

## План

### 1. ШАХТНІ ТА РУДНИЧНІ ВОДИ

- 1.1 Загальні відомості про природні ресурси України
- 1.2 Вплив шахтних і кар'єрних вод на екологічну ситуацію
- 1.3 Формування і основні властивості шахтних і рудничних вод
- 1.4 Методи очищення скидних вод гірничодобувного виробництва

### 2. ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ ТЕРМОПЛАСТІВ

- 2.1 Подрібнення відходів термопластів
- 2.2 Просушування, розподіл і транспортування термопластів
- 2.3 Агломерація подрібнених відходів термопластів
- 2.4 Виробництво гранул і профільних виробів методом екструзії
- 2.5 Технологічна лінія переробки відходів термопластів
- 2.6 Тенденції розвитку технологій переробки відходів термопластів

## 1. ШАХТНІ ТА РУДНИЧНІ ВОДИ

### 1.1 Загальні відомості про природні ресурси України

Україна займає провідні місця у світі за запасами титану, цирконію, урану, літію, графіту, каоліну, вогнетривких глин, сірки, калійних солей, кухонної солі, декоративного каменю тощо. Україні належать провідні позиції у світі і з видобутку багатьох видів мінеральної сировини: вугілля, залізних і марганцевих руд, титану, графіту, каоліну тощо.

Добування цих сировинних ресурсів здійснюється як шахтним, так і відкритим (кар'єрним) способами. При цьому в значних кількостях утворюються такі специфічні відходи гірничопромислового виробництва, як шахтні (рудничні) та кар'єрні води.

На Донбасі, Криворіжжі, Волині, у басейні Нижнього Дніпра, інших регіонах України з гірничих виробок відкачується і скидається в поверхневі водні об'єкти щорічно до 1 млрд м<sup>3</sup> зазначених вод. З них 60–75 % мають мінералізацію понад 1000 мг/дм<sup>3</sup>, до 20 % – 3000 мг/дм<sup>3</sup> і більше.

### 1.2 Вплив шахтних і кар'єрних вод на екологічну ситуацію

Найбільшу екологічну напругу скидання шахтних і кар'єрних вод у поверхневі водні об'єкти створює в Донецькому регіоні. Це зумовлюється тим, що вказані води не відповідають правилам охорони природних водних об'єктів щонайменше за чотирма критеріями:

- висока мінералізація (понад 1 г/дм<sup>3</sup> – всі шахти, до 3 г/дм<sup>3</sup> – 60 % шахт, більше 3 г/дм<sup>3</sup> – 40 % шахт), через що у водойми і річки щорічно надходить близько 2 млн т розчинених мінеральних солей;
- забрудненість зваженими речовинами (90–100 мг/дм<sup>3</sup>), що спричиняє замулювання водойм і водотоків;
- бактеріальна забрудненість;

- підвищений вміст важких металів (їх концентрації перевищують гранично допустимі в 1,5–15 разів).

Об'єми шахтних і кар'єрних вод, що скидаються, порівнянні з об'ємами щорічного стоку всіх річок регіону і вкрай негативно впливають на нього.

Тому перед Донбасом, а також суміжними регіонами України стоять дві найскладніші задачі, пов'язані з розв'язанням проблеми водних ресурсів: раціональне їх використання; охорона водних об'єктів від забруднення і виснаження.

Ці задачі мають вирішуватися також при консервації шахт у процесі реструктуризації вугільної промисловості.

Незалежно від способів консервації проблема шахтних і кар'єрних вод не зникає, оскільки їх кількість і масштаби солевиносу у водні об'єкти практично не змінюються. Перекидання потоків води на сусідні шахти проблеми не розв'язує.

### **1.3 Формування і основні властивості шахтних і рудничних вод**

Шахтні, рудничні, кар'єрні води формуються за рахунок підземних і поверхневих вод, що проникають у відповідні гірничі виробки. Це значно ускладнює їх розробку і наступне добування корисних копалин.

Тому для забезпечення нормальної експлуатації рудників і шахт гірничі виробки осушують шляхом водовідливу.

Величини водоприпливу в шахти визначаються геологічними, гідрогеологічними і кліматичними умовами родовищ, ступенем розгалуженості річкової мережі, способами підготовки шахтних і рудничних полів.

Обводненість родовищ характеризується коефіцієнтом водонадходження, що являє собою відношення кількості води, яка відкачується на поверхню ( $m^3$ ) до кількості видобутої руди, вугілля, іншої мінеральної сировини ( $t$ ) за одиницю часу.

Найбільшим водоприпливом характеризується шахти і рудники, розміщені в регіонах з підвищеною кількістю атмосферних опадів, у районах річок, великих озер, водосховищ.

Зі збільшенням глибини розробки корисної копалини водоприплив зменшується. Його величина вимірюється кількістю води ( $\text{м}^3$ ) за одиницю часу ( $\text{м}^3/\text{год}$ ). Відомо, що підземні води на глибині гірничих виробок накопичуються за рахунок атмосферних опадів і поверхневих вод; гірські породи насичуються водою й утворюють напірні і безнапірні водоносні горизонти.

Підземні води поділяють на тріщинно-пластові, тріщинні, карстові. Тріщинно-пластові води рухаються по тріщинах пластів слабопроникливих порід. Порово-пластові води приурочені до рихлих ґрунтів (пісок, гравій, галечник). У скельних породах поширені тріщинні води. Карстові води утворюються при вивітрюванні карстових порід.

Хімічний склад підземних вод визначається глибиною залягання і залежно від її величини характеризується доволі чітко вираженою зональністю.

Як правило, за глибиною залягання підземні води поділяються на три зони. У верхній зоні активного водообміну зазвичай поширені прісні гідрокарбонатні води, що утворюються в процесі інфільтрації ґрунтових вод. Ця зона може поширюватися на глибину до 300 м.

Хімічний, зокрема мінеральний, склад вод цієї зони визначається кліматичними умовами, складом гірських порід і рельєфом місцевості.

Зі збільшенням глибини гідрокарбонатні води переходять у гідрокарбонатно-сульфатні і сульфатно-гідрокарбонатні.

У посушливих регіонах мінералізація ґрунтових вод підвищується.

Середня зона з незначним водообміном характеризується відновлювальним середовищем. Води цієї зони більшою частиною сульфатно-натрієво-кальцієві чи гідрокарбонатно-натрієві, перехідні у хлоридно-гідрокарбонатно-натрієві.

Глибина зони простягається на 500–600 м, у випадку тектонічних порушень може досягати 1000 м і більше.

Води нижньої зони характеризуються застійним режимом, високою мінералізацією і доходять до глибин 1000 і більше метрів.

Ці води переважно морського походження, склад яких протягом тривалого часу зазнав суттєвих змін. За сольовим складом води цієї зони належать до хлоридно-кальцієво-натрієвого типу.

Формування хімічного складу шахтних і рудничних вод залежить від літолого-мінералогічного складу гірських порід, умов живлення водоносних горизонтів і інтенсивності водообміну, клімату, антропогенних чинників.

У процесі інфільтрації у воду з гірських порід переходить значна кількість різних водорозчинних солей, зокрема карбонатів, сульфатів і хлоридів лужних металів.

Води з підвищеною сульфатною мінералізацією формуються в породах гіпсу, мірабіліту, галіту. Такі води містять переважно хлориди, що надходить із галітів. У результаті контакту підземних вод, що надходять у гірничі виробки, з породами може відбуватися іонний обмін.

Метаморфізація іонно-сольового складу можлива також при взаємодії кисню повітря і розчинених солей.

За наявності піриту в породах у певних умовах під дією кисню повітря і тіонових бактерій часто формуються кислі води.

Характерною особливістю шахтних вод є значна різноманітність їх хімічного складу. Вони містять велику кількість домішок неорганічного і органічного походження, можуть мати бактеріальне забруднення.

До мінеральних компонентів належать часточки піску, глини, мінеральні включення вугілля і руд (кварц, пірит, карбонати), розчинені солі, луги, кислоти.

В органічних речовинах зустрічаються часточки вугілля, озокерит, нафтові вуглеводні, мінеральні оливи, продукти життєдіяльності різних живих організмів.

До бактеріальної складової шахтних, рудничних і кар'єрних вод належать різноманітні мікроорганізми, переважно плісняві гриби, мікроби кишкової групи тощо.

Кількість завислих часток у шахтній і рудничній воді залежить від гірничо-геологічних і технологічних умов гірничої виробки і змінюється від 0,045 до 2–3 г/дм<sup>3</sup>. Так, середній вміст завислих речовин у шахтних водах Донецького басейну коливається в межах 0,15–0,55 г/дм<sup>3</sup>. Величина окремих часточок становить переважно 10–90 мкм.

На вміст зважених часток впливає величина водоприпливу в шахту, міцність і вологість порід та руд, потужність і структура продуктивного пласта, речовинний склад руди і породи.

При зволоженні і розмоканні порід у воду переходять важко-осаджувані глинисті частки, які мінералогічно представлені каолінітом, аргілітом, монтморилонітом, алевритом тощо.

Мінералізація шахтних вод коливається в широких межах як за вмістом, так і складом різних солей.

Кількість мінеральних солей може значно змінюватися навіть у межах однієї шахти, однак для кожного окремого вугільного чи рудного басейну ці зміни мають певні межі (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Об'єми і мінералізація шахтних вод по окремих виробничих об'єднаннях Донбасу

п/п	Виробниче об'єднання	Об'єм мінералізованих скидних шахтних вод				Водоприймач скидних вод
		всього, млн м <sup>3</sup> /рік	в т. ч. з мінералізацією, г/дм <sup>3</sup>			
			до 3	3–5	понад 5	
1	Макіївкавугілля	66,28	24,77	10,70	30,81	рр. Кальміус, Міус
2	Червоноармійськвугілля	77,58	33,57	39,40	4,60	рр. Сів. Донець, Самара
3	Луганськвугілля	52,71	42,29	10,42	-	р. Сів. Донець
4	Донецьквугілля	59,00	8,01	40,60	10,40	рр. Самара, Кальміус

5	Донбасантрацит	88,85	10,76	17,20	0,92	рр. Сів. Донець, Міус
6	Кадіїввугілля	55,17	10,44	10,20	4,53	р. Сів. Донець
7	Ростоввугілля	66,58	29,08	28,21	9,29	р. Сів. Донець
8	Гукововугілля	51,69	6,22	14,28	31,19	р. Сів. Донець

У різних вугільних басейнах зустрічаються як прісні, так і солонуваті і сильносолонуваті шахтні води.

Як видно з табл. 1.1, у Донецькому басейні шахтні води належать до слабосолонуватих і солоних вод.

На шахтах Донбасу і близької до нього Ростовської області Російської Федерації зазначені води найчастіше належать до сульфатного класу натрієвої групи II-го типу, рідше – до гідрокарбонатного і хлоридного класів магнієвої, натрієвої і кальцієвої груп. Іонний склад і загальний вміст солей у шахтних водах також змінюється в доволі широких межах (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Іонний склад води деяких шахт виробничих об'єднань Донецьквугілля і Сніжнеантрацит (мг/дм<sup>3</sup>)

Іон	Шахта		
	Петрівська	Тернавська	Зоря
Na <sup>+</sup>	1523	3000	100
K <sup>+</sup>	32	57	19
Ca <sup>2+</sup>	142	212	212
Mg <sup>2+</sup>	145	120	120
Cl <sup>-</sup>	1635	5760	344
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1397	390	420
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	622	-	639
Загальний вміст солей	5014	9540	1844

Рудничні (кар'єрні) води найбільш відомих вугільних розрізів (Кузнецький і Підмосковний вугільні басейни Російської Федерації, Олександрійський вугільний регіон України тощо) характеризуються помірною (3–6 мг-екв/дм<sup>3</sup>) жорсткістю.

Води шахт Донбасу мають жорсткість 15–30 мг-екв/дм<sup>3</sup>. На деяких шахтах Донецького басейну зустрічаються кислі шахтні води з рН від 2,5 до 3,2.

Ці води належать до сульфатно-хлоридного класів кальцієвої і магнієвої груп і відзначаються підвищеним вмістом заліза і алюмінію, солі яких у відкачуваних водах легко гідролізують.

Внаслідок цього концентрація водневих іонів у таких водах ще більше зростає, а рН зменшується.

Наявність підвищеного вмісту заліза у воді (90–720 мг/дм<sup>3</sup>) і його гідроліз надає скидним шахтним водам бурого забарвлення.

Вміст органічних речовин у шахтних і кар'єрних водах змінюється у широких межах. У водах Донецького басейну він досягає 6,5–40 мг/дм<sup>3</sup> (за біхроматної окиснюваності води).

Величини біохімічної потреби в кисні суттєво коливаються навіть у межах одного басейну. Води шахт Донбасу та об'єднання Ростоввугілля мають БСК<sub>5</sub>, що дорівнює 0,36–85,9 мг/дм<sup>3</sup>.

Наявність нітратів у шахтних і кар'єрних водах свідчить про забруднення їх продуктами розпаду тваринного походження. Зазвичай вміст нітратів і амонійних іонів у воді невеликий: 1–13 і 0,1–0,8 мг/дм<sup>3</sup> відповідно.

Бактеріальне забруднення зазначених вод зумовлене надходженням до них продуктів гниття органічних матеріалів і субстратів, живих мікроорганізмів. Останні створюють сприятливі умови для розвитку патогенних бактерій, які можуть спричиняти різні шлунково-кишкові захворювання (черевний тиф, дизентерію тощо).

Шахтні води характеризуються помірним бактеріальним забрудненням. Їх колі-титр звичайно лежить у межах 0,01–0,001 см<sup>3</sup>.

Слід відзначити, що до шахтних і кар'єрних вод перед їх скиданням у поверхневі водні об'єкти часто додаються стічні води гірничодобувних (вугледобувних) підприємств як цілісних промислово-господарських інфраструктур.

Тому загалом скидні води цих інфраструктур поділяються на такі класи: попутно забрані (шахтні, кар'єрні, дренажні), виробничо-технологічні (технологічні, охолоджуючі, промивно-знепилюючі), поверхнево-схилові



(дошові, талі, поливально-мийні), господарсько-побутові (банно-пральні, господарські мийні, локальні каналізаційні).

За масштабами інтегрального впливу на навколишнє середовище однією з найбільш складних галузей гірничодобувної промисловості завжди була і залишається вугільна промисловість.

До характерних напрямів негативного впливу на довкілля вугледобувних і вуглезбагачувальних підприємств належать:

- забруднення водних об'єктів шахтними, кар'єрними (при відкритому добуванні вугілля), виробничими і господарсько-побутовими скидними і стічними водами, порушення гідрологічного режиму поверхневих вод, гідродинамічного і гідрохімічного режиму підземних вод;
- вилучення із землекористування і порушення земель, забруднення їх відходами добування і переробки вугілля;
- забруднення повітряного басейну викидами гірничо-транспортного обладнання, промислових і комунальних котелень, аспіраційних систем, відвалів і териконів, що горять.

Підприємства вугільної промисловості відкачують дуже великі об'єми шахтних вод.

Загалом гірничі виробництва скидають до регіональної гідрологічної мережі близько  $10 \text{ м}^3$  шахтних вод на 1 т добутого вугілля чи руди.

Якісний склад шахтних вод досить різноманітний і суттєво змінюється по вугільних басейнах, родовищах, районах. Їх скидання в наземну гідрографічну мережу викликає відчутне замулення, засолення та закислення водойм і водотоків, порушуючи тим самим екологічну рівновагу у водних об'єктах вугільних басейнів.

Постійна передислокація гірничих робіт на більш глибокі горизонти і значне ускладнення внаслідок цього гідрогеологічних умов призводять до подальшого зростання об'ємів і забрудненості вод, що забираються попутно, різноманітними органічними і мінеральними речовинами, а також

виснаження підземних водоносних горизонтів, у тому числі насичених чистою питною водою.

Шахти Донбасу при цьому відкачують більш мінералізовані води з діючих гірничих виробок.

Шахтні і кар'єрні води часто скидаються у ставки з повністю фільтруючим ложем без будь-якої демінералізації.

Такі води фільтруються через дно ставків-накопичувачів, надходять у ґрунти і водоносні горизонти, що призводить до їх інтенсивного засолення.

#### **1.4 Методи очищення скидних вод гірничодобувного виробництва**

У нашій країні і за кордоном застосовуються механічні, фізико-хімічні, хімічні (реагентні), електрохімічні та деякі інші методи очистки скидних вод гірничодобувних підприємств.

Механічні методи (відстоювання, фільтрування, виділення твердої фази під дією відцентрових сил, ущільнення осадів на центрифугах і вакуум-фільтрах) використовуються в основному як попередні методи очистки.

Вони звільняють воду тільки від механічних домішок різної крупності, тобто освітлюють її.

При хімічних методах очистки застосовують реагенти для зміни хімічного складу домішок або їх структури (коагулювання, флокулювання, нейтралізація, оброблення хлором тощо).

Фізико-хімічні методи полягають у вилученні шкідливих домішок шляхом зміни агрегатного стану води (дистиляції, виморожування), впливу на неї ультразвуком, опроміненням ультрафіолетовими променями, обробкою екстракційними реагентами.

Освітлення шахтних, рудничних і кар'єрних вод здійснюється шляхом їх відстоювання і фільтрування.

Для прискорення процесу відстоювання застосовують попередню хімічну (реагентну) обробку води.

Для цього до неї додають реагенти (коагулянти, флокулянти), які мають заряд, протилежний заряду завислих часток: сірчаноокислий алюміній ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ), сірчаноокисле і хлорне залізо ( $\text{FeSO}_4$  і  $\text{FeCl}_2$ ), поліакриламід (ПАА), поліетиленімін (ПЕІ).

Відстоювання здійснюється в ставках-освітлювачах, відстійниках різних конструкцій (горизонтальних радіальних, вертикальних, тонкошарових).

Видалення зважених часток після їх утворення та агрегування здійснюється також під впливом відцентрових сил. Застосування відцентрових пристроїв (відкритих чи напірних гідроциклонів, мультициклонів) доцільне для очистки вод, що містять багато великих важких зависей.

Контактні освітлювачі забезпечують ефективну очистку каламутної води із вмістом зависі до  $150 \text{ мг/дм}^3$ . Вони характеризуються високою ємністю щодо бруду, великою тривалістю міжпромивного періоду.

Після попереднього освітлення у відстійниках, освітлювачах чи гідроциклонах для досягнення необхідної якості (згідно з нормативними показниками) воду доочищують шляхом фільтрування.

Для цього використовуються мікрофільтри, фільтри із зернистим завантаженням, контактні освітлювачі, швидкі і надшвидкі напірні фільтри, які забезпечують розділення твердої і рідкої фаз, виділення тонкодисперсних, а також колоїдних твердих і рідинних часток.

Знезараження води здійснюється зразу після її освітлення. Необхідність цієї технологічної операції зумовлюється тим, що освітлення шахтної (рудничної) води не забезпечує повного видалення з неї бактеріальної і вірусної мікрофлори, у тому числі хвороботворної. Тому освітлені стічні води перед їх повторним використанням, зокрема технічним чи відведенням у різні водойми, обов'язково піддають надійному знезараженню. Знезараження здійснюють хлоруванням, озонуванням, дією інших сильнодіючих окисників, бактерицидним опроміненням. Найпоширенішим

на сьогодні методом знезаражування є хлорування води. При цьому використовуються такі реагенти, як зріджений хлор ( $\text{Cl}_2$ ) і гіпохлорит натрію ( $\text{NaClO}$ ).

Реагентне видалення з води кальцію і магнію спрямоване на оптимізацію (відповідність нормативам) такого показника її хімічного складу, як "твердість". Йони кальцію і магнію ( $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$ ) можуть бути видалені зі скидних шахтних та кар'єрних вод у вигляді карбонату кальцію і гідроксиду магнію ( $\text{CaCO}_3$  і  $\text{Mg(OH)}_2$ ) шляхом реагентного "пом'якшення" цих вод содово-вапняковим чи содово-каустичним методами.

При содово-вапняковому методі гідроксид кальцію витрачається на осадження солей, які зумовлюють карбонатну і магнієву твердість води, а карбонат натрію видаляє солі некарбонатної кальцієвої твердості. При содово-каустичному методі, який застосовується значно рідше, їдкий натр осаджує іони магнію, а сода – іони кальцію. Зазвичай ці процеси здійснюються у відстійниках чи освітлювачах. Часто реагентне пом'якшення води проводиться одночасно з процесом коагуляції зважених у ній часток в одних і тих же пристроях (коагулянт – сульфат заліза). Найраціональнішим способом вилучення іонів кальцію з води є декарбонізація її вапном або декальціонування з допомогою їдкого натру чи соди у вихрових реакторах.

Найбільш ефективним і освоєним технічно методом знешкодження солонуватих і солоних шахтних і кар'єрних вод є їх опріснення (демінералізація) перед скиданням у природні водотоки і водойми.

Опріснення шляхом дистиляції тривалий час домінувало серед усіх інших методів, що застосовувалися для цього. Цей метод дозволяє будувати і використовувати багатокорпусні потужні випарники будь-якої продуктивності. Однак за енергетичними витратами він є найдорожчим.

За сумарною продуктивністю другим методом опріснення води (після дистиляційного) є електродіаліз. Для мало- і середньомінералізованих вод (3–10 г/дм<sup>3</sup>) цей метод можна також вважати достатньо прийнятним і за економічними критеріями.

На сучасному етапі технічного розвитку гірничодобувного комплексу для демінералізації шахтних і кар'єрних вод найбільш економічно вигідним можна вважати метод зворотного осмосу.

Перспективним напрямом у його практичній реалізації є застосування динамічних мембран. Такі мембрани формуються в процесі фільтрування опріснюваної води, до якої додаються спеціальні дисперсні добавки, через пористі підложки з відповідним розміром фільтруючих пор. Проникність таких мембран на порядок вища від проникності значно поширених ацетилцелюлозних мембран, крім того, вони дуже легко регенеруються.

Головним недоліком мембранних методів опріснення води (електродіалізу і зворотного осмосу) є невисокий ступінь концентрування солей (лише в 3–5 разів). До того ж їх широкому застосуванню перешкоджає відсутність ефективних способів утилізації розбавлених розсолів, що утворюються на опріснювальних установках, та утворення осадів на мембранах.

Для успішної роботи технологічної мембранної апаратури вміст завислих речовин у воді, яка опріснюється, має відповідати нормам, прийнятим для питної води (до 1,5 мг/дм<sup>3</sup>). Вивільнення шахтних вод від зависей і колоїдів до такого рівня, а також від мікроорганізмів може бути досягнуто шляхом коагуляції зазначених домішок із сульфатом алюмінію або хлоридом заліза (III).

При опрісненні води електродіалізом існує два технологічних бар'єри: карбонатний і сульфатний. Перший із них зумовлюється відкладенням на мембранах карбонату кальцію, другий – сульфату кальцію. Через це із шахтної, кар'єрної (рудничної) води перед електродіалізом необхідно вилучити іони кальцію до концентрацій 0,05–1,0 мг-екв/дм<sup>3</sup>. Такий високий ступінь декальціонування води перед електродіалізом може бути досягнутий тільки із застосуванням Na-катіонування або додаткового фосфатного пом'якшення. Регенераційні розчини хлориду натрію для натрій-катіонних фільтрів можна легко отримати при комплексній переробці шахтних вод. За

іншою схемою застосування електродіалізу для декальціювання води доцільно проводити реагентним методом, а додаткове пом'якшення її здійснювати на катіонітових фільтрах.

Підвищений вміст у шахтних водах розчинених органічних речовин погіршує перебіг процесу електродіалізу, тому їх концентрації не повинні перевищувати нормативів, установлених для води джерел господарсько-побутового і питного водопостачання. При опрісненні води мембранними методами особливо небезпечним є підвищений вміст іонів і інших розчинених сполук заліза і марганцю. Концентрація заліза не повинна перевищувати 0,1 мг/дм<sup>3</sup>.

Для запобігання біологічним обростанням у мембранних апаратах і трубопроводах доцільно здійснювати попереднє хлорування опріснюваної води дозами, які дають концентрацію залишкового хлору 0,3–0,5 мг/дм<sup>3</sup>. В електродіалізаторах для цієї мети може використовуватись хлор, який виділяється в анодній камері [1].

## 2.ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ ТЕРМОПЛАСТІВ

### 2.1 Подрібнення відходів термопластів

Однією з первинних операцій, що змінюють якість полімерних відходів перед переробкою, є подрібнення. Практично усі процеси переробки відходів, за винятком спалювання і піролізу, включають як одну з основних операцій подрібнення. У більшості технологій переробки полімерних відходів подрібнення поєднане з миттям.

З відомих методів отримання дрібнодисперсних полімерних відходів для подрібнення відходів термопластів найбільш прийнятним є спосіб механічного подрібнення.

В Україні найбільш поширений подрібнювач типу ИРНП-300-600-5/3, розроблений Харківським СКТБ "Машприборпластик" (рис 2.1). Подрібнювач призначений для подрібнення відходів вторинних термопластів у вигляді порожнистих виробів, плівкових відходів, кускових і литих термопластів завтовшки не більше 10 мм. Для грубого подрібнення полімерних відходів у вигляді шматків більше 10 мм застосовують стрічкові і дискові пили, важільні ножиці, ножові дробарки.

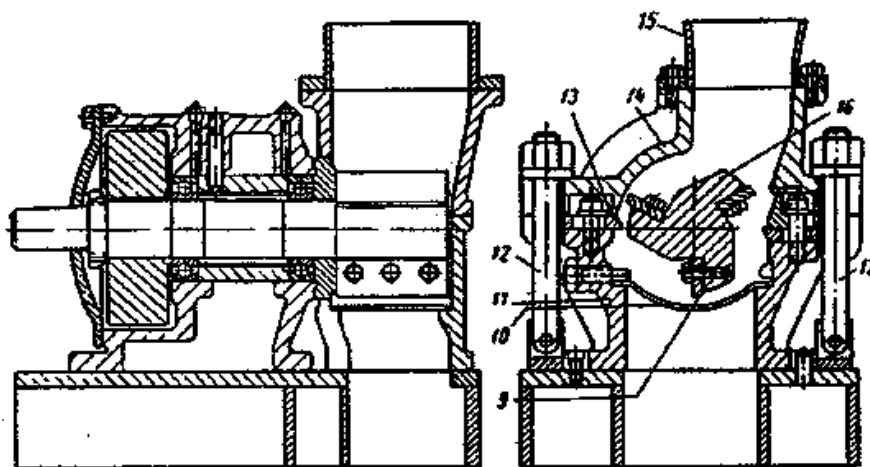


Рис. 2.1 – Подрібнювач відходів термопластів

Західні технології подрібнення об'ємних полімерних відходів передбачають попереднє подрібнення за принципом ножиць безпосередньо в камері подрібнення установки. При цьому потужність, споживана механізмом попереднього подрібнення, складає 10 % від потужності, споживаної основним подрібнюючим механізмом. Загальне споживання електроенергії значно знижується порівняно з енерговитратами аналогічних установок без механізму попереднього подрібнення.

## **2.2 Просушування, розподіл і транспортування термопластів**

Відповідальною операцією підготовки полімерних відходів є миття початкової полімерної сировини гарячою або холодною водою із застосуванням і без застосування миючих засобів.

Як правило, відходи полімерної сировини на переробку поступають із забрудненістю 5..27 %. У практиці в основному використовують традиційні "мокрі" способи очищення полімерних відходів. Для попереднього очищення полімерних відходів ще не створені спеціальні установки.

Для подальшої переробки відмиті відходи необхідно піддати сушці.

Найбільш рекомендований *метод вихрового просушування*. Матеріал сушиться під дією відцентрових сил. Вода видаляється через нижню частину корпусу, а осушений матеріал виноситься потоком повітря. Видалення вологи від полімерних відходів після миючо-різального агрегату частково відбувається при транспортуванні в шнековому транспортері (рис. 2.2).



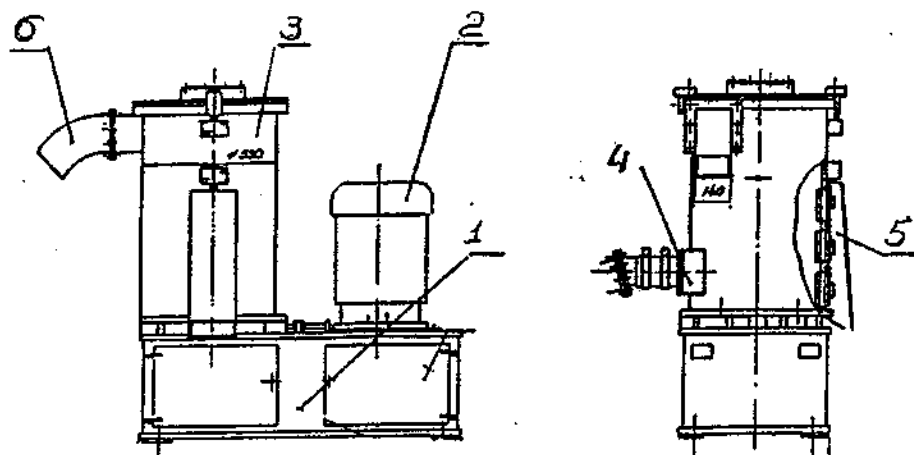


рис. 2.2 – Блок просушування (1 – станина; 2 – електродвигун; 3 – корпус; 4 – патрубок завантаження; 5 – лоток зливання води; 6 – патрубок вивантаження)

Розподіл відходів полімерних матеріалів по видах полімерів у великих промислових об'ємах не знайшов широкого застосування.

Розподіл композитних сумішей полімерних відходів ґрунтується на відмінності фізичних властивостей матеріалів: щільності, змочуваності, температури плавлення, розмірів часток.

Найбільше застосування в практиці при переробці полімерних відходів потужністю до 1500 т/рік отримав *метод флотації в рідкому середовищі*. У рідких розчинах з щільністю більше 1 г/мл можна розділити полістирол, полівінілхлорид і поліетилен.

Метод флотації дозволяє розділяти суміші відходів термопластів: поліетилену, полістиролу, поліпропілену і полівінілхлориду.

Розподіл полімерів методом флотації здійснюється при додаванні у воду поверхнево-активних речовин, які вибірково змінюють їх гідрофільні властивості. Методи флотації і розподілу у важких середовищах є найбільш ефективними і економічно доцільними. Інші методи розподілу промислового застосування не отримали.

Економічно доцільно використовувати змішані полімерні відходи без розподілу. Дослідження підтверджують еколого-економічну доцільність виготовлення продукції з композитних полімерних відходів для потреб комунального господарства міста: плит тротуарних, люків і кришок каналізаційних колодязів, ґрат магістральних дощоприймачів, безнапірних полімерних труб та ін.

### **2.3 Агломерація подрібнених відходів термопластів**

Агломерація і гранулювання полімерних відходів є завершальною операцією підготовки вторинної сировини для її переробки у виробі.

Ця стадія особливо важлива для поліетилену, відходів з сільськогосподарської плівки, пакувальної тари і інших подібних полімерних матеріалів.

В процесі агломерування і гранулювання відбувається ущільнення полімерного матеріалу, полегшується його подальша переробка, усереднюються характеристики вторинної сировини, внаслідок чого отримують матеріал, який можна переробляти на стандартному устаткуванні.

Великий вплив на якість вторинної полімерної сировини здійснюють дозоване завантаження установок екструзій полімерними відходами. Мінімальна насипна щільність відходів має бути не менше  $250 \text{ кг/м}^3$ . Сировинні відходи з меншою щільністю ущільнюються перед завантаженням в бункер екструдера. Нерівномірність завантаження екструдера призводить до пульсації тиску полімерної сировини.

Агломератор призначений для подрібнення, очищення, попередньої підсушування полімерів і агломерації їх методом спікання дрібнодисперсних подрібнених плівкових відходів. Він може бути використаний як для проведення повного циклу переробки полімерів, так і у поєднанні з іншими апаратами для проведення однієї або декількох стадій з наступною переробкою в інших апаратах, а також вбудованих в технологічну лінію

переробки вторинних полімерів. Підготовка ущільнення полімерних відходів буде економічнішою при об'єднанні процесів подрібнення і агломерації в одній механізованій установці.

Для "вирівнювання" гранулометричного складу агломерат піддають подальшій переробці в гранули на пресах-екструдерах. На таких екструдерах ефективно переробляються практично усі види вторинних термопластів при насипній щільності подрібненої полімерної сировини від 50 до 300 кг/м<sup>3</sup>. Розміри часток агломератів багато в чому залежать від матеріалу, що переробляється, і режимів проведення процесу агломерації.

#### 2.4 Виробництво гранул і профільних виробів методом екструзії

Гранулювання є завершуючим етапом підготовки полімерної сировини у вторинний гранульований матеріал. Загальна технологічна схема гранулювання наведена на рис.2.3.



рис. 2.3 – Загальна технологічна схема гранулювання

Гранулюючий пристрій включає формуючий інструмент, гранулятор і пристрій для охолодження гранул.

На практиці використовують різні способи гранулювання :

- гранулювання безпосередньо на фільтрі. Різання розплаву полімеру здійснюють на виході після фільтри. Міцність гранул забезпечується

охолодженням їх в місці різання повітрям. Остаточне охолодження гранул здійснюється водою

- сухе гранулювання на фільтері. Різання розплаву безпосередньо на фільтері здійснюється за допомогою ножів, що обертаються. При гранулюванні використовується повітряне охолодження. Цей спосіб застосовують при незначній прилипаємості розплаву до металів (полівінілхлорид, поліолефіни);
- гаряче гранулювання в зволоженому середовищі. Різання розплаву безпосередньо на площині фільтери здійснюється ножами, що обертаються, а зміцнення зрізів досягається водяним пилом. Остаточне охолодження здійснюється холодним повітрям. Спосіб застосовують для полімерів з схильністю прилипати до металевих поверхонь, але відносно малою міцністю розплаву;
- напівмокрый спосіб гранулювання з гарячим різанням. Гаряче різання у водяному тумані супроводжується охолодженням водою. Спосіб застосовують для матеріалів з відносно високою міцністю розплаву, але схильних прилипати до металевих поверхонь;
- підводне гранулювання. Різання здійснюється ножами, зміцнення зрізу і охолодження гранул здійснюються водою. Цей спосіб використовують при переробці матеріалів з малою міцністю розплаву, а також при великотоннажному виробництві гранул, коли екструдери розвивають високу продуктивність (більше 1000 кг в годину);
- холодне гранулювання. Видавлюють заготівки у вигляді круглих прутків або стрічок, які заздалегідь охолоджують повітрям або водою, а потім ріжуть спеціальним різальним пристроєм. Найчастіше в голівці грануляторів формуються стренги або стрічки, які гранулюються після охолодження у водній ванні.

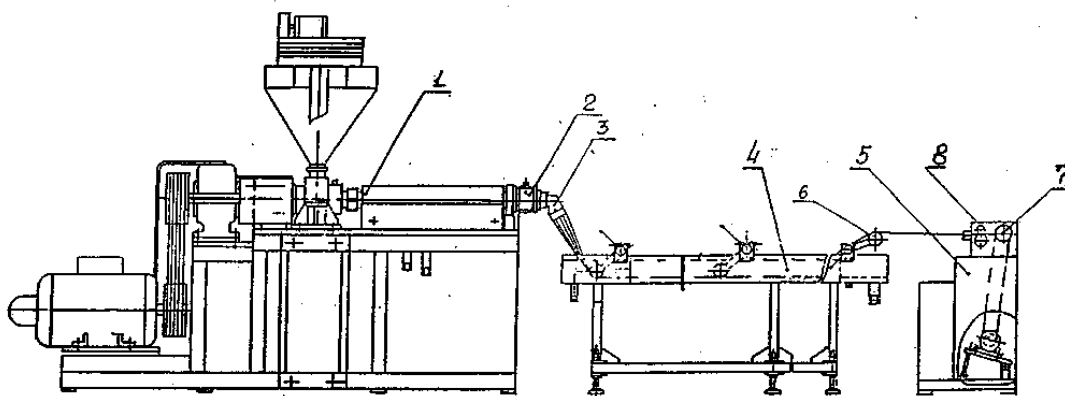


Рис. 2.4 – Лінія гранулювання: 1 – екструдер; 2 – фільтр; 3 – стренгова голівка; 4 – ванна охолодження; 5 – гранулятор; 6 – пристрій для натягування; 7 – різак гранул; 8 – пристрій для введення сировини

Продуктивність процесу гранулювання залежить від виду вторинного полімеру. Для вторинних відходів поліетилену низької щільності продуктивність складає 50-100 кг/год.

## 2.5 Технологічна лінія переробки відходів термопластів

Проблема переробки полімерних відходів методом рециклінга визначається в першу чергу інтересами захисту довкілля.

З точки зору екологічних аспектів утилізація відходів полімерних матеріалів потрібна, оскільки вони є одним з джерел забруднення довкілля (рис. 2.5).

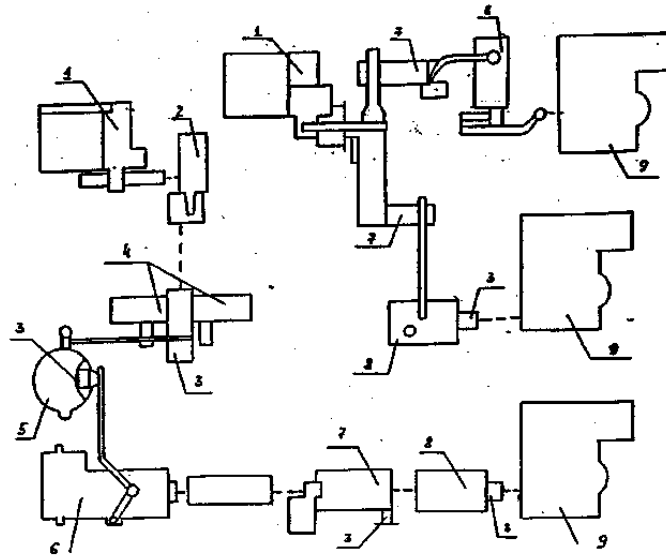


Рисунок 2.5 – Принципова схема технології переробки плівкових полімерних відходів: 1 – миюче-різальний агрегат; 2 – віджимний агрегат; 3 – вентилятор пневмотранспорту і підсушування; 4 - агломератор; 5 - бункер-накопичувач; 6 - лінія гранулювання; 7 - віброрито; 8 - сушарка; 9 - бункер-накопичувач, 10 - ванна розділова флотаційна; 11 – пневмотранспорт

Найбільш перспективним способом переробки композитних сумішевих відходів термопластів є технології, що дозволяють переробляти композитні суміші різних термопластичних полімерів в готові вироби без помітного погіршення їх фізико-механічних властивостей.

Технологічний регламент передбачає переробку вторинної полімерної сировини, що є плівковими відходами з ПЕВТ і ПЕНТ (ТУ63-032-1-89), в гранульований вторинний поліетилен (ТУ У24.1-03361715-001-2002), отриманий методом рециклінга на лінії переробки плівкових відходів продуктивністю 100 кг/год. Метод переробки заснований на подрібненні побутових плівкових відходів з наступним високоефективним відмиванням, агломерацією і грануляцією вторинного поліетилену.

Технологічні процеси подрібнення, миття, агломерації, грануляції і міжапаратного транспортування сировини і напівпродуктів здійснюються на устаткуванні, скомпонованому в лінію по переробці відходів полімерних матеріалів, розробленій і виготовленій інженерним підприємством

"Екотехніка", допрацьованою і модернізованою у ТОВ "Харьков-вторполимер". Технологічний процес підготовки і переробки плівкових відходів складається з одного технологічного потоку. Продуктивність лінії – 100 кг/год.

Вторинний поліетилен випускають у вигляді гранул, які в межах однієї партії мають бути однакової геометричної форми і розмір їх в будь-якому напрямі має бути від 2 до 6 мм.

Вторинний гранульований поліетилен використовують для виготовлення технічних виробів і предметів споживання, що не контактують з харчовими продуктами.

При надходження полімерних відходів на переробку початкова сировина на вхідному контролі повинна відповідати таким характеристикам:

- сировина полімерна, вторинна (відходи споживання), необроблена згідно вимог ТУ 63-032-1-89 "Сировина полімерна вторинне необроблена";
- полімерна сировина повинна заготовлюватися відповідно до діючих санітарних правил обробки вторинної сировини;
- полімерна сировина повинна заготовлюватися і поставлятися переробним підприємствам по групах відповідно до вимог ТУ 63-032-1-89;
- для полімерної сировини показник плинності розплаву має бути не менше 0,05 г/хв.;
- полімерна сировина не повинна містити сторонніх домішок у вигляді макулатури, ганчір'я, металу, дерева, гуми, скла, полімерів іншого виду;
- не допускається використання мішків з-під отрутохімікатів;
- полімерна сировина в місцях збору повинна піддаватися ретельному очищенню;
- полімерна вторинна сировина на переробку поставляється тільки в упакованому виді в тюках масою до 100 кг, за узгодженням із споживачем допускаються інші види упаковки, що забезпечують збереження і якість полімерної сировини при її транспортуванні і зберіганні.

Переробку вторинних полімерних плівкових відходів здійснюють на технологічній лінії, що складається з комплексу устаткування по переробці плівкових відходів з ПЕВТ і ПЕНТ в гранули.

Технологічна схема виробництва по переробці плівкових відходів складається з таких стадій як складування плівкових відходів на складі; транспортування сировини до технологічної лінії; завантаження в миючо-різальний агрегат; подрібнення і миття; відділення вологи; агломерація; гомогенізації і пластикації; гранулювання; відділення вологи від гранул; сушки гранул; транспортування гранул в бункер-накопичувач; зважування; контролю якості готової продукції; транспортування на склад готової продукції.

Агломерат, що утворився, підсушується в агломераторі протягом 1,5-2 хв., після чого вивантажується. Вивантаження відбувається за рахунок відцентрових сил через отвори в нижній частині установки при відкритій заслінці і здійснюється у приймальний лоток пневмотранспорту. З приймального лотка матеріал пневмотранспортом по трубопроводу подається в проміжний бункер-накопичувач.

Для вивантаження матеріалу з бункера необхідно відкрити шибер на патрубку. З патрубка матеріал поступає в приймальний лоток пневмотранспорту і по трубопроводу подається в завантажувальний бункер пресу черв'ячного (екструдера) гранулювання, що входить до складу лінії (рис.2.6).





Рис. 2.6 – Лінія гранулювання переробки полімерних відходів плівки

Прес черв'ячний призначений для пластикації і гомогенізації термопластів. Він складається із станини, на якій встановлено два матеріальні циліндри з шнеками, що приводяться в обертання загальним приводом за допомогою електродвигуна.

Матеріал із завантажувального бункера поступає в циліндри двошнекового пресу, захоплюється шнеками і подається уздовж циліндра. Глибина витків шнека у напрямі руху матеріалу зменшується відповідно до зон завантаження агломерату, стискування і дозування.

Під впливом тепла від нагрівачів, а також за рахунок тепла, що виділяється від тертя робочої гвинтової поверхні шнека і циліндра з матеріалом, що переробляється, останній плавиться і транспортується із зони завантаження у напрямі зон стискування і дозування.

Технічні рішення даних технологій переробки полімерних відходів забезпечують усі нормативи охорони довкілля без перевищення норм ГДК шкідливих речовин, що виділяються, в процесі рециклінгу полімерів.

В процесі переробки відходів полімерних матеріалів використовується сировина полімерна вторинна необроблена, яка за нормальних умов не

виділяє в довкілля токсичних речовин і не здійснює при безпосередньому контакті впливу на організм людини. Робота з нею не вимагає особливих заходів обережності.

При переробці при температурі понад 140 °С можливе виділення летких продуктів термоокислювальної деструкції, що містять шкідливі речовини, склад і характеристики яких наведені у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристики летких продуктів термоокислювальної деструкції

Матеріал	Найбільш характерні шкідливі речовини для цієї групи матеріалу				Рекомендації з фільтрації та знезараження
	Найменування	Кількість, г/кг	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки	
Поліетилен	Формальдегід	0,008	0,5	2	Розсіювання через трубу з факельним викидом
	Ацетальдегід	0,07	5,0	3	
	Органічні кислоти в перерахунку на оцтову	0,4	5,0	3	
	Окис вуглецю	0,8	20,0	4	
	Аерозоль поліетилену	0,004	10,0	3	Уловлювання фільтрами

Технологічна лінія переробки одноразового посуду з полістиролу, поліпропілену і поліетилену по окремих стадіях технологічного процесу мало відрізняється від технології переробки плівкових полімерних відходів.

## 2.6 Тенденції розвитку технологій переробки відходів термопластів

Для переробки полімерних матеріалів найбільше поширення і визнання отримали одночерв'ячні машини з осьовим переміщенням, які дозволяють переробляти нетермостабільні матеріал у тому числі вторинні термопласти.

Устаткування екструзії розвивається у напрямі безперервного вдосконалення горизонтальних одночерв'ячних і двочерв'ячних екструдерів, створення нових типів спеціальних екструдерів (вертикальних конічних,

адіабатичних), а також пошуку нових конструкцій безчерв'ячних і комбінованих екструдерів.

Модернізовані одночерв'ячні екструдери відрізняються застосуванням гідравлічного або електричного приводу, що забезпечує плавне регулювання швидкості обертання черв'яка, індукційних електричних нагрівачів з точним позонним контролем і автоматичним регулюванням температури циліндру і профілюючої голівки.

Для переробки у виробі відходів плівки, екструдованих і литих виробів, матеріалу у вигляді крихти довільної форми і різних розмірів застосовують комбіновані черв'ячні екструдери, оснащені плавильним диском.

Інтенсифікація процесів переробки відходів вторинних полімерів в готову продукцію визначає необхідність нових досліджень в цій області.

Потрібно передусім відмітити, що недостатньо повна інформація про фізико-хімічні явища, що відбуваються в полімерному матеріалі в процесі переробки, стримує науково-технічний прогрес в цій області.

Нині впровадження виробів з вторинних полімерних матеріалів в комунальному господарстві міста явно недостатнє, хоча потреба, наприклад, в безнапірних полімерних трубах для експлуатації каналізаційних систем, систем водопостачання безперервно зростає.

За умовами експлуатації виробів часто виникає необхідність забезпечення міцності. Іноді необхідно, щоб в результаті дії на матеріал певних чинників відбувалася різка зміна його міцності. Роботи в області впливу структури на експлуатаційні властивості полімерів показали, що в процесі їх переробки навіть чиста фізична або фізико-хімічна дія на полімерні матеріали дозволяє помітно змінювати їх властивості.

Уміння технологів забезпечити посилення матеріалів в заданих конструкторами напрямках є великим резервом економії полімерної сировини, сприяє розширенню сфер їх застосування і прогресу багатьох галузей науки і техніки, в яких вони використовуються.

Нині в Україні щорічно утворюється близько 6 млн. тонн відходів, серед яких майже 50 % складають відходи упаковки. Це відбувається в результаті підвищення культури споживання товарів і їх упаковки і, як наслідок, появи великої кількості одноразової упаковки.

Що стосується переробки пластмасової упаковки, то вона ще повністю не освоєна. Відходи пластмас піддаються утилізації в основному в чотирьох напрямках:

- використання при виготовленні аналогічної продукції (тобто використання як первинна пластмаса);
- використання при виготовленні продукції (тобто використання як вторинна пластмаса);
- переробка в хімічну сировину;
- спалювання.

Найперспективнішим є використання полімерних відходів як вторинної сировини. В цьому випадку практично повністю використовуються усі властивості полімерів з точки зору їх призначення. Вторинний полімерний матеріал використовують, як правило, у складі композиції з первинним полімером, в полімерних композиціях як самостійну (вторинну) полімерну сировину, а також як матрицю для композиції з мінеральними або органічними наповнювачами.

Вивчення концентрації і спеціалізації виробництва виробів з пластмас в різних економічних районах свідчить про те, що об'єднання випуску продукції в потужних спеціалізованих цехах не завжди забезпечує помітних переваг перед дрібними виробництвами. Динаміка зростання світового споживання і потужностей для виробництва полімерів з прогнозом дуже значна.

Приведена інформація про ринки таких полімерів, як поліпропілен (ПП) і поліетилен (ПЕ) (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Динаміка світового споживання і потужностей для виробництва ПП і ПЕ (тис. т)

	2000 р.		2005 р.		2010 р.		Середньорічне зростання (%)	
	ПЕ	ПП	ПЕ	ПП	ПЕ	ПП	ПЕ	ПП
Виробничі потужності	33865	13972	65304	38460	75205	42100	6,1	9,6
Споживання	30440	12500	50915	28143	60449	35620	4,8	7,7

Як бачимо, середньорічний приріст виробництва і споживання ПП за минуле десятиліття більш ніж в 1,6 разу перевищує ПЕ. Важливим показником є прогнозоване значне зниження темпів зростання виробництва ПП і ПЕ на тлі незначного зниження темпів зростання їх споживання.

Серійний випуск комплектних ліній по виробництву устаткування для переробки відходів в Україні не налагоджений. Тільки чотири підприємства пропонують устаткування для переробки відходів: УкрНДІпластмаш (м.Київ), ТОВ "Пластмодерн", Український ГПКТ інститут вторинних ресурсів та інженерне підприємство "Екотехніка" (м. Харків). Устаткування, що випускається цими підприємствами, розраховане передусім на переробку поліетиленових відходів. Устаткування для переробки ПЕТ-пляшок пропонують зарубіжні фірми "Еврема" (Австрія), "Систем Редома" (Швеція). На рівні дослідно-експериментального виробництва налагоджена переробка ПЕТ-пляшок у Львові і Кременчуці.

Удосконалюються установки і устаткування для переробки вторинних пластмас. Австрійська фірма "Еврема" запатентувала і розробила технологічну лінію по переробці ПЕТ-пляшок. Лінія складається з агрегату подрібнення-ущільнення, сушильного устаткування і кристалізаторів, що працюють при підвищеній температурі під вакуумом, екструдера з особливою геометрією шнеків. Технологічний процес дозволяє зберігати

характеристичну в'язкість матеріалу в межах, допустимих для повторного формування пляшок.

Зростання виробництва пляшкових пресформ, підвищення світових цін на нафту і, відповідно, на первинний поліетилентерефталат вплинули на активне формування в Україні ринку по переробці використаних ПЕТ-пляшок.

Ринок вторинного ПЕТФ розвивається і має великий потенціал. Існують декілька способів переробки використаних пляшок. Одним з них є глибока хімічна переробка вторинного ПЕТФ з отриманням диметилтерефталата (ДМТ) в процесі метанолізу або терефталевої кислоти і етилгліколя у ряді гідролітичних процесів. Проте такий спосіб переробки має істотний недолік – дорожняча процесу деполімеризації. Тому нині частіше застосовують відомі і поширені механо-хімічні способи переробки, в процесі яких кінцеві вироби формуються з розплаву полімеру.

Пляшковий напівпродукт поліетилентерефталату може бути використаний в таких технічних цілях:

- в процесі переробки у вироби вторинний ПЕТФ можна додавати в первинний матеріал;
- компаунд - вторинний ПЕТФ можна сплавляти з іншими пластиками (наприклад, з полікарбонатом) і наповнювати волокнами для виробництва деталей технічного призначення;
- отримання барвників для виробництва забарвлених пластикових виробів.

Очищені ПЕТФ-пластівці можна використовувати для виготовлення широкого асортименту товарів:

- текстильні волокна;
- набивальні і штапельні волокна;
- набивальний матеріал для м'яких іграшок, подушок і так далі;
- килимові покриття;
- покрівельні матеріали;
- покриття для підлоги автомобілів;

- плівки і листи (забарвлені, металізовані);
- піддони для заморожених продуктів;
- упаковка;
- пляшки для технічних рідин.

При цьому початковою сировиною для деполімеризації або переробки у виробі являються не пляшкові відходи, які могли пролежати деякий час на звалищі і є безформним сильно забрудненим матеріалом, а чисті пластівці ПЕТФ.

Концепція створення комплексної системи збору і утилізації полімерних відходів розглядає використання пластмасових відходів як основне джерело полімерної сировини. Це дозволяє створити сировинну базу, значно дешевшу в порівнянні з первинною полімерною сировиною, організувати випуск широкого асортименту недорогих матеріалів виробничо-технічного призначення.

Без втручання держави повторна утилізація пластмас здійсниться тільки там, де сукупність витрат по їх збору, сортуванню і переробці не перевищує граничну корисність кінцевого продукту.

Досвід роботи в цій галузі в Україні показує, що основний принцип при вирішенні проблеми утилізації полімерних відходів зводиться до раціонального, науково-обґрунтованого використання корисних властивостей полімерного матеріалу, що збереглися, до яких передусім відноситься його висока стійкість до агресивних середовищ.

Це вимагає застосування нових нестандартних технологічних процесів, малочутливих до розкиду фізико-хімічних параметрів вторинної полімерної сировини, накладає обмеження на номенклатуру виробів з полімерних відходів. Зокрема, виробі з полімерних відходів повинні мати великий термін експлуатації, принаймні не менше 10 років, що обмежить попадання їх на третинну переробку.

### 3. Висновок

Отже скидні води гірничодобувних і гірничо-збагачувальних підприємств та їх об'єднань у цілому є найпотужнішим чинником негативної дії на практично всі компоненти поверхневих водних об'єктів, що слугують приймачами чи накопичувачами зазначених вод.

Надходження останніх у природні водні об'єкти значно погіршує умови та ефективність господарсько-побутового водокористування, поливного землеробства на основі місцевих водних ресурсів, рибогосподарської діяльності тощо.

Зростання виробництва полімерів призвело до суттєвого зростання їх частки у твердих побутових відходах до 8–12 %, з них приблизно 80% складають відходи термопластів. Полімерні відходи у природних умовах розкладаються протягом 80-100 років, забруднюючи довкілля продуктами деструкції. При їх самовільному спалюванні у атмосферу можуть виділятися надзвичайно небезпечні речовини канцерогенної дії – діоксини і фурани.

В той же час відходи термопластів є цінною вторинною сировиною.

Їх переробка та повторне використання дозволить заощадити значну кількість первинних пластмас, які виробляються з нафтової сировини, а також знизити викиди у атмосферу.



## Список використаної літератури

1. Відходи виробництва і споживання та їх вплив на ґрунти і природні води : Навчальний посібник / [Савицький В.М., Хільчевський В.К., Чунар'ов О.В., Яцюк М.В.]; – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2007. – 152 с.