки високотемпературного піролізу (до 1200°C) виробляють сажу для лакофарбової промисловості, масла та сталь (рис. 14). Сажа уловлюється з відхідних газів у циклоні 2, а органічні з'єднання після підігріву в теплообміннику 3 розділяються у дистиляційній колоні 4. Метан та етилен з неї подаються компресором 5 у реактор 1 для розігріву кварцевого піску, а також до енергетичної установки, що забезпечує роботу дистиляційної колони. Розплавлені сталеві компоненти із нижньої частини реактору поступають в охолоджувач, де утворюють тверду гранульовану масу. Шинний кокс, що утворюється при високотемпературному піролізі має високу адсорбційну властивість по іонам важких металів. При спільному піролізі гумових та

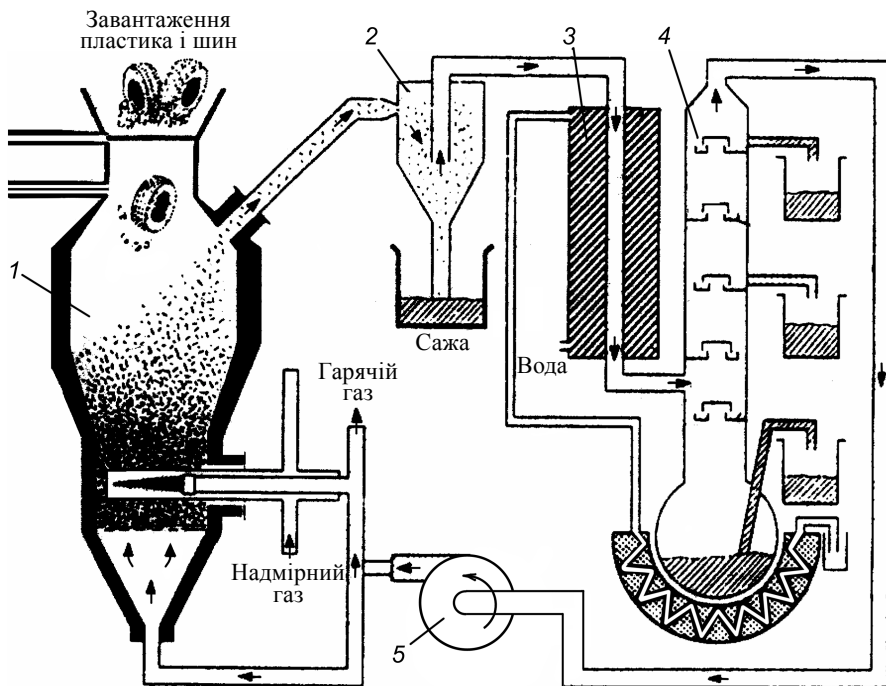


Рис. 14. Схема піролізу зношених автомобільних шин.

1 – піролізер; 2 – теплообмінник; 3 – сажоуловлювач;
4 – колона ректифікаційна; 5 – вентилятор

твердих побутових відходів у барабанних печах із внутрішнім обігрівом отримують пірокарбон (твердий залишок), який використовують у металургійній промисловості як замітник аморфного графіту в теплоізолюючих та захисно-мастильних сумішах. Нарешті, відпрацьовані автопокришки застосовуються при облаштуванні огорожень транспортних магістралей та портових причалів, запобігання розливанню берегів, при вантажно-розвантажувальних роботах, а також у рибництві.

12. ПЕРЕРОБКА ТА УТИЛІЗАЦІЯ ПЛАСТМАСОВИХ ВІДХОДІВ

Джерелами утворення пластмасових відходів є виробництва синтетичних смол та полімерних матеріалів, виробів технічного та побутового призначення, відпрацьовані вироби з полімерних матеріалів: поліетиленової плівки, предметів широкого вжитку, напільні покриття, труби, кабель тощо. Основними напрямками утилізації таких відходів є захоронення на полігонах та звалищах, спалювання разом з твердими побутовими відходами, а також окремо, у спеціальних печах, переробка за повною заводською технологією та використання як готового матеріалу в інших технологічних процесах.

Захоронення відходів пластмас на звалищах та полігонах не можна вважати ефективним засобом, оскільки пластмаси не піддаються біологічному гниттю та розкладанню, вони акумулюються, займаючи великі земельні ділянки, утворюють сприятливе для життєдіяльності гризунів та комах середовище. В той же час промислові та побутові пластмасові відходи зберігають на достатньому рівні свої технологічні властивості й можуть бути повторно перероблені.

Для промислових відходів доцільною є переробка за заводською технологією для виробництва тих самих продуктів, при виготовленні яких вони утворилися, аналогічних продуктів або виробів менш відповідального призначення. Оскільки технологічні відходи мають вигляд зливків, ливників, брил, бракованих волокон, розсипів і т. ін., першим етапом їх обробки є одно- або багатостадійне подрібнення (іноді з попереднім сортуванням) до розмірів, необхідних для подальшої обробки. Вона полягає у змішуванні з основною сировиною, екструзії чи іншому способі формування (при поверненні у той самий виробничий цикл), або гранулюванні з наступним виготовленням на їх основі товарів широкого вжитку

(тари, підлог, іграшок тощо). Переробка відходів виробництва пластмас відбувається на тих самих підприємствах, де вони утворюються, безпосередньо після виникнення, тому немає потреби в операціях очищення та сепарації.

Складнішою є справа регенерації відходів споживання пластмас, які забруднені, мають сторонні домішки – ганчір'я, рештки паперової чи дерев'яної тари, металевих предметів і т. ін. Від неорганічних та органічних забруднень подрібнений матеріал відмивають водою, розчинами різного складу, мийними засобами. Для розділення відходів використовують процеси грохочення, розсіву, повітряної, вакуумної, магнітної, електростатичної, гідравлічної сепарації, екстракції, флотації. Якщо застосовуються сухі методи, розділенню відходів передують їх сушіння, а якщо мокрі – сушіння йде після сепарації.

Наступними стадіями регенерації є змішування (у разі необхідності) з барвниками, наповнювачами або товарними продуктами з подальшою екструзією, грануляцією або таблетуванням. На заключній стадії з гранул виробляють товарний продукт (рис. 15). Інколи замість екструзії використовують лиття під тиском у апаратах зі шнеком, що обертається, забезпечуючи захоплення та гомогенізацію відходів.

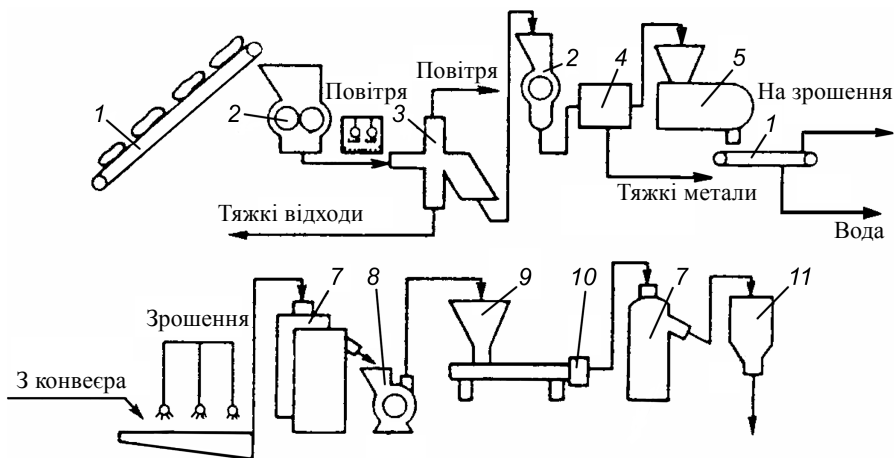


Рис. 15. Схема регенерації пластмасових відходів

1 – конвеєр; 2 – дробарки; 3 – повітряний класифікатор; 4 – магнітний сепаратор; 5 – промивач; 6 – конвеєр; 7 – відцентрові сушарки; 8 – млин; 9 – екструдер; 10 – пристрій для таблетування; 11 – бункер

Відходи термопластів часто піддають модифікації шляхом введення мінеральних наповнювачів (Zn , TiO_2), зшивальних агентів, еластомерів (каучуків), порошкоподібних матеріалів (каоліну, крейди, сажі, графіту, тальку, скловолокна), хімічних добавок (фенол, формальдегід). Це дозволяє покращити фізико-механічні властивості та знизити собівартість виробів із вторинних полімерів. Полівінілхлориди, що переробляють на плівку, після змішування з первинною сировиною, барвниками та пластифікаторами послідовно обробляють на змішувальних, підготовчих й обробних вальцах. Деякі види полімерних відходів піддають деполімеризації шляхом обробки реагентами та парою (капронові) або гідролізу (пінополіуретанові) з наступним поверненням у виробництво.

Вид виробів із вторинних пластмасових матеріалів визначається їх фізичними та хімічними властивостям. Зокрема, відходи поліетилену високого тиску можуть слугувати сировиною для виготовлення поліетиленової плівки, упаковки, смітєвих мішків, ізоляції, господарчих відер, труб, прокладок, ущільнень. Із відходів литва поліетилену низького тиску виробляють елементи будівельних опалубок, прокладки, з поліпропілену – текстильні шпулі, деталі сантехніки, ручки дверей, ящики для рослин; з вторинного полівінілхлориду отримують плівку, плитки, накладки, фартухи, скатертини та інші побутові плівкові вироби; з оргскла – сувеніри та іграшки.

Розроблено технології використання відходів поліетилену в суміші з макулатурою для виготовлення штучної деревини. Використані пляшки з поліетиленфталату є сировиною для виготовлення смоли, зі суміші якої, з наповнювачами (золою), виробляють полімербетон – міцний, легкий, довговічний матеріал, що швидко твердіє та утворює міцне зчеплення з бетонною поверхнею. Його застосовують у листових конструкціях, для дренажу кислотних стоків, підземних зводів, для виробництва залізничних шпал, напільних плиток тощо.

Суміш різних пластмасових відходів використовують для виготовлення армуючих профілів, покрівельних конструкцій, будівельних плит, блоків, черепиці та інших будівельних матеріалів, а також для ствердіння рідких шламів процесів очищення виробничих стічних вод від кадмію, свинцю, хрому та інших токсичних матеріалів. Останнім часом поширюється метод багатокомпонентного лиття, при якому вироби – меблі та предмети хатнього вжитку – мають два шари. Внутрішній складається з нестабілізованих і непофарбованих відходів пластиків з наповненням тальком, сульфатом барію, скляними та керамічними кульками,

спінювальними агентами, а зовнішній – з високоякісної стабілізованої, фарбованої пластмаси.

Обробка фторопластових відходів призводить до їх часткової деструкції. Зокрема, їх можуть піддавати радіаційному опромінюванню спільно з термічною обробкою та подрібненням або пневматичному подрібненню, при якому відходи стислим повітрям спрямовують на металевий лист з гумовим покриттям. Після цих операцій матеріал направляють на криогенне подрібнення в молоткових дробарках у середовищі рідкого азоту, отримуючи порошки, які використовують в антифрикційних покриттях та невідповідальних деталях.

Деякі види матеріалів емульсифікують з подальшим використанням для виробництва упаковки. Відходи капрону переплавляють у вертикальних трубах з обігрівом, потім охолоджують і подрібнюють, екстрагують низькомолекулярні речовини та сушать під вакуумом, отримуючи капронову крихту.

Безпосереднє використання пластмасових відходів у інших технологічних процесах відбувається за двома основними напрямками. Відходи синтетичних волокон і нетканих матеріалів: поліпропілену, лавсану, сіпрону, нітрону, пінополіуретану, капрону – здатні сорбувати нафтопродукти шляхом молекулярної адсорбції та адгезії за рахунок електричних некомпенсованих позитивних зарядів. Тому розроблено конструкції фільтрів та відстійників із завантаженням з відходів синтетичних полімерів. Крім того, слід зазначити використання таких відходів, як зв'язуючих у бітумах, як композитних матеріалів при виготовленні звукоізоляційних плит і панелей, герметиків та у деяких інших областях будівельної промисловості.

Спалювання відходів пластмас, що містяться у побутовому смітті, на сміттєспалювальних заводах, практикується у деяких закордонних державах. Проте, спільне спалювання пластмасових відходів з твердими побутовими призводить до неприпустимого забруднення повітряного басейну, тому цей спосіб не можна признати екологічно доцільним. Більш раціональною є попередня сепарація полімерних відходів зі ТПВ з подальшою їх передачею на спеціальні установки термічної ліквідації. Там їх піддають попередній обробці для покращення умов горіння: подрібнюють або брикетують разом з паперовими та текстильними відходами. Спалювання може проводитися у подових, барабанних, форсункових топках, у топках киплячого шару та ін. Розроблено спеціальні конструкції печей. Наприклад, відходи термопластів спочатку піддають плавленню на ґратках за рахунок тепла продуктів згоряння. Потім розплав-

ленні відходи згоряють у ванні розплаву шляхом барботажного спалювання внутрішніх шарів у потоці первинного повітря та надшарового горіння в потоці вторинного повітря. Брикети, вказаної суміші, можна спалювати разом з вугільними у топках котлів ТЕЦ. У процесах згоряння полімери практично повністю перетворюються на CO_2 та H_2O та виділяється досить велика теплова енергія. Проте, як вже зазначалося, виділення HCl , NH_3 , NO_x та інших токсичних газів робить необхідним оснащення таких установок засобами газоочищення. В результаті метод спалювання має найнижчу екологічну ефективність з усіх процесів утилізації пластмасових відходів.

Процес піролізу відходів пластмас проводиться у печах безпосереднього нагрівання: вертикальних, циліндричних, з псевдозрідженим шаром, з рухливими топковими ґратками та ін. Температура $300 \dots 900^\circ\text{C}$, необхідна для проведення процесу, забезпечується шляхом використання електричної дуги, струмів високої частоти, тепла рідких продуктів розкладання або розплавів хлоридів калію, магнію та літію. В результаті утворюються рідкі, газоподібні та тверді продукти, які можуть слугувати паливом або сировиною для органічного синтезу. Деякі види твердих відходів можуть використовуватися як адсорбент. Термічна деструкція поліетиленових відходів дає змогу отримати поліетиленовий віск – компонент формувальних сумішей у ливарному виробництві й асфальтобетонних сумішей у дорожньому виробництві.

Останнім часом ведуться розробки у галузі створення полімерів, здатних розкладатися під впливом факторів навколишнього середовища: сонячного світла, тепла, вологи, кисню, бактерій, механічних ефектів тощо. Це дозволяє значно скоротити терміни утилізації відходів. Кінцевими продуктами розкладання повинні бути компоненти біосфери: вода, CO_2 , CH_4 , біомаса і т. ін. – у межах природних концентрацій. Розрізняють біотичне (аеробне й анаеробне) та абіотичне (фізичне, хімічне) розкладання.

Біотичні процеси деструкції пов'язані зі зруйнуванням хімічних зв'язків у процесі життєдіяльності мікроорганізмів. З метою забезпечення таких процесів до складу полімерних ланцюгів при синтезі вводять спеціальні модифікуючі добавки, які швидко розкладаються під впливом біотичних факторів. Зокрема, розроблено технології співполімеризації крохмалю та метилакрилату, полімерів етилену, аліфатичних поліефірів. Застосовуються також полімери на основі поліефірів полівинилового спирту, поліактової кислоти, похідних целюлози та ін. З цих матеріалів виготовляють стрічки, мішки для добрив, посуд, тканини, мішки для

сміття, упаковку, фармацевтичні капсули, носії для ліків, плівку для покриття ґрунтів. Вони зберігають певний час свої фізико-хімічні властивості, а згодом розкладаються внаслідок термічних, аеробних та анаеробних процесів. Іншим шляхом біотичної ліквідації відпрацьованих пластмас є виведення спеціальних штамів мікроорганізмів, здатних розщеплювати полімерні ланцюги, виробляючи ферменти та продукти розпаду.

Крім біодеградації, для зменшення терміну існування полімерів застосовується метод фотодеградації, що полягає у введенні під час синтезу до їх головних ланцюгів спеціальних добавок або фотоактивних груп. Ці групи здатні поглинати енергію ультрафіолетового сонячного випромінювання, використовуючи її для дисоціації основних зв'язків С-С. Після деструкції названих груп матеріал набуває крихкості та розсипається під впливом атмосферних факторів, після чого може засвоюватися мікроорганізмами. Найбільш відомим способом створення полімерів, здатних до фотодеградації, є введення до полістиролу, поліетиленів, поліпропіленів кетонних груп, які стабільні всередині приміщення, внаслідок абсорбції віконним склом ультрафіолетового випромінювання, а на відкритому повітрі руйнуються з утворенням шматків, а згодом – порошку. Термін розкладання можна регулювати, змішуючи модифіковані полімери з немодифікованими. Іншим способом забезпечення необхідного терміну використання таких виробів є введення до їх складу амортизаторів, які уповільнюють процес деструкції. Слід зазначити, що застосування фотодеградації без подальшої біодеградації не знімає проблеми забруднення довкілля, тому що не ліквідує необхідності звалищ та полігонів, оскільки час повного розкладання таких полімерів близький до часу розкладання паперу та картону.

13. УТИЛІЗАЦІЯ СКЛОБОЮ ТА ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА СКЛОМАТЕРІАЛІВ

До складу скляних відходів відносяться відходи споживання у промисловості, будівництві, побуті та ін., а також відходи виробництва – тверді (склобій, сировинні матеріали цехів підготовки шихти, порошкові відходи обробки посуду), а також суспензії та шлами (системи підготовки шихти, очищення повітря і стічних вод, шліфування та полірування скла). Останні представляють собою водні суспензії $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ з невеликою кількістю CaF_2 . Їх зневоднюють, а потім можуть додавати до

шихти (відходи полірування кришталю) для отримання скломаси або у суміші з цементом використовують для виготовлення основи для керамічного облицювання.

Склобій можуть використовувати як добавку до шихти та повертати його у технологічний процес виготовлення скла. Попередньо відходи класифікують на вібраційних грохотах, промивають, відділяють металеві включення на магнітних сепараторах, подрібнюють крупний склобій, сортують за кольором на оптичних установках (рис.16), гранують. Отриману сировину можуть використовувати для виготовлення скловати – теплоізоляційного скловолокна; склопорошків – наповнювачів для цегли та фарб; піноскла – гранульованого заповнювача; мікрокульок, що використовуються у дорожніх знаках; піносклокераміту; для армування пластиків у дорожньому будівництві. Іншим напрямком є використання склобою у промисловості будматеріалів для виробництва склокераміту, склокремнезиту, парокремнезиту та інших облицювальних матеріалів для стін та підлог (замість уламків мармуру, граніту, кварцу) в суміші з піском та глиною. Склобій може також слугувати наповнювачем при виготовленні композиційних матеріалів зі смол та цементу. В суміші з пластичними глинами склобій використовують для виготовлення склокерамічних плиток як основний компонент. Розроблено

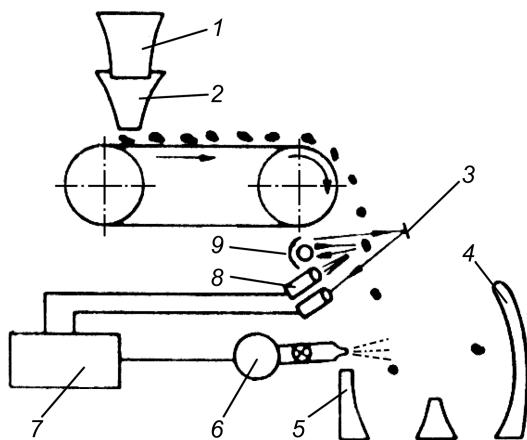


Рис. 16. Оптичне сортування скла

1 – бункер; 2 – вібраційна воронка; 3 – еталон;
4 – відвідний бункер; 5 – стандартний бункер;
6 – повітродувний вимикач; 7 – порівняльний
пристрій; 8 – фотоелементи; 9 – джерело світла

технології виробництва наждачних та шліфувальних кругів, кахлю, шиферу, де компонентами сировини є старі скляні пляшки та банки.

Досліджуються можливості додавання подрібненого склобою до ґрунтів з метою покращення їх структури. Утворення порожнин поліпшує підведення кисню до коренів рослин та переміщення вологи. Залежно від клімату порошок покривають гідрофільним (у сухих районах) або гідрофобним покриттям.

Відходи скловолокна, що утворюються на спеціалізованих підприємствах, розплавляють у печах з подальшим термічним гранулюванням скломаси, наприклад, струменями води або подрібнюють тим чи іншим способом. Технологічні схеми, за першим способом, включають реактор з плавильним басейном і камерою кондиціонування та термічний гранулятор. Якщо відходи містять мастильні матеріали, їх попередньо подрібнюють та подають у піч на поверхню шару свіжезасипаної шихти для випалювання вуглецевих компонентів. Інший метод переробки відходів полягає у термообробці в печах випалу або барабанних сушарках з подальшим різким охолодженням – термоударом. Це призводить до подрібнення грубих волокон та ниток. Наступною операцією є подрібнення у молоткових дробарках або різальних машинах. Використовуються також дробарки з водою, звідки подрібнені скловолокна подають у відцентровий сепаратор для відділення води. З нетканих скломатів скловолокно вилучають шляхом їх механічного перемішування з водою й органічними розчинниками та подальшого відділення рідини і залишків зв'язуючого у центрифугах, фільтрах та відстійниках, сушіння та пресування.

Отримані порошки або брикети можуть направляти безпосередньо у бункер скловарної печі чи змішувати з компонентами шихти. Відходи скловолокна використовують для виробництва склопластиків (шляхом вальцювання), як облицювальний, покрівельний, декоративний матеріал. Із відходів волокон, просочених фенольними, поліуретановими смолами та вінілацетатною емульсією, виготовляють неткані голкопробивні мати, які застосовують як теплову та акустичну ізоляцію в транспортних машинах і побутовій техніці. Додаючи до скловолокна до 20% бавовни, отримують сировину для виготовлення склотканини, яку використовують для виготовлення великогабаритних склопластикових виробів або ґнотів пальникових пристроїв. Відходи грубого скловолокна застосовують для виробництва панелей повітряних фільтрів. Крім того, вторинну сировину скловолокна переробляють з отриманням матеріалів для машинобудівної, електро- та радіотехнічної галузей промисловості.

14. УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

У виробництві будматеріалів відходи утворюються в процесах переробки гірничих порід, збагаченні азбесту, виготовленні цементу, бетону та виробів з них. Основними видами відходів є відсів, кам'яні ошурки, дроблений та некондиційний бетон, цементний пил (суміш випаленої глини та нерозкладеного вапняку), сухі (бій азбоцементних виробів, обрізки, стружка) та мокрі (осади водоочищення) азбоцементні відходи.

Відходи розпилювання каміння ефективно використовуються для випуску мозаїчних плит (на цементному розчині). З кам'яної крихти виготовляють штучні блоки (в'язуча речовина – портландцемент), які потім ущільнюють, пропарюють, розпилюють та шліфують. Блоки з відходів вапняку-черепашнику застосовують для кладки фундаментів і стін виробничих та житлових споруд. З відходів вапняків сухим пресуванням виготовляють також цементно-карбонатне каміння – стіновий матеріал. Відходи базальту використовуються для виготовлення склокристалічних глазурей для будівельної кераміки та як коригуюча добавка, що містить залізо, при випалі клінкеру. Некондиційний бетон подрібнюють та розділяють на фракції. Грубі фракції можуть використовуватися як заповнювач для бетону, в тому числі в суміші з кварцевим піском. Заповнювачами при виготовленні бетонних та залізобетонних виробів можуть слугувати також відходи пористих гірських порід – вапняків, пемзи, туфів.

Цементний пил, що уловлюється засобами газоочищення на цементних заводах, здебільшого разом зі шламом повертається до печей випалу в гранульованому або негранульованому вигляді. Пил, уловлений електрофільтрами та активізований додаванням портландцементного клінкеру, гіпсу, доменних гранульованих шлаків, може служити в'язучим матеріалом. Іншим напрямком є використання пилу при виробництві силікатної цегли та силікатних бетонів. Продукти реакції компонентів пилу з кремнеземом (гідросилікати та гідроалюмосилікати) підвищують міцність цих матеріалів. Високолужний пил застосовують для виготовлення шлаколужних зв'язуючих, для виробництва електротехнічного фарфору, а також як калійне добриво. З пилошлакових в'язучих виробляють корозійно-, водо- та морозостійкі бетони. Вискодисперсний пил служить заповнювачем асфальтових бетонів.

Випал азбоцементних відходів дозволяє отримати компоненти в'язучих матеріалів. Після подрібнення твердих та сухих азбоцементних

відходів, змішування їх з портландцементом, зволоження, шляхом пресування виробляють облицювальні та напільні плитки. В якості зв'язуючого в цьому процесі може застосовуватися рідке скло. Додавання фенолформальдегідних речовин дозволяє підвищити міцність плиток. Із подрібнених азбоцементних відходів з добавками вапна, гіпсу, піску, цементу виробляють теплоізоляційні матеріали у вигляді плит та сегментів. Іншим напрямком є використання таких відходів, як заповнювачів штукатурок, асфальтобетонів та дрібнозернистих бетонів, а також як компоненту сировини для виготовлення теплоізоляційних автоклавних матеріалів (у суміші з вапном та кремнеземом). Бій бракованих азбоцементних виробів може застосовуватися у виробництві товарів широкого вжитку, а після змелення – як кристалізаційна добавка до бетонних сумішей.

15. УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ ПЕРЕРОБКИ ДЕРЕВИНИ, ПАПЕРУ ТА КАРТОНУ

Утворення відходів деревини супроводжує всі стадії її обробки. При заготівлі це – гілки, сучки, корені, кора, хмиз, тріска; при переробці на пиломатеріали – куски, зрізки, тирса, стружка; при виготовленні продукції – куски, стружка, тирса. Ресурси деревини є відновлювальними, в той же час відходи не регенеруються. Основним напрямком їх утилізації є спалювання. У сучасних технологіях спалювання деревини знайшли своє застосування циклонні топки, вихрові пальники, реторти з нижньою подачею сировини, котли з нахильно-перештовхувальними ґратками, завантаження у топку з повітрям за допомогою пневматичного розподільчого стокеру, роторні топки, апарати з киплячим шаром та з циркулювальним киплячим шаром, а також котли з передтопками.

У процесі піролізу деревини отримують деревинне вугілля (сировину для отримання активованого вугілля) та парогазову суміш, при конденсації якої утворюються смоли, метиловий спирт, оцтова кислота. Енергохімічна переробка деревинних відходів полягає у поєднанні їх неповного спалювання з газифікацією у генераторах прямого процесу. У процесі окислення палива повітрям, водяною парою або вуглекислим газом уся маса перетворюється на гази, що служать паливом, кислоти та смоли. З останніх виробляють фенольні продукти, термореактивні клеї для ДСП, неіоногенні ПАР, флотореагенти та ін.

Методи переробки деревинних відходів в основному мають на меті отримання штучної деревини – міцного матеріалу, який потім відливають у форми, штампують чи обробляють різанням. Основними способами отримання таких матеріалів є використання мінеральних в'язучих, органічних в'язучих, гідроліз, п'єзометрична обробка, піроліз та енергохімічна переробка.

За допомогою мінеральних в'язучих (цементу, портландцементу, гіпсу, каустичного магнезиту) виробляють деревинно-цементні маси, які виготовляються у вигляді плит і використовуються, переважно, у будівництві. Подрібнені деревинні відходи (тирса, стружка, деревинна мука) слугують у цих матеріалах наповнювачами. Найпоширенішими матеріалами на основі мінеральних зв'язуючих є: арболіт – легкий бетон на деревинних заповнювачах; фіброліт – суміш магнезійного цементу з деревинною ватою (виробляють з хвої) та відходами великих волокнистих рослин; ксилоліт – матеріал на основі магнезійного цементу із заповнювачами (тирсою, дрібною стружкою, азбестом); короліт – матеріал на основі гіпсу або цементу й підсушеної, подрібненої та просіяної кори; тирсобетон, де в'язучим є цемент, а заповнювачами – тирса, пісок; та інші мінеральні речовини. Матеріали деревинно-цементних мас можуть служити тепло- та звукоізоляцією (арболіт, фіброліт, короліт), покриттям підлог (ксилоліт), для виготовлення панелей, блоків, плит, перекрить (арболіт, тирсобетони) тощо.

В якості органічних зв'язуючих для виробництва плит із вторинної деревини найчастіше використовують карбамідні та фенолформальдегідні смоли, як водостійкі та теплостійкі матеріали. Основними матеріалами на органічних зв'язуючих є деревинно-стружкові та деревинно-тирсові плити. Перші отримують шляхом гарячого пресування суміші подрібненої деревини з синтетичними полімерами. Розрізняють плоскі та екструзійні деревинно-стружкові плити (ДСП), у яких частинки розміщено паралельно та перпендикулярно до площини плити. Технологічний процес виготовлення ДСП складається зі сортування, зволоження, розкроювання на заготівки, переробки на стружку, сушіння й проклеювання зв'язуючим, формування стружкового килиму, пресування та додаткової обробки (рис. 17). Використовуються такі плити у виробництві меблів, для оброблення підлог, стін, стель, перегородок. Деревинно-тирсові плити виготовляють зі суміші тирси, полімеру, гідрофобізатору й антисептика пресуванням. Вони поділяються на одно- та багатшарові, суцільні та коміркуваті й використовуються для покриття підлог та оздоб-

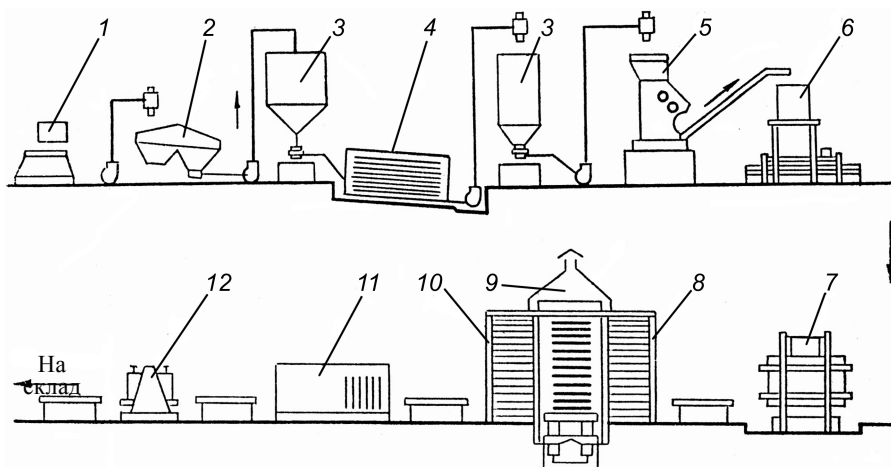


Рис. 17. Схема виробництва одношарових ДСП

1 – рубильна машина; 2 – вібраційне сито; 3 – бункер; 4 – сушарка; 5 – змішувач; 6 – настільювальна машина; 7 – "холодний" прес; 8 – завантажувач; 9 – прес гарячого пресування; 10 – розвантажувач; 11 – камера для витримки плит; 12 – обрізувальний верстат

лення. Крім цих матеріалів, у будівництві знайшли застосування плити з ортенкса, тирсоліту, паркеліту.

У деяких випадках технологія виготовлення матеріалів з відходів деревини не потребує застосування зв'язуючих. Утримання частинок деревини тут досягається за рахунок фізико-хімічних зв'язків, що виникають при п'єзотермічній обробці, а також зближенні та переплетінні волокон. Зокрема, деревинно-волокнисті плити (ДВП) виробляють шляхом розволокнення, змішування з водою у басейнах з утворенням гідромаси, обробки емульсіями, фільтрування та утворення повстьоподібного килиму у відливних машинах, пресування (мокрый спосіб) або розмелення, сушіння гарячим повітрям, формування килиму та гарячого пресування (сухий спосіб). Для підвищення водостійкості, вогнестійкості, біостійкості до складу сумішей вводять органічні та неорганічні антисептики, смоли, азбест, гіпс тощо. ДВП поділяють на м'які, які використовують як тепло- та звукоізоляцію, та тверді, що слугують обробним матеріалом для виготовлення щитових дверей та ін.

До деревинно-волокнистих плит за властивостями наближаються деревинно-вовняні плити, що виготовляють з перероблених на деревинну вовну кускових відходів шляхом гідротермальної обробки та гарячого пресування, а також волокнисто-стружкові плити, які виробляють зі

стружки та деревини волокон проклеюванням, формуванням, пресуванням і термічною обробкою. Їх також використовують як ізоляційні та конструкційні матеріали.

Іншим матеріалом, який отримують без додавання зв'язуючого або з невеликими його добавками, є деревинні пластики. Їх виготовляють зі шпону, просоченого синтетичними полімерами та склеєного при термообробці під тиском (деревинно-шаруваті пластики), або з деревинної тирси, яку піддають високотемпературній обробці. До останньої групи належать лігнуглеводні пластики, особливістю вироблення яких є утворення, внаслідок підвищення температури, органічних кислот, які сприяють розкладанню сировини з утворенням лігніну та вуглеводів. Взаємодія між цими компонентами дозволяє отримувати більш щільний і міцний матеріал. Іншим різновидом є п'єзотермопластики, які можуть виготовлятися аналогічно лігнуглеводним, або піддаватися попередній обробці в автоклавах. У результаті отримують гідролізовану прес-масу, яку частково сушать і направляють на холодне або гаряче пресування. Деревинні пластики отримують з подрібненої хвої та листяної деревини, тирси, щепи, деревинної муки, гідролізного лігніну. Найвідомішим з продуктів п'єзотричної обробки є баркслайт – тверда маса чорного кольору, з якої виготовляють панелі, ручки, гальмові колодки, шківів. З віброліту випускають покриття для полів, облицьовувальні плити для панелей, меблі, щитові двері.

З ялинової тирси та стружки виготовляють деревинну муку – наповнювач у фенольних пластмасах, лінолеумі, вибухових речовинах. Соснова стружка є добрим фільтруючим матеріалом для касетних фільтрів установок доочищення стічних вод, які містять нафту. Деревинна тирса використовується як добавка у виробництві керамзиту. Розроблено технології виготовлення з тирси кормів для тваринництва шляхом часткового гідролізу з додаванням кислоти.

Взагалі, деревинні відходи можуть використовуватися у гідролізному виробництві – синтезі кормових, харчових і технічних продуктів методом каталітичної взаємодії полісахаридів рослинних тканин з водою. Продуктами гідролізу деревини є гідролізати, з яких кристалізацією отримують харчову глюкозу та технічну кислоту; гідруванням з гідрогенолізом – гліцерин, етиленгліколь, пропиленгліколь; дегідратацією – фурфурол; окисленням – органічні кислоти; бродінням – етиловий та бутиловий спирти, ацетон, білково-вітамінні дріжджі, антибіотики. Леткі продукти реакції містять оцтову, мурашину кислоту, метиловий спирт.

Твердим відходом гідролізного виробництва є лігнін – складна су-

міш продуктів гідролітичного розкладання, до якої входить власне лігнін, частина полісахаридів, моносахариди, фурфурол, частково смоли, віск, жири, зольні залишки, гумінові речовини, залишки сірчаної та органічних кислот.

Більша частина гідролізного лігніну використовується як котельне паливо. Разом з тим, доцільнішим є його промислове використання як у натуральному вигляді, так і після механічної, термічної та хімічної переробки.

Хімічне перероблення лігніну полягає, здебільшого, у його окисленні, співконденсації або нітруванні з метою утворення модифікованих полімерів, що можуть бути використані для виробництва товарних продуктів. Зокрема, розроблено технології отримання нітролігніну – активного регулятора структурно-механічних властивостей глинистих розчинів (при бурінні нафтових свердловин), та дубильних речовин, наповнювача, пароутворювача, знижувача в'язкості у цементній промисловості. Цей продукт утворюється при обробці лігніну слабкими розчинами азотної та сірчаної кислот (сухий спосіб) або концентрованою азотною кислотою (мокрый спосіб). Шляхом реакції підсушеного гідролізного лігніну з олеумом після фільтрування та подрібнення отримують коалктивіт – адсорбент, аналогічний активованому вугіллю. Для вироблення хлорлігніну (замінювача дубильних речовин), адсорбенту, понижувача в'язкості бурових розчинів, флотореагента збагачення руд важких металів – застосовують процес хлорування. Виробництво лігнофенолформальдегідних смол базується на конденсації лігніну з фенолом. У результаті утворюється термореактивна смола – сировина для виготовлення пластмас.

Крім цього, лігнін можна використовувати як наповнювач пластмас. Для цього його переробляють на лігнінну муку, що повинна мати невеликі вологість та зольність і бути гранулометрично однорідною. Тому технологічні схеми обробки включають сепарацію, сушіння, подрібнення та класифікацію. Сушіння проводиться у вібраційних, вихрових, струминних (одночасно з подрібненням) та інших апаратах. Лігнінну муку додають до прес-порошку та пластифікують. Вона також може слугувати модифікуючим агентом при виробництві гуми на основі каучуку, підвищуючи термостійкість, опір деформаціям, міцність, ресурс виробів. Це робить доцільним використання муки гідролізного лігніну у невеликій кількості для виготовлення шин, гумотехнічних виробів і підшов взуття замість високовартісних речовин (білої сажі).

Досить широкими є можливості використання гідролізного лігніну в промисловості будматеріалів. На його основі можна виробляти порис-

ті тепло- та звукоізоляційні плити, напівтверді плити для штукатурки внутрішніх стін і тверді облицювальні плити. У композиціях з в'язучими (портландцемент, гіпс, вапно) з лігніну отримують засипну ізоляцію, пресовані утеплювачі, конструкції з лігнобетону. Проведено дослідження використання композиційних матеріалів зі застосуванням лігніну як активної добавки до тирси та пластифікатору, а також для настилення підлог. Перспективним є застосування лігніну як пластифікатору при помелі клінкеру у виробництві портландцементу, як компонента шихти при виробництві агломерату, а також у складі фенолформальдегідних зв'язуючих при виготовленні ДСП, виробництві вогнезахисного композиційного утеплювача.

Здатність гідролізного лігніну утворювати комплексні з'єднання з металами (оксидами заліза) зумовлює його застосування (після модифікації) для виготовлення антикорозійних засобів – різних кислотних і порошкових перетворювачів іржі. Сорбційні властивості лігніну використовуються у фармакології при виготовленні препаратів для лікування кишкових захворювань. Лігнін у натуральному вигляді, а також продукти його модифікації та деструкції можуть застосовуватися і в сільському господарстві. В натуральному вигляді, у складі компостів, лігнін служить органічним добривом, а також елементом, що покращує структуру ґрунтів, утримує з'єднання азоту, поліпшує водний та повітряний обмін. Ефективнішими є мінеральноорганічні добрива, отримані компостуванням частково розкладеного лігніну мінеральними солями, гноєм або фосфоритною мукою, нітратом амонію, хлоридом калію. Ще більший ефект спостерігається при застосуванні, як добрив, продуктів розкладання лігніну спеціальними грибами або окислювальної деструкції киснем чи повітрям у аміачному, азотнокислому середовищі. Крім добрив, гідролізний лігнін використовується для виготовлення стимуляторів зростання, фунгіцидів, комплексуютьовачів та ін.

З метою покращення умов транспортування та технологічності використання гідролізного лігніну, його піддають брикетуванню на валкових та штемпельних пресах. Попередньо здійснюють операцію сушіння у барабанних, шахтно-млинових, трубчастих, пароструминних та пневмопарових сушарках. Застосовують також двоступеневе сушіння (наприклад, у трубах-сушарках та шахтно-млинових). Основними видами брикетів, отриманих з лігніну, є лігнобрикети – замінювачі вуглецевих металургійних відновлювачів та кускової шихти у виробництві феросплавів; бездимні паливні лігнобрикети; брикетоване лігнінне вугілля – замінювач деревинного у хімічній промисловості; вуглецеві сорбенти –

для видалення важких металів і вилучення цінних металів зі стічних вод; енергетичні брикети зі суміші лігніну з відсівами вуглезбагачення.

Виготовлення кожного з цих видів продукції має свої технологічні особливості. Зокрема, брикети для феросплавів виробляються зі суміші підсушеного лігніну з піском та залізорудним концентратом або відсіву нафтококсу. Лігнінне вугілля отримують піролізом лігнобрикетів (рис.18).

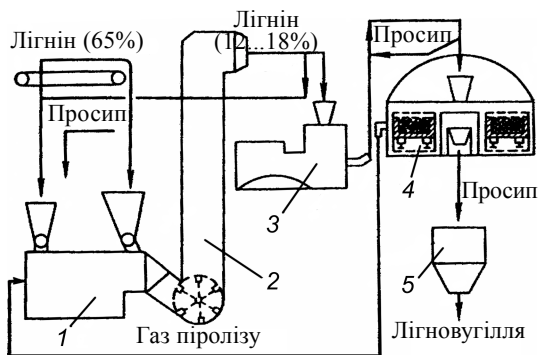


Рис.18. Схема виробництва вугілля з лігніну
1 – топка; 2 – сушилка; 3 – брикетувальний прес;
4 – кільцева піролізна піч; 5 – бункер

Картонно-паперові відходи представляють собою відпрацьовані пакувальні матеріали, папір промислового, поліграфічного, санітарного та гігієнічного призначення, а також тарний картон. Обробка макулатури полягає у відділенні інерідних домішок-клеїв, пластмас та інших покриттів, подрібнення до необхідних розмірів за допомогою спеціальних машин, пакування (пресування) паперової маси у прямокутні паки та створення зовні них дротового каркасу (ув'язка). Здебільшого з отриманої сировини виробляють багатошаровий картон, а також газетний папір, в меншій кількості – папір вищих сортів та інші вироби. З макулатури та ганчір'я можна виготовляти також покрівельний картон. Технологічний процес включає операції сортування та видалення побічних домішок, подрібнення ножами у барабанних апаратах, встановлених у ванні з водою, формування полотна на нескінченній сітці, що рухається, пресування та намотування у рулони. Вироблений картон слугує основою бітумних та дьогтевих покрівельних матеріалів.

16. УТИЛІЗАЦІЯ ВТОРИННИХ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Використання вторинних текстильних матеріалів є порівняно незначним, у зв'язку з поширенням у текстильному виробництві хімічних та мішаних волокон, що ускладнює процеси переробки. Відходи виробництва та споживання таких матеріалів за своїм складом можуть бути вовняними, бавовняно-паперовими, льняними, шовковими, штучними та синтетичними, а за структурою – тканими, нетканими, трикотажними, ватними, пуховими, плетеними тощо.

Властивості тканинних відходів та джерела їх походження визначають технологію переробки. Так, якщо промислові волокнисті відходи ріжуть і частково розволокнюють, то вторинні побутові матеріали необхідно попередньо знезаражувати, видаляти пил, сортувати та прати. Виготовлення вторинної бавовни потребує промивання сировини спеціальними розчинами, що видаляють адсорбовані волокнами забруднення та короткі волокна, відновлюють пружність і блиск.

Більшість процесів регенерування текстильних матеріалів включає операції розділення вторинної сировини на волокна за допомогою спеціальних одно- та багатобарабаних щипальних машин. Основним напрямком використання регенованих волокон є виробництво нетканих матеріалів: пробивних, клеєвих, термічно скріплених, в'язально-прошивних. Найпоширенішим є голкопробивний спосіб, в якому розрихлені, замаслені, вилежані, прочесані матеріали формують у полотна, потім обробляють на голкопробивних машинах, просочують зв'язуючими та сушать. Виробництво в'язально-прошивних матеріалів проводиться механічним способом без використання зв'язуючих шляхом прошивання волокнистого полотна або системи ниток, а також петлевим методом. Для отримання клеєвих текстильних виробів волокнисте полотно просочують дисперсією зв'язуючих речовин, яку в подальшому піддають сушінню, конденсації, вулканізації або желатинізації. Розроблено також методи термічного скріплення, що дозволяють використовувати короткі волокна. Регеновані волокна з напіввовняного та вовняного ганчір'я використовуються у виробництві пряжі та тканин, нетканих полотен, повстяних виробів. Інші можливі напрямки використання вторинних текстильних матеріалів показано на рис.19.

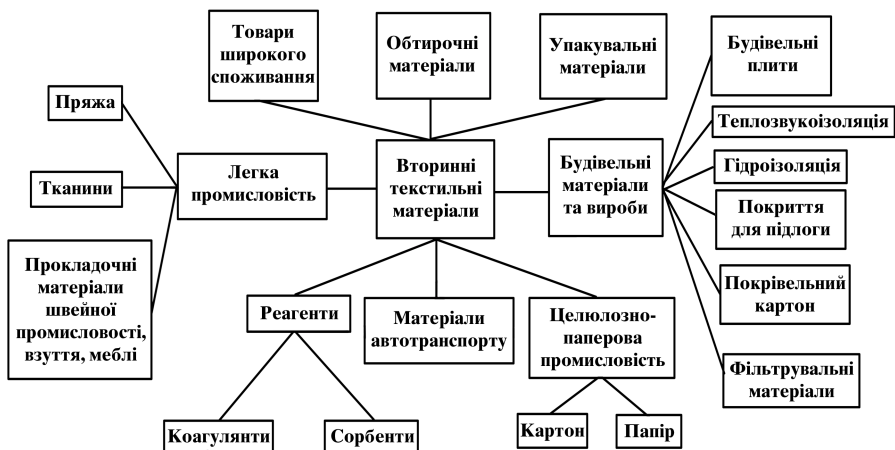


Рис. 19. Напрямки використання вторинних текстильних матеріалів

17. ПЕРЕРОБКА ШКІРЯНИХ ВІДХОДІВ

Відходи шкіряного виробництва характеризуються високим вмістом цінних компонентів, насамперед, білків. До складу шкіряних відходів належать крайові ділянки шкір, мездра (підшкірна клітковина, залишки м'яса та сала), обрізки, шкіряна стружка, клапти, обрізки від шкір хромового й талідного дублення, та інші, а також зношені шкіряні вироби. Основними методами переробки таких відходів є кислотний, лужний та ферментативний гідроліз із подальшою модифікацією.

Крайові ділянки шкір промивають й обробляють розчинами сульфату натрію та гідроксиду калію у горизонтально-вакуумних котлах з отриманням желатину або кормів для тварин. Основним напрямком використання мездри на шкіряних підприємствах є отримання з неї технічного жиру та мездрового клею. Можливе також її переробка на напівфабрикат, що використовується на м'ясокомбінатах для виготовлення кісткової муки. Кислотний гідроліз в автоклавах з попереднім знежирюванням та регенерацією жиру, обробкою ферментами або лугами дає змогу (після видалення сульфідів, стерилізації та очищення) отримати кормову добавку, а також сировину для шкіряних оздоблювальних матеріалів. Співполімеризацією гідролізату з акриловою кислотою, стиролом, метилакрилатом та іншими мономерами виробляють плівкоутворювачі, які застосовують при виготовленні різних видів шкір. Іншим напрямком ви-

користання гідролізату є виробництво біостимуляторів для тварин, перев'язочних матеріалів для лікування опіків, косметичних і медичних препаратів, судинних протезів. На деяких шкіряних підприємствах гідролізат застосовують для поновлення шкір на різних етапах їх виготовлення, а також для обробки хромованого напівфабрикату.

Дублені відходи можуть служити сировиною для виготовлення шкір-картону, муки (стимулятора зростання рослин та підвищення врожайності), пластифікуючих добавок у шпаклівки, регулюючих (час твердіння) добавок до гіпсових і цементних розчинів для приклеювання шпалер та декоративних плиток, зв'язуючих матеріалів (разом зі стружкою, гумою, шкіркартоном) у виробництві теплозвукоізоляційних плит для підлог і міжповерхових перекриттів. Основним методом переробки дублених відходів є гідроліз разом з мездрою.

18. УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Відходи харчової промисловості характеризуються великою різноманітністю, що зумовлена багатогалузевим характером виробництва. У процесі переробки рослинної та тваринної сировини вони утворюються як у сирому вигляді, так і, здебільшого, після пресування, сушіння, гранулювання тощо, а також після технологічної обробки відходів виробництва (бродінні меласи, отриманні з неї харчових кислот). Основними напрямками використання відходів є виготовлення харчових продуктів, кормів для тваринництва, добрив, застосування як сировини у бродильному виробництві, медичній, гідролізній, будівельній та інших галузях промисловості, а також як палива.

Найбільша з усіх галузей харчової промисловості маса відходів утворюється у цукрово-буряковій промисловості. Основними різновидами відходів є буряковий жом – висолоджена бурякова стружка; меласа – міжкристальний маточний розчин, що відділяється при центрифугуванні продукту; фільтраційний осад (дефекат), що утворюється при очищенні дифузійного соку; рафінадна патока, що утворюється при центрифугуванні кінцевого продукту в цукрорафінадному виробництві; а також бурякові хвостики та уламки буряків, які відділяються у процесі миття сировини. Основні напрямки використання відходів цукрової промисловості зображено на рис.20.



Рис.20. Використання відходів цукрово-буякового виробництва

Спиртова промисловість характеризується найбільшим ступенем утилізації відходів з усіх галузей харчової промисловості. Зерно-картопляна барда (відходи перегонки бражки) використовується як цінна добавка в корми для худоби та як сировина для вироблення сухих кормових дріжджів. Меласна барда, що утворюється при перегонці меласи на спирт, містить ряд цінних компонентів (спирт, дріжджі, екстрактивні речовини), що дозволяє використовувати її при виробництві сухих кормових дріжджів, концентрованого вітаміну B_{12} , гранульованих органічно-мінеральних добрив, глютамінової кислоти, а також безпосередньо на корм худобі. Побічним продуктом зброджування меласи є гліцерин, що спалюють з утворенням бардяної золи, яку переробляють на солі натрію та калію, а далі у соду, соляну кислоту та поташ. Із відпрацьованих дріжджів переробки меласи на спирт виготовляють хлібопекарні дріжджі, які за властивостями поступаються виробленим на спеціалізованих заводах, проте значно дешевші. Вуглекислий газ бродіння меласи та сировини, що містить крохмаль, піддають багатоступеневому фільтраційному та адсорбційному очищенню і конденсують, отримуючи вуглекислоту, що застосовується при приготуванні газованих напоїв, як наповнювач протипожежного обладнання, як холодоагент та ін. Ще одним побічним продуктом спиртового виробництва є ефіроальдегідна фракція –

спиртовий розчин головних домішок. Її переробляють на харчовий спирт шляхом ректифікації, а також використовують у виробництві фарб, денатурованого спирту, синтетичного каучуку. Основними галузями застосування сивушних масел є виготовлення вищих спиртів (ректифікацією), хімічний синтез, лакофарбова та парфумерна промисловість, збагачення мідно-цинкових руд (як флотореагент).

Переробка соняшника, льону, сої, рапсу, бавовнику й інших культур у масложировій промисловості призводить до утворення багаточисельних відходів – соняшникового лушпиння, бавовняних лушпайок, гудронів, шротів, макухи, фузів, соапстоків та ін. Соняшникове лушпиння відділяється при підготованні насіння соняшника і є здеревинілою рослинною тканиною, однорідною за структурою та з постійними фізико-хімічними властивостями. Її застосовують у котельнях та сушарках як технологічне паливо. Брикетоване лушпиння направляють на гідролізні заводи, де з них виробляють кормові дріжджі та технічний етиловий спирт. Розроблено установки отримання з лушпиння та стрижней кукурудзяних качанів фурфуролу, оцтової кислоти, метанолу, ацетону, фенолів. При виготовленні олії з насіння шляхом пресування утворюється макуха, а при екстракційному способі – шрот. Вони характеризуються високим вмістом білків, тому можуть застосовуватися у комбікормовій промисловості, а макуха і шрот арахісу, сої, гірчиці, кунжуту також у хлібопекарному, кондитерському, макаронному та інших виробництвах. Рафінування олії полягає у послідовному проведенні процесів гідратації, нейтралізації лугами, відбілювання, виморожування та дезодорації з метою очищення відповідно від фосфатидів, жирних кислот, барвників, воску та речовин з неприємним запахом. Фосфатидні харчові концентрати використовуються у виробництві маргарину, хлібобулочних та кондитерських виробів, харчових концентратів і т. ін., а кормові – як добавки до комбікормів, при виготовленні замінників молока (для випою телят), при збагаченні шроту тощо. У процесах нейтралізації утворюються соапстоки – омиленні вільні жирні кислоти, з адсорбованими білками, смолистими, фарбувальними та іншими речовинами. Зі соапстоків вилучають до 85...90% нейтрального жиру, який повертають у виробництво. Зі залишків варять мило, вилучають гліцерин, жирні кислоти, що отримують обробкою розчинів сірчаною кислотою та дистиляцією направляють на виробництво оліф. Осад процесів виморожування восків застосовують для кормових потреб, а з відпрацьованих фільтрувальних порошків шляхом промивання бензином та осадження вилучають воски – сировину парфумерної, поліграфічної промисловості та полірувальних

матеріалів. Відходи дезодорації також використовують як кормові добавки. При зберіганні фільтрованої маси утворюються фузи (осади), які містять значну кількість масла, білків, фосфатидів. З фузів виготовляють харчові та технічні фосфатидні концентрати для харчової, кормової, миловарної промисловості. З відбілювальних порошків процесів адсорбції барвників можна виробляти синтетичні миючі засоби, мильну пасту, вилучати масло (виварюванням) тощо. Залишками процесів дистиляції гліцерину та жирних кислот є гудрони, що суттєво розрізняються за своїм складом та властивостями в залежності від характеристик вихідної сировини та відповідно за особливостями технології їх обробки. Вони використовуються як ливарні зміцнювачі, флотореагенти, поверхнево-активні добавки у дорожніх покриттях, термостійкі лаки, а також при жируванні шкіри, бурінні нафтових свердловин, просочуванні ДВП тощо.

При виготовленні крохмалю з картопляної сировини утворюється картопляна мезга та клітинний сік. Мезга є водянистою масою, що містить органічні речовини, які легко піддаються бродінню. У свіжому вигляді ними можуть годувати велику та дрібну рогату худобу (в тому числі у суміші з іншими кормами) або піддавати силосуванню, пресуванню та висушуванню з метою збільшення термінів та покращення умов зберігання та використання як кормів. Розроблено способи вироблення з клітинного соку сухих кормових дріжджей та кормового вітаміну B₁₂, антибіотиків (ферментативним бродінням). Відходами перероблення кукурудзи на крохмаль є мезга, зародки кукурудзи, глютен та кукурудзяний екстракт, а при переробці пшениці – пшеничний екстракт, мезга та глютен (білкова частина крохмального молока). Кукурудзяна мезга утворюється з оболонки та ендосперми зерна при подрібненні та використовується в основному (як і глютен) для виробництва сухих та сирих кормів. З глютену шляхом гідролізу виробляють також піноутворювачі, глютамінову кислоту та глутамінат натрію – харчову добавку до м'ясних та рибних продуктів. Екстракт направляють на потреби медичної промисловості (виробництво пеніциліну, стрептоциду та інших антибіотиків), хлібопекарного виробництва (дріжджі), або виробництва кормів. Кукурудзяні зародки є сировиною для виготовлення кукурудзяної олії, вітамінів, комбікормів та інших продуктів. Приготування кормів є основним способом утилізації мальтозного жмиху та фільтраційних осадів у виробництві патоки. Основними напрямками використання гідролу (сироподібної темно-коричневої рідини) – кінцевого виходу глюкозного виробництва – є приготування живильного середовища при виготовленні антибіотиків, дублення шкір, виробництво штучного волокна, спирту та комбікормів.

Виготовлення борошна й крупи супроводжується утворенням зернових відходів (дрібне зерно, дроблені відходи), висівок, муки кормової, млинового пилу, зернового лушпиння, зародків кукурудзяних качанів, які можуть бути повністю використані безпосередньо на корм худобі, для виготовлення концентрованих та комбінованих кормів, дріжджей, рослинного клею, олії та інших речовин. У хлібопекарному та макаронному виробництві крихта використовується як корми, а некондиційні вироби повертають, у виробництво – основне або супутнє (наприклад, хлібного квасу). Шлами дріжджевої промисловості застосовуються як добрива, а також для кормових потреб. Основні відходи кондитерського виробництва – оболонка, ростки та інші відходи какао-бобів використовуються як харчовий барвник для безалкогольних напоїв. Інші відходи виготовлення шоколадних, карамельних, мармеладних, вафельних виробів рекуперують, направляючи у той самий або супутній технологічний процес (виробництво сиропу, начинок).

До складу плодоовочевої промисловості входять підприємства з виробництва харчових консервів, сушіння, соління, замороження, виробництва сиропів, екстрактів соків, та іншої продукції з овочей та фруктів. Із фруктові сировини найбільше переробляють яблука. Відходи процесів яблуневої вижимки знайшли своє застосування у виробництві пюре, пектинових препаратів для фармацевтичної, харчової (як стабілізатор), кондитерської, молочної промисловості, виготовлення оцту, спирту, кормів. З вижимок та витірок кісточкових плодів, відходів виготовлення консервів доцільно виділяти кісточки, з яких можна виготовляти кісточкове масло – сировину для медичних препаратів, парфумерно-косметичної та лікєро-горілочної промисловості. Подрібнена шкаралупа фруктових кісточок застосовується для очищення двигунів та поверхней, притирки та шліфування деталей, очищення прес-форм, виготовлення активованого вугілля, спеціальних клеїв, фурфуролу та інших виробів. Перспективною є розробка установок для отримання олії з томатного насіння, яка може бути використана у харчовій, миловарній, лакофарбовій, ливарній (як укріплювач) промисловостях та для приготування змащувальних мастил. Досить поширеним способом утилізації найрізноманітніших відходів плодоовочевої промисловості (груш, томатів, картоплі, моркви, кукурудзи, буряку, зеленого горошку і т. ін.) є приготування кормів для худоби, в тому числі гранульованих та брикетованих. Додатковими кормовими ресурсами є відходи очищення овочевих культур.

Основними видами вторинних ресурсів у виноробстві є гребені, які відділяють перед пресуванням винограду, вичавки процесів пресуван-

ня, дріжджеві осади, що накопичуються на дні резервуарів після бродіння, осади, що виділяються після спиртування суслу та вина, кон'ячна барда та інші продукти перегонки вина. Головні напрямки їх утилізації показано на рис.21.

Відходи пивоварного виробництва утворюються при очищенні та сортуванні ячменю (зернові), у процесах затирання та фільтрації (пивна дробина), під час сушки й обробки солоду (солодові ростки), головного бродіння та доброджування (пивні дріжджі та CO_2), охолодження суспензії (білковий відстій). В основному ці відходи використовуються або безпосередньо як корми, або для приготування кормів та як добавки до них (білковий відстій). Крім того, солодові ростки можуть бути використані як сировина, що містить азот, у виробництві дріжджей з меласи, молочної кислоти, ферментних препаратів. Пивні дріжджі знайшли застосування у фармакології та для приготування продуктів дитячого харчування (очищені). Білковий відстій використовують як добриво. Вуглекислий газ бродіння рекуперується у основне або побічне виробництво. Розроблено також комплексні схеми утилізації відходів, де зернові відходи, пивна дробина, остаточні дріжджі, солодові ростки обробляють парою, гідролізують та фільтрують. З твердої фази після сушіння та гранулювання отримують кормовий концентрат, а з рідкої після бродіння – сушені кормові дріжджі.

У м'ясній промисловості утворюється понад двісті видів вторинних матеріальних ресурсів та відходів, які можуть бути утилізовані. Основними напрямками утилізації є виробництво сухих або варених кормів, желатину, в тому числі харчового, кісткового клею, альбуміну (білку, що

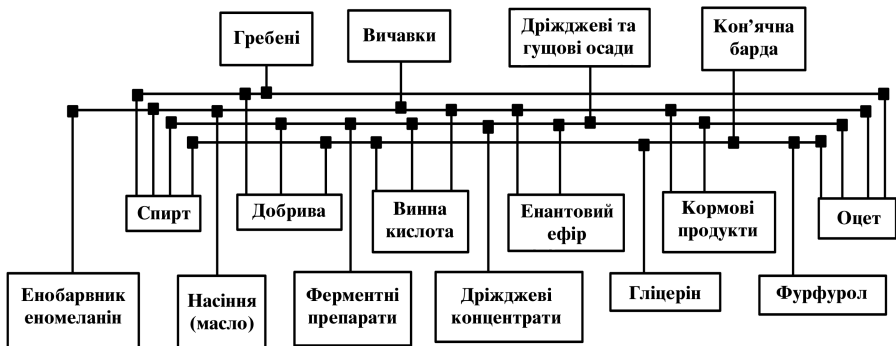


Рис.21. Відходи та вторинні продукти з винограду

застосовується у медицині, кондитерській та текстильній промисловості). Канигу (вміст передшлунків великої рогатої худоби та свиней) та жиромасу зі жируловлювачів та відстійників переробляють на кормові збагачувачі. З відходів птицепереробної промисловості готують муку – кормову добавку для курей (у вареному вигляді), свиней та хутрових тварин. Перспективним напрямком є використання субпродуктів та іншої нестандартної сировини для виготовлення харчових напівфабрикатів, консервів, паштетів. Вторинна сировина переробки птиці застосовується також для приготування кулінарних виробів, меланжу, яєчного порошку, м'ясо-кісткової муки, виготовлення перо-пухових виробів (ковдри, перин, матраців, подушок). Рога, копита, волос, щетина можуть перероблятися з метою отримання з них амінокислот, харчових та кормових гідролізатів, заміників цільного молока. Субпродукти II категорії (рубець, легені, вуха, селезінка, голова без язика та мозку, губи тощо) містять білок у великій кількості. Ще робить доцільним виготовлення з цієї сировини консервів (паштетів, зельців), ковбасних виробів (зельць та холодець у оболонці), наборів, м'ясо-кісткових напівфабрикатів. Кров забійних тварин ефективно використовується при виготовленні кров'яних ковбас, зельців, консервів, чорного харчового альбуміну, білкових збагачувачів та молочно-кров'яних напівфабрикатів (у суміші зі знежиреним молоком), сухих і варених кормів птиці та худоби. Плазма та сироватка крові є сировиною у виробництві варених ковбас, сосисок, сарделей, пельменів, світлого харчового альбуміну. В залежності від виду забійних тварин та типу кісток останні можуть використовуватися для виготовлення виробів у виробництві желатину, клею, кормів, жиру тощо. Жовч переробляється з метою отримання фармацевтичних препаратів (холензіму, алохолу, хологону) для лікування органів травлення. Зі жовчі свиней виготовляють стероїдні гормони.

До складу підприємств молочної промисловості входять маслоробне, цільномолочне, сироробне та молочноконсервне виробництва. Найбільше відходів утворюється при виготовленні масла. Це, передусім, знежирене молоко, з якого виробляють сухе знежирене молоко, нежирні молочні продукти, сири, молочно-білкові продукти, морозиво, харчовий казеїн, а також молочно-білкові концентрати (казеїнат натрію). Останній застосовується як стабілізатор водно-білково-жирових емульсій у виробництві ковбас, сосисок, сарделей, кондитерських, хлібопекарних, харчоконцентратних виробів, кисломолочних напоїв тощо. Більш цінною сировиною є маслянка, з якої виготовляють різні напої, згущені та сухі концентрати, сири. Крім того, вона є добавкою у виробництві питного молока, кисло-

молочних напоїв, сухого цільного та знежиреного молока. Обробка маслянки методом ультрафільтрації дає змогу отримати білковий концентрат – сировину для дієтичних продуктів, та фільтрат, що направляють у виробництво молочного цукру, замінників цільного молока, напоїв, у тому числі з фруктовими добавками. Сироватка може використовуватись у натуральному вигляді або піддаватися переробці, за допомогою останньої отримують харчові концентрати, що застосовуються у хлібобулочному виробництві, при виготовленні безалкогольних напоїв, білкових наповнювачів, замінників цільного молока тощо. Максимально ефективним є послідовне вилучення цінних компонентів – білків, жирів, лактози, біологічно активних речовин. Білкові речовини безпосередньо вживаються у їжу (альбумінний сир), або служать добавками у виробництві морозива, десертів та інших продуктів. Із лактози згущенням чи зворотнім осмосом виділяють молочний цукор або використовують для харчових (як стабілізатор) та фармацевтичних цілей. Біологічна переробка сироватки (за допомогою ферментів) дає змогу отримати сиропи, компоненти для виготовлення молочнокислих продуктів тощо. Іншими напрямками застосування молочної сировини є хлібопекарська промисловість, виробництво напоїв, кормових добавок, резервування (згущення або сушіння) для наступного використання як напівфабрикату в різних виробництвах.

19. УТИЛІЗАЦІЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ВІДХОДІВ

Відходи сільського господарства включають у себе відходи тваринництва – гній та мертві тварини; плоди, бадилля, стеблі, листя, соломку та інші відходи збирання врожаю; невикористані пестициди та хімічні добрива, а також матеріали їх упаковки; стічні води; ґрунти, що вивітрюються або здуваються з землі; мінеральні добрива, що концентруються у ґрунтових водах; побутові відходи.

Головним відходом тваринництва є гній, який утворюється протягом року у досить великих кількостях. Його здебільшого використовують як добриво, що містить азот, фосфор, калій та органічні речовини. Проте, їх вміст, у порівнянні зі штучними добривами, досить невеликий. Тому транспортування добрив з гною недоцільне і постає завдання зберігання гною у місцях його утворення.

Складування гною є досить складною проблемою, у зв'язку з роз-

множенням мух, неприємним запахом, можливістю забруднення ґрунтових вод. Тому гній сушать штучним або природним шляхом. Природне сушіння є довготривалим процесом, проте простішим, дешевшим та безпечнішим для довкілля (менше забруднення атмосфери). Застосовуються також методи прискорення природного сушіння шляхом періодичної аерації та розпушення гною. Більш ефективним є компостування, в тому числі в обертових барабанах з лопатями.

Перспективним методом обробки гною, стічних вод та інших органічних відходів тваринництва є анаеробне бродіння, яке дозволяє отримати біогаз, високоякісні добрива та білково-вітамінні кормові добавки. Біогаз містить у собі 60...70% метану, 30...40% оксиду вуглецю, 0...3% сірководню, домішки водню, аміаку та оксидів азоту, не має неприємного запаху і характеризується достатньою теплотворною здатністю, щоб (після хімічного, адсорбційного або мікробіологічного очищення від води та сірководню) застосовуватися для обігріву метантенку та вироблення теплоти для інших споживачів. Склад осаду визначається характеристиками вихідної сировини і характеризується порівняно високим вмістом фосфору й азоту в мінералізованій формі, що зумовлює краще збереження виготовлених з осаду добрив, у порівнянні з отриманими, методом компостування. Анаеробна ферментація залишків метанового бродіння дозволяє отримати кормові добавки. Таким чином, анаеробне бродіння є екологічно чистою та практично безвідходною технологією.

У процесі збирання сільськогосподарських культур утворюється досить велика кількість відходів: стеблин, коренів, листя та ін. Їх здебільшого заорюють у верхній шар ґрунтів або спалюють. Недоліком першого методу є погіршення біологічних властивостей ґрунтів, внаслідок чого необхідно вносити до них азотні добрива для відновлення азотно-вуглецевого балансу. Другий спосіб призводить до сильного забруднення повітря й є пожежебезпечним. Екологічно чистим є збирання відходів з метою наступної переробки на спеціально відведених місцях. Зокрема, соломі можна спалювати або газифікувати на спеціальних установках (див. розділ 15), компостувати, перетворюючи на штучний чорнозем, піддавати хімічній обробці, зокрема, гідролізу для отримання лігніну, целюлози, харчової клітковини, використовувати для виготовлення фурфуролу, паперу. Інші методи переробки відходів збирання врожаю аналогічні наведеним у розділах 15 та 18.

Суттєвою проблемою сучасного сільського господарства є накопичення непридатних та заборонених пестицидів. Ці речовини досить токсичні (шкідливий вплив на репродуктивність та розвиток, пригнічення

імунної системи, дерматологічні захворювання, мутагенні та канцерогенні ефекти, аж до летального кінця) та мають здатність накопичуватися у живих організмах. Захоронення таких відходів на полігонах (у котлованах під шаром землі), з екологічної точки зору, є недостатньо оптимальним варіантом, оскільки якість захисної полімерної ізоляції поступово погіршується і пестициди перетікають у ґрунтові води, а також випаровуються у атмосферу. Тому ці токсичні відходи необхідно зберігати на спеціально обладнаних сховищах закритого типу з контрольованими параметрами (тиском, концентрацією пестицидів) у полімерних ємкостях на майданчиках, покритих мастилосорбуючими матеріалами та обладнаними пристроями для локалізації, відведення й знешкодження проливів токсичної рідини. Проте, зберігання пестицидів є лише проміжним етапом перед їх ліквідацією. Останню здебільшого проводять шляхом високотемпературного (від 1000...1200°C) спалювання у двокамерних роторних печах, печах для випалу цементного клінкеру та інших. При цьому слід вжити заходів для очищення відхідних газів. Розроблено також технології знищення пестицидів у плазмених реакторах різних конструкцій, де плазма генерується за допомогою електричної дуги, мікрохвильового й інфрачервоного випромінювання; окислення у розігрітому щільному керамічному шарі або псевдозрідженому шарі піску; окислення у розплавах карбонатів натрію та кальцію (у ваннах); окислення в склоплавильних печах; пролізу; дехлорування лужними металами та металоорганічними з'єднаннями; газової гідрогенізації – відновлення органічних з'єднань воднем при температурах 850°C і вище, а також деякі інші методи.

20. УТИЛІЗАЦІЯ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД

Осади установок очищення стічних вод за хімічним складом поділяють на мінеральні, органічні та мішані. Осади промислових стічних вод можуть бути інертні й токсичні, стабільні та нестабільні. Важливою характеристикою осадів є вологість. Вільна вода (60...65%), що міститься в них, легко видаляється, а колоїдно-зв'язана та гігроскопічна (30...35%) вилучається за допомогою коагуляції та сушіння. Видалення вологи зменшує об'єм осаду та поліпшує можливості його знешкодження, утилізації та рекуперації.

Основними технологічними операціями обробки осадів стічних вод

є ущільнення, кондиціонування, стабілізація та зневоднювання. Ущільнення є необхідною стадією всіх схем обробки. Його метою є видалення вільної вологи. Операція здійснюється гравітаційними методами у вертикальних і радіальних відстійниках, часто з коагуляцією, підігрівом та перемішуванням, а також флотацією – у напірних, вакуумних апаратах, електричних і біологічних флотаторах. Стабілізацію проводять для запобігання загниванню осадів шляхом аеробного або анаеробного розкладання мікроорганізмами органічної частини речовини на диоксид вуглецю, метан та воду. З анаеробних апаратів найпоширенішими є метантенки. Іноді застосовують септики, двоярусні відстійники, прояснювачі-перегноювачі. Аеробна стабілізація проходить в аераційних спорудах з пневматичною, пневмомеханічною, або механічною аерацією. Кондиціонуванню осади піддають з метою зниження питомого опору та покращення властивостей осадів віддавати воду. Кондиціонування проводять реагентними методами – коагуляцією або флокуляцією, та безреагентними – тепловою обробкою в автоклавах, заморожуванням у холодильних машинах із подальшим розморожуванням, електрокоагуляцією, радіаційним опромінюванням, рідкофазним окисленням киснем повітря у реакторах. У результаті змінюється структура осадів та форми зв'язку води у них, що забезпечує ефективне проведення зневоднювання. Його можуть проводити у природних умовах – на мулових майданчиках, що є ділянками землі, оточеними земляними валами, часто з водонепроникними стінками та дном. Іншими способами зневоднювання є механічні – на барабанних, дискових, стрічкових вакуум-фільтрах, фільтр-пресах, віброфільтрах, стрічкових центрифугах. Перед рекуперацією осади піддають сушінню у конвективних апаратах зі зустрічними струменями.

Конкретна технологічна схема залежить від хімічного складу осаду та можливостей його утилізації і може включати тільки ущільнення; ущільнення та стабілізацію; ущільнення, кондиціонування та зневоднювання; ущільнення та зневоднювання; виключно ущільнення та інші варіанти. Оброблені осади направляють у накопичувачі, на полігони й інші сховища. У разі неможливості складування та недоцільності утилізації або наявності токсичних речовин, осади спалюють у печах киплячого шару, багатоподових, барабанних, циклонних та розпилювальних печах. В результаті об'єм осадів можна зменшити у 80...100 разів, токсичні речовини переходять у менш шкідливі з'єднання. Проте, виділення у процесі горіння шкідливих речовин потребує встановлення спеціальних систем газоочищення.

Рекуперация обробленого активного мулу полягає у виготовленні білково-вітамінного кормового продукту (белвітамілу), виробництві суміші кормових дріжджей з активним мулом (збагаченого V_{12}), отриманні технічного вітаміну V_{12} для комбікормової промисловості, виробництві добрив, білку, активованого вугілля. Виготовлення белвітамілу включає операції

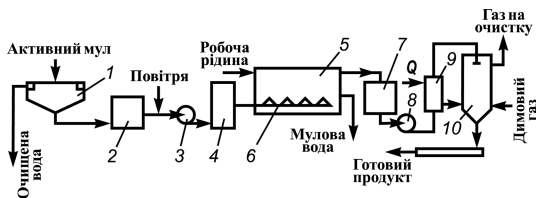


Рис.22. Схема установки для виготовлення белвітамілу

- 1 – вторинний відстійник; 2 – насосна станція; 3, 8 – насоси; 4 – напірна ємність; 5 – флотаційний ущільнювач; 6 – перфоровані труби; 7 – збирач; 9 – підігрівач; 10 – розпилювальна сушарка

ущільнення, згущення, сушіння (рис.22) та механічної обробки готового продукту, наприклад, гранулюванням. Білок отримують шляхом екстракції розчином NaOH згущеного та підкисленого активного мулу. Технологічний процес отримання V_{12} складається зі стадій ущільнення, підкислення, підігріву паром, відділення твердих частинок (на виробництво добрив), обробки фільтрату лугом, сушіння та подрібнення. Вироблення активованого вугілля здійснюється шляхом піролізу суміші висушеного активного мулу з формальдегідом при $700 \dots 800^\circ\text{C}$. Осади міських стічних вод після стабілізації, термічного сушіння та вилучення токсичних компонентів, що забезпечує їх нетоксичність, нездатність до загнивання та дегельмінтизацію, можуть використовуватися як органо-мінеральні азотно-фосфорні добрива, а після обробки вапном – як вапнисті добрива.

Інертні осади мінерального походження застосовують у промисловості будівельних матеріалів та у шляховому будівництві як заміник керамзиту, як реагенти для коагуляції осадів міських стічних вод. Методи обробки токсичних осадів і рекуператії цінних компонентів було розглянуто у попередніх розділах.

21. УТИЛІЗАЦІЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

Тверді побутові відходи (ТПВ) утворюються у результаті життєдіяльності людей та амортизації продуктів побуту і містять 20...40% паперу та картону, 20...25% харчових відходів, 1...6% текстильних, 3...8% пластмас, 1...8% деревинних відходів, 4...12% скла, 3...12% металів та 1...20%

інших неорганічних відходів. Великі діапазони зміни складу ТПВ зумовлені різницею у кліматичних умовах, ступенем благоустрою населених місць, сезонними коливаннями тощо. Суттєве значення має також промисловий та технологічний розвиток. Зокрема, останні роки спостерігається зростання долі органічних речовин у ТПВ за рахунок пластмас, паперу та картону.

Технологія утилізації ТПВ включає стадії збирання, видалення, транспортування й обробки. Основними системами збирання та видалення є контейнерна, коли відходи вивозять разом з контейнерами, які періодично замінюють, та "незмінювані" з вивантаженням відходів з контейнерів безпосередньо у сміттевози. Остання схема є продуктивнішою та дозволяє ефективніше використовувати сміттевозні машини. В останні часи розвитку набуває двоетапне вивезення відходів. На першому етапі сміття вивозять на сміттеперевантажувальну станцію, звідки його транспортують сміттевозами великої місткості, залізничними платформами, баржами і т. п. Застосування такої схеми зумовлено збільшенням відстаней до місць знешкодження та переробки ТПВ і підвищенням вимог до охорони довкілля. На деяких станціях відходи ущільнюють, вилучають метали, скло, пластмаси, деревину. Крім цього сміттеперевантажувальні станції дозволяють зменшити кількість полігонів для складування ТПВ, знизити інтенсивність руху сміттеперевізного транспорту. Іншим способом підвищення екологічної чистоти транспортування сміття є пневматичне транспортування ТПВ у контейнерах або безпосередньо по спеціальних трубопроводах. Перший спосіб потребує облаштування спеціальних вантажних станцій для завантаження відходів у капсули, що нерационально. Доцільніше переміщувати харчові, скляні, деревинні та інші кускові відходи у завислому стані за допомогою стислого повітря зі швидкістю 25...32 м/с. З житлових будівель ТПВ можна транспортувати за допомогою вакуумних або вакуум-напірних систем. Вони передбачають видалення ТПВ по сміттеводах у потоці повітря на збірні пункти, де відходи осаджуються у приймальних бункерах та направляються на знешкодження (якщо пункт розташований на сміттепереробному заводі); ущільнення та пресування з подальшим транспортуванням на знешкодження (після перевантаження на високопродуктивні транспортні засоби); сепарацію, подрібнення та сплав у каналізацію. Повітря викидається у атмосферу після проходження через фільтри, вакуум-турбіни та глушники. У деяких закордонних містах застосовують сплавлення ТПВ у каналізацію, звідки вони потрапляють на очисні споруди та переробляються разом з осадом стічних вод. Проте, таким способом обробляють тільки органічні відхо-

ди. Можливе також гідравлічне транспортування неподрібнених відходів до пунктів перевантаження у спецавтотранспорт. Суттєвими вадами пневматичних та гідравлічних способів є зростання витрат енергії та (для гідравлічних) води. Тому їх застосування обмежене.

Методи переробки відходів залежать від їх складу. Якщо відходи збирають роздільно (в окремі контейнери), то їх направляють на переробку на спеціальні підприємства. Наприклад, технологічні схеми обробки харчових відходів включають операції сортування, сепарації (для очищення від баластних фракцій), подрібнення, термічної обробки (проварювання, висушування) з метою отримання кормів для худоби. Методи переробки паперових, пластмасових та інших відходів, що входять до складу побутових, розглянуто у попередніх розділах.

Найпоширенішим та найпростішим методом обробки та знешкодження ТПВ є захоронення їх на полігонах. Сутність методу полягає у складуванні відходів на спеціально ущільнений та гідроізолюваний ґрунт. Для захисту гідросфери від забруднення фільтраційними водами полігони обладнують дренажними системами, а для захисту атмосфери від звалищного газу – системами природної та штучної вентиляції. Основним методом обробки на полігонах є ущільнення, що проводиться з метою збільшення питомого навантаження на споруди. Після завершення експлуатації полігонів необхідно проводити рекультивацию поверхні землі. На деяких сучасних полігонах організоване збирання звалищного газу, що утворюється внаслідок анаеробних мікробіологічних процесів в середині шару відходів. Цей газ складається переважно з метану (40...60%) та вуглекислого газу (30...45%) і може бути використаний як котельне паливо, а після очищення – як паливо для газотурбінних установок та газових двигунів. Розроблено способи збагачення такого газу шляхом абсорбції, адсорбції та мембранними методами з отриманням природного газу. Збирання звалищного газу проводиться за допомогою вертикальних свердловин у шарі ТПВ, в які встановлюють пластикові перфоровані труби (рис.23). Свердловини

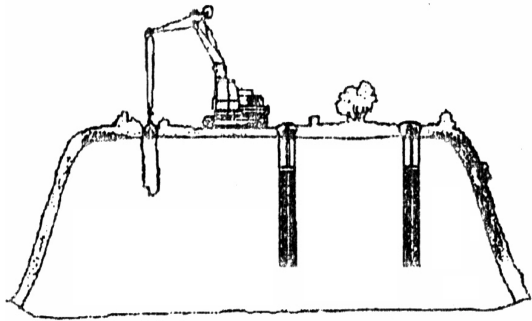


Рис.23. Система вертикальних свердловин для видобутку звалищного газу

ни під'єднуються до горизонтального колектору, по якому отриманий газ надходить до установок його обробки та використання.

Ділянки, на яких розміщують полігони, мають бути віддалені від житлової забудови не менш, ніж на 500м, ґрунтові води повинні бути глибшими за днище полігону більш, ніж на 2м. Полігони необхідно розташовувати на глинах і важких суглинках, виходів ґрунтових вод на майданчику не повинно бути. Термін експлуатації полігону складає 15...20 та більше років. Полігони складаються з окремих ділянок, форма яких визначається рельєфом місцевості. Основними типами ділянок є плоскі, на ярах, а також на відпрацьованих кар'єрах. На плоских ділянках полігонів при навантаженнях по ТПВ більше 120тис. м³/рік застосовують висотну схему, а при менших – траншейну (рис.24). Між ущільненими шарами відходів укладають шари глини або іншого ізолюючого матеріалу. Висота полігону визначається кутом закладання відходів та безпекою роботи транспортних та ущільнюючих засобів на верхньому майданчику і складає не менше 20м. Заповнення ярів здійснюється з верхньої ча-

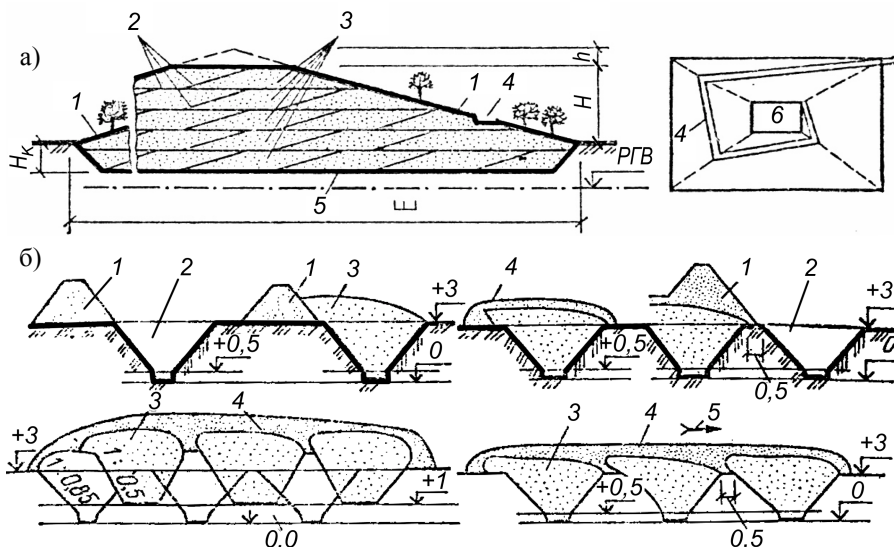


Рис.24. Схеми полігонів ТПВ

- а) – висотна: 1 – зовнішня ізоляція; 2 – проміжна ізоляція; 3 – ТПВ; 4 – дорога; 5 – водотривка основа; б – верхній майданчик.
- б) – траншейна: 1 – ґрунт, вилучений при викопуванні траншей; 2 – траншея; 3 – ТПВ; 4 – проміжна ізоляція; 5 – напрям домінуючих вітрів.

стини. Для запобігання зсувів кожен ділянку закладання захищають ґрунтовими греблями. Як ізолюючий матеріал використовують ґрунт, зрізаний з дна та схилів яру (чим досягається також необхідний кут нахилу схилів). Основі полігону надають форми уступів зі зворотнім нахилом для зчеплення ТПВ з ґрунтом. Заповнення відпрацьованих кар'єрів проводиться за схемою вирівнювання (до рівня кар'єру) та за висотною схемою (значно вище рівня кар'єру). Складування ТПВ на полігонах здійснюють шляхом надвигання знизу вгору, або зштовхуванням зверху вниз.

При наявності поблизу міст з населенням 50...500 тис. мешканців вільних територій можливе застосування методу польового компостування ТПВ у відкритих штабелях протягом декількох місяців. Подрібнення відходів проводиться у молоткових дробарках, біотермічних барабанах або шляхом багаторазового перелопачування. Для відділення неподрібнених фракцій застосовують грохоти, а для металевих частинок – електромагнітні сепаратори. У штабелях відбуваються процеси аеробного біотермічного компостування. Для попередження забруднення атмосфери та розмноження мух поверхню штабелів покривають ізолюючим шаром торфу, ґрунту або зрілого компосту. Для кращої аерації штабеля періодично перелопачують або подають повітря через перфоровані труби. Інколи проводять попередню біотермічну обробку у закритих, розділених на відсіки, приміщеннях. Матеріал періодично переміщується з одного відсіку до іншого за допомогою спеціальних пристроїв та аерується через спеціальні отвори у нижній частині приміщення. У деяких випадках ТПВ компостують разом з осадами стічних вод, що дозволяє покращити структуру та товарний вигляд компосту та збільшити вміст у ньому живильних речовин, а також зволожувати. В інших випадках, для покращення протікання процесу штабеля зволожують. Компост відправляють споживачам, а баластні фракції направляють на полігони ТПВ або піддають спалюванню чи піролізу на малопотужних установках, що входять до складу споруд компостування.

На сміттєпереробних заводах відходи, здебільшого, піддають аеробному біотермічному компостуванню. Крім цього, технологічні схеми заводів включають операції приймання, електромагнітної, балістичної (для відділення скла) та повітряної сепарації, подрібнення, грохочення, брикетування металобрухту (рис.25). Власне процес компостування відбувається протягом двох діб у біобарабанах, після яких компост сушать у барабанних апаратах. Грубі фракції ТПВ, що складаються переважно з деревини, текстильних матеріалів та картону, разом з низькокалорійним відсівом грохотів направляють на спалювання. Останнім часом спостері-

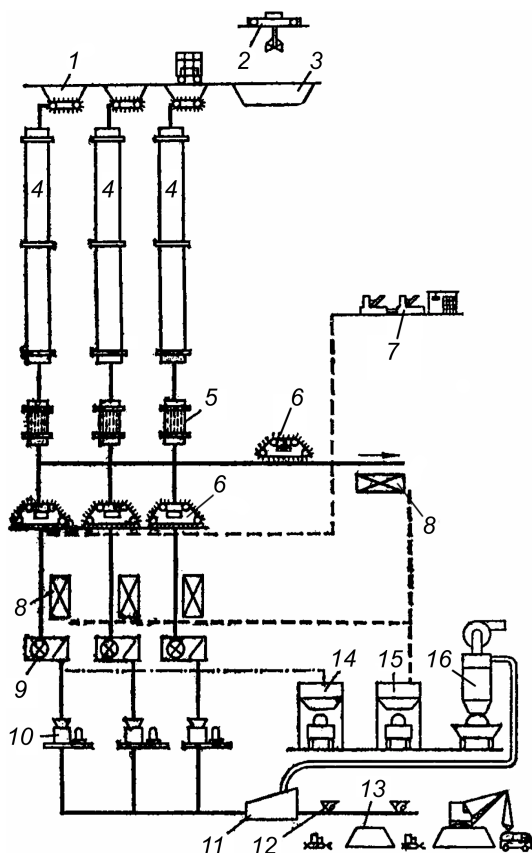


Рис.25. Схема сміттєпереробного заводу
 1 – приймальний бункер; 2 – грейферний кран; 3 – резервний бункер; 4 – біотермічний барабан; 5 – контрольний грохот; 6 – магнітні сепаратори для вилучення чорних металів; 7 – пакетувальні преси для металобрухту; 8 – сепаратори кольорового металобрухту; 9 – сепаратори скла; 10 – дробарки для компосту; 11 – сепаратор поліетиленової плівки; 12 – скидувач; 13 – штабеля компосту; 14 – бункер скла; 15 – бункер кольорового металобрухту; 16 – циклон-осаджувач поліетиленової плівки

гається тенденція до створення сміттєпереробних комплексів, де шляхом комплексного сортування та переробки максимально вилучаються та утилізуються цінні продукти. Так на сепараторах виділяють паперові, пластмасові, харчові, текстильні відходи, чорні та кольорові метали. Ці матеріали потім піддають вторинній переробці або спалюють.

Термічна переробка ТПВ проводиться на сміттєспалювальних заводах і установках з колосниковими ґратками або у топках із псевдозрідженим шаром. Тепло, що виділяється при горінні, використовується у парогенераторах, гази перед викидом у атмосферу очищуються від шкідливих домішок, а шлаки через сепаратор чорного металобрухту видаляють з топки гідравлічним шляхом (рис.26). Перспективним методом термічної обробки є піроліз у шахтних та роторних реакторах, з отриманням коксу. Менш поширеними є процеси газифікації з перетворенням органічної частини відходів у синтез-газ, що може служити сировиною для синтезу хімічних речовин або паливом, а також комбіновані методи: напівкоксування з по-

74

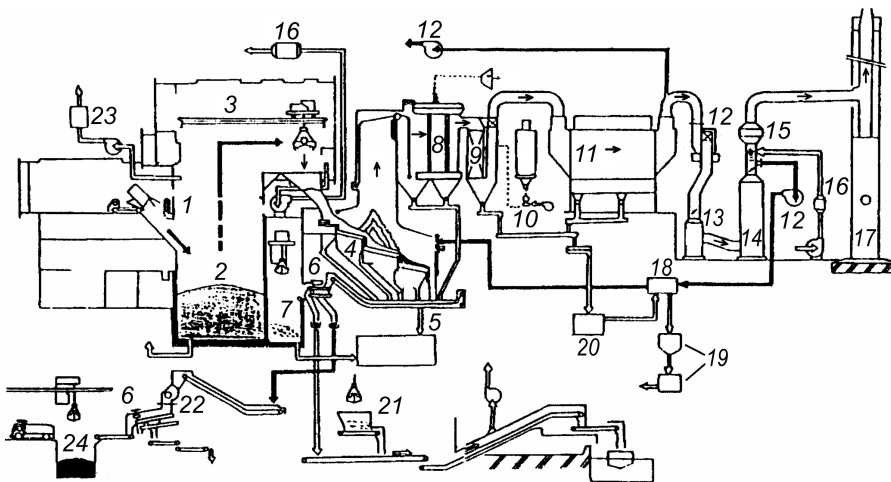


Рис.26. Схема сміттєспалювального заводу

1 – бункер подачі сміття; 2 – сміттєва шахта; 3 – грейферний кран; 4 – ґратки; 5 – канал золівідведення; 6 – магнітний сепаратор; 7 – золава шахта; 8 – котел-утилізатор; 9 – економайзер; 10 – бункер вапна; 11 – пилоуловлювач; 12 – вентилятор; 13 – охолоджувач; 14 – сухий скруббер; 15 – теплообмінник; 16 – підігрівач; 17 – димова труба; 18 – конденсатор; 19 – збирачі золи та шламу; 20 – збирач пилу; 21 – приймач золи; 22 – дробарка металу; 23 – дезодораційний пристрій; 24 – шахта збирання металу

дальшим спалюванням, піроліз із подальшою газифікацією тощо. Пропонується також застосування процесу термолізу подрібненої, очищеної від металів, скла, кераміки органічної частини відходів у герметичних камерних похилих термолізних печах, тобто термічної деструкції з отриманням термолізного палива та легких хімічних продуктів.

Розроблено також деякі інші технології обробки ТПВ: анаеробне бродіння, гідроліз, виготовлення гранульованого палива. Проте, проблему утилізації таких відходів не можна вважати вирішеною.

Список рекомендованої літератури

1. Безотходные технологические схемы химических производств / М.М. Киевский, В.И. Евстратов, А.Г. Радионов. – К: Техніка, 1987. – 121с.
2. Дворкин Л.И., Пашков И.А. Строительные материалы из отходов промышленности. – К.: Вища школа, 1989. – 208с.
3. Журавский В.А. Малоотходная технология кожевенного производства. – М.: Легпромбытиздат, 1993. – 128с.
4. Использование промышленных отходов / Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов. – Т.13 – М: ВИНТИ, 1983. – 199с.
5. Комплексное использование сырья и отходов / Б.М. Равич, В.П. Окладников, В.Н. Лысач и др. – М: Химия, 1988. – 288с.
6. Комплексное использование сырья в пищевой промышленности / Ю.П. Лебединский и др. – К.: Техника, 1983. – 143с.
7. Николаенко А.Ф. Организация безотходных производств в мясной промышленности. – К.: Урожай, 1991. – 248с.
8. Николаенко А.Ф. Организация безотходных производств в молочной промышленности. – К.: Урожай, 1988. – 104с.
9. Никулин Ф.Е. Утилизация и очистка промышленных отходов. – Л: Судостроение, 1980. – 232с.
10. Пальгунов П.П., Сумароков М.В. Утилизация промышленных отходов. – М.: Стройиздат, 1990. – 352с.
11. Проблемы сбора, переработки и утилизации отходов. – Одесса: ОЦНТЭИ, 2001. – 427с.
12. Рациональное использование твердых бытовых отходов / Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов. – Т.15 – М., 1984. – 192с.
13. Родионов А.И. и др. Техника защиты окружающей среды – М: Химия, 1989. – 512с.
14. Санитарная очистка и уборка населенных мест. – М.: Стройиздат, 1990. – 413с.
15. Ситтиг М. Извлечение металлов и неорганических соединений из отходов. – М.: Металлургия, 1985. – 408с.
16. Спурников А.П. Комплексное использование сырья в цветной металлургии. – М.: Металлургия, 1977. – 272с.
17. Утилизация твердых отходов. – ТТ. 1-2 – М.: Стройиздат, 1985.
18. Цыганов А.П., Сенин В.Н. Циклические процессы в химической технологии. Основы безотходных производств. – М.: Химия, 1989. – 320с.
19. Чехов А.С. Вопросы экологии в стекольном производстве. – М.: Легпромбытиздат, 1990. – 144с.
20. Экология города. – К.: Либра, 2000. – 464с.

Зміст

ВСТУП	3
1. ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ВИДОБУВАННЯ ТА ЗБАГАЧЕННЯ КОРИСНИХ КОПАЛИН	4
2. ВТОРИННЕ ВИКОРИСТАННЯ МЕТАЛІВ ТА СПЛАВІВ	8
3. УТИЛІЗАЦІЯ ШЛАКІВ, ЗОЛИ ТА ГОРІЛОЇ ЗЕМЛІ	12
4. УТИЛІЗАЦІЯ ШЛАМІВ ТА ОСАДІВ ПРОМИСЛОВОСТІ НЕОРГАНІЧНОГО СИНТЕЗУ	16
5. УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ ГАЛЬВАНІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ	20
6. УТИЛІЗАЦІЯ ТА РЕКУПЕРАЦІЯ ВИСОКОТОКСИЧНИХ ВІДХОДІВ ХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	24
7. РЕГЕНЕРАЦІЯ ЗНЕЖИРЮВАЛЬНИХ ТА МИЙНИХ РОЗЧИНІВ	27
8. УТИЛІЗАЦІЯ ТА РЕГЕНЕРАЦІЯ МАСТИЛЬНО- ОХОЛОДЖУВАЛЬНИХ РІДИН	29
9. РЕГЕНЕРАЦІЯ ТА УТИЛІЗАЦІЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ МІНЕРАЛЬНИХ МАСТИЛ	31
10. УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ НАФТОХІМІЧНИХ ТА НАФТОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ	34
11. УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА, МАТЕРІАЛІВ ТА ВИРОБІВ НА ОСНОВІ ГУМИ	36
12. ПЕРЕРОБКА ТА УТИЛІЗАЦІЯ ПЛАСТМАСОВИХ ВІДХОДІВ	40
13. УТИЛІЗАЦІЯ СКЛОБОЮ ТА ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА СКЛОМАТЕРІАЛІВ	45
14. УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ	48
15. УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ ПЕРЕРОБКИ ДЕРЕВИНИ, ПАПЕРУ ТА КАРТОНУ	49
16. УТИЛІЗАЦІЯ ВТОРИННИХ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ	56
17. ПЕРЕРОБКА ШКІРЯНИХ ВІДХОДІВ	57
18. УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	58
19. УТИЛІЗАЦІЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ВІДХОДІВ	65
20. УТИЛІЗАЦІЯ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД	67
21. УТИЛІЗАЦІЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ	69
Список рекомендованої літератури	76

Сергій Сергійович РИЖКОВ
Юрій Миколайович ХАРИТОНОВ
Володимир Валентинович БЛАГОДАТНИЙ

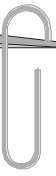
ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ТА РЕКУПЕРАЦІЇ ВІДХОДІВ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Видавництво УДМТУ. 54002, м. Миколаїв, вул. Скороходова, 5
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру
видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції
ДК № 1150 від 12.12.2002 р.

Комп'ютерна правка та верстка М.Г. Мозговий

Підписано до друку 03.09.03. Формат 60×84/16. Папір офсетний.
Ум.друк. арк. 4,8. Обл.-вид. арк. 4,5. Тираж 100 прим. Зам. № 303.
Ціна договірна.



ДЛЯ НОТАТОК



ВИДАВНИЦТВО УКРАЇНСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО МОРСЬКОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ



Шановні панове!

Запрошуємо вас ознайомитись з можливостями книжкового видавництва, висококваліфіковані спеціалісти якого дозволяють оперативно і якісно виконати замовлення будь-якого рівня складності.

Наш головний принцип – задовольнити потреби замовника у повному комплексі поліграфічних послуг, починаючи з розробки та підготовки оригінал-макету, що виконується на базі IBM PC, і закінчуючи друком на офсетних машинах.

Крім цього, ми маємо повний комплекс післядрукарського обладнання, що дає можливість виконувати:

- ✓ листопідбір;
- ✓ брошурування на скобу, клей;
- ✓ порізка на гільйотинах;
- ✓ ламінування.

Видавництво також оснащено сучасним цифровим дублюкатором фірми "Duplo" формату А3, що дає можливість тиражувати зі швидкістю до 130 копій за хвилину.

Для постійних клієнтів – гнучка система знижок.

Отже, якщо вам потрібно надрукувати **підручники, книги, брошури, журнали, каталоги, рекламні листівки, прайс-листи, бланки, візитні картки**, – ми до ваших послуг.

© Український державний морський технічний університет

✉ Україна, 54002, м.Миколаїв, вул.Скороходова, 5,
видавництво УДМТУ

☎ 8(0512) 37-33-42; 39-81-46, 39-73-39, **Fax:** 8(0512) 39-73-26;

E-mail: publishing@usmtu.edu.ua