Т.П. ШАНІНА

ТЕХНОЕКОЛОГІЯ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСТЕТ

Т.П.Шаніна

ТЕХНОЕКОЛОГІЯ

Конспект лекцій

Одеса
"ТЕС-2004

ББК 28.081

Ш 63

УДК 504.6

Друкується за рішенням Вченої ради Одеського державного екологічного університету (протокол № 11 від 30.12.2004 р.).

Шаніна Т.П.

Техноекологія: Конспект лекцій. - Одеса: 2005. - 205с.

В конспекті лекцій викладені теоретичні основи взаємодії підприємств з довкіллям, з існуючими і перспективними технологічними процесами, які лежать в основі функціонування різних галузей господарства і найбільше впливають на навколишнє середовище, запропоновані методичні основи розрахунків цих впливів.

Конспект лекцій може бути використаний студентами денної і заочної форм навчання.

© Одеський державний екологічний університет, 2005

ЗМІСТ

Умовні скорочення. 4

Вступ 6

I Теоретичні основи взаємодії організацій з навколишнім середовищем 7

1.1. 1.1. Взаємодія господарської діяльності з ресурсами навколишнього середовища. 7

1.2. 1.2. Великі системи «Антропосфера» і «Навколишнє природне середовище». 14

II Антропогенний вплив організацій на навколишнє середовище 18

2.1 Енергетика 18

2.2. Транспорт 40

2.3. Видобувна промисловість 61

2.4. Металургія 82

2.5. Машинобудування 99

2.6. Хімічна промисловість 116

2.7. Нафтопереробка 132

2.8. Лісообробна промисловість 139

2.9. Промисловість будівельних матеріалів 153

2.10. Сільське господарство 169

2.11. Військові об’єкти та об’єкти ракетно-космічної техніки 185

Література 201

УМОВНІ СКОРОЧЕННЯ

АВТ - атмосферно-вакуумні установки
АЕС – атомна електростанція
АПК - агропромислові комплекси
АТ – атмосферно-трубчасті установки
АТП – автотранспортне підприємство
б(а)п – бенз(а)пірен
БСВ - бурові стічні води
БСК – біологічне споживання кисню
БШ - бурові шлами
В - маса палива
ВБР - відпрацьовані бурові розчини
ВТ - вакуумно-трубчасті установки
Г – електрогенератор
ГДКмр – гранично допустима концентрація (максимальна разова)
ГДКр-госп - гранично допустима концентрація (рибо-господарча)
ГДКсд – гранично допустима концентрація (середньодобова)
ДВЗ – двигун внутрішнього згоряння
ДМДС - діметилдісульфід
ДМС – діметилсульфід
ЕЛЗУ – електрозневоднююча (знесолююча) установка
ЄЕК - Європейська Економічна Комісія
К - конденсатор
КА - космічний апарат
КЕД - коефіцієнт екологічної дії
Ки - Кюрі
ККД або (η) - коефіцієнт корисної дії
КМА - Курська магнітна аномалія
КМЦ - карбоксиметилцелюлоза
ЛД – летальна доза
МАРПОЛ 73/78 - Міжнародна конвенція по запобіганню забруднення із суден 1973 року, що змінена Протоколом 1978 року
ММ – метилмеркаптан
МОР - мастильно-охолоджуючі рідини
НДМГ - несиметричний діметилгідразин
НКУ - наземний комплекс управління космічним апаратом.
НС - навколишнє середовище
ОР – отруйні речовини

ПАА - поліакриламід
ПАВ – поліциклічні ароматичні вуглеводні
ПАР – поверхнево активні речовини
ПГ - парогенератор
ПЗМ - паливно-змащувальні матеріали
ППС - промивочно-пропарювальна станція
ПХВ - поліхлорвініл
ПЯЦ – повний ядерний цикл
Р – ядерний реактор
РДТП - ракетний двигун на твердому паливі
РЕЗ – розчинно-емульгуючі засоби
РКТ - ракетно-космічна техніка
РН - ракета-носій
РРД – рідинний ракетний двигун
САОР – система аварійного охолодження реактора
СВ – стічні води
СК - стартовий комплекс
СЛА – система локалізації аварій
СРЗ – суднoремонтний завод
Т – турбіна
ТВЕЛ – тепловиділяючий елемент
ТЕС - теплоелектростанція
ТК - технічний комплекс
ТУП – тонна умовного палива
ХСК – хімічне споживання кисню
ХТП - хіміко-технологічний процес
ХТС - хіміко-технологічна система
ЧАЕС – Чорнобильська атомна електростанція
ШСЗ - штучні супутники Землі

ІСАО – Міжнародна авіаційна організація
ІМО - Міжнародна морська організація

$Q_{низч}$ - нижча теплота згоряння палива

$Q_{отр}$ - отримана енергія

$Q_{підв}$ - підведена енергія

$W_{ел}$ – електрична потужність електростанції

$W_т$ – теплова потужність електростанції

ВСТУП

“Техноекологія” – навчальна дисципліна, яка належить до циклу професійної та практичної підготовки бакалаврів за напрямом 0708 (“Екологія”) і викладається при підготовці за спеціальністю 6.070800 “Екологія та охорона навколишнього середовища”.

Мета вивчення цієї дисципліни – знайомство студентів з теоретичними основами взаємодії організацій з довкіллям, з технологічними процесами, які є основою функціонування різних галузей та найбільше впливають на навколишнє середовище, формування у студентів достатнього об’єму знань і умінь в області існуючих і перспективних технологій виробництва, з методиками розрахунків цих впливів, а також зі способами зниження антропогенного навантаження.

Після вивчення цієї дисципліни студент

повинен знати:

- теоретичні основи взаємодії антропосфери з довкіллям,
- технологічні основи взаємодії з довкіллям базових галузей господарства,
- переваги мало- та безвідходного виробництва.

Повинен уміти

- кількісно оцінити, тобто провести розрахунок кількості забруднювальних речовин, що надходять до навколишнього середовища від окремих технологічних процесів.

Вивчення цієї дисципліни засноване на знаннях, отриманих студентами при вивченні фундаментальних і спеціальних дисциплін: “Загальна екологія (та неоекологія)”, “Фізика”, “Хімія з основами біогеохімії”, “Безпека життєдіяльності”.

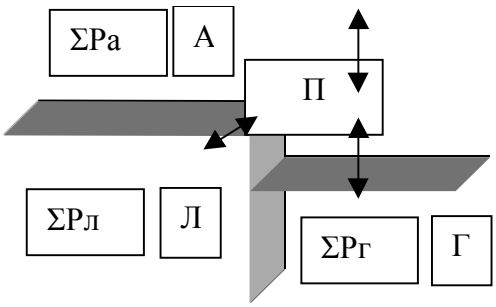
І ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВЗАЄМОДІЇ ОРГАНІЗАЦІЙ З НАВКОЛИШНІМ СЕРЕДОВИЩЕМ.

1.1. Взаємодія господарської діяльності з ресурсами навколишнього середовища.

Взаємодія господарської діяльності людини з ресурсами навколишнього середовища відбувається на декількох рівнях: технологічний процес - установка - виробництво - підприємство - галузь виробництва (випалення сировини – обертова цементна піч - виробництво цементу - цементний завод - будматеріали).

Найбільш характерною ланкою, що визначає умови взаємодії, є виробництво, оскільки розглядаючи окремі виробництва можна врахувати різні взаємодії технологічних процесів і установок, що входять у виробництво, а, розглядаючи сукупність виробництв з урахуванням взаємних зв'язків, можна визначити їх сумарний вплив в масштабах галузі або регіону.

Кожне виробництво взаємодіє з безліччю ресурсів навколишнього середовища(НС).



Напрям взаємодій.

Всі види взаємодій ведуть до змінення обох сторін, що беруть у них участь. З метою спрощення вирішення практичних задач часто змінами однієї із сторін нехтують.

До числа найбільш характерних впливів відносять:

- забруднення твердими, рідкими або газоподібними відходами,
- зміни температури, вологості, розподілу в просторі, змінення складу і структури,
- збудження коливань, випромінювань,
- радіоактивний вплив і т.д.

Забруднення НС - це будь-яке внесення в ту чи іншу екологічну систему невластивих їй живих (неживих) компонентів або структурних змін, перерива-

ючих кругообіг речовин, їх асиміляцію, потік енергії, внаслідок чого дана екосистема руйнується або знижується її продуктивність.

Причиною забруднення може бути будь-який фізичний агент, хімічна речовина або біологічний вид (головним чином - мікроорганізми), що потрапляє в навколишнє середовище чи виникає в ньому в кількостях, що виходять за межі своєї звичайної концентрації (граничних природних коливань) або середнього природного фону в розглядуваний час.

Кількісно показниками впливів є відхилення фактичних значень показників ($А_ф$) від природних значень ($А_п$):

$$В_{абс} = А_п - А_ф$$

Відношення абсолютного відхилення до нормованого характеризує відносний вплив:

$$В_{відн} = В_{абс}/А_п$$

Сумарний показник впливу для однакових видів ресурсів визначається як сума відносних відхилень по всім врахованим:

$$\Sigma В = \Sigma В_{відн} \cdot \tau,$$

де τ - тривалість впливу.

Класифікація впливів.

Розрізнюють природні і антропогенні впливи.

До природних відносять всі види впливів і процеси, виникнення яких не спричиняється людською діяльністю (землетруси, цунамі, пожежі, викликані блискавками, виверження вулканів, селі, а також всі природні процеси біологічного обміну, включаючи функціонування живих організмів і рослин).

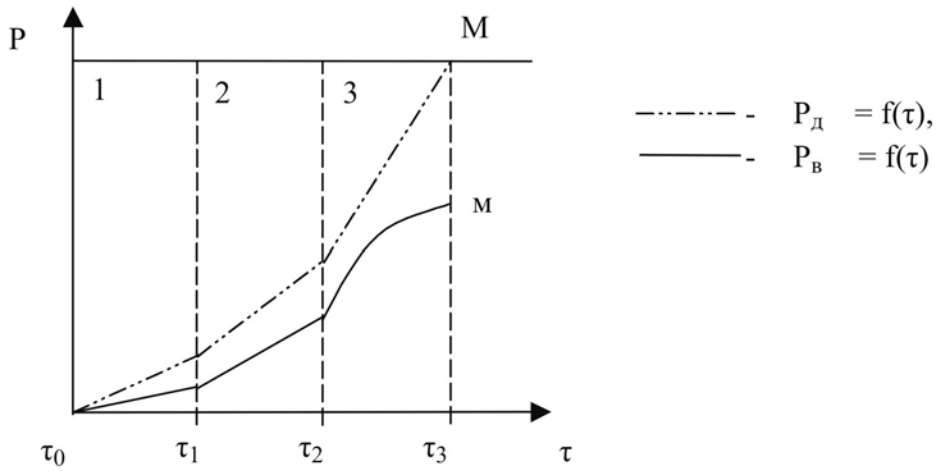
Антропогенні впливи поділяють на навмисні, які передбачені технологією виробництва (споживання ресурсів і відходи виробництва) і ненавмисні (аварійні і вторинні, що відбуваються в НС внаслідок впливу виробництв).

За масштабами розрізнюють локальні, регіональні і глобальні впливи.

По тривалості вони поділяються на миттєві (разові) і довготривалі: періодичні і постійні.

Поширений також розподіл впливів на кількісний (витрати ресурсів в локальному і глобальному масштабі, викиди, скиди, тверді відходи) і якісний (зміни характеристик ресурсів - якості води в Дністрі).

Етапи впливів. Розглянемо характер впливів на невідновлювані ресурси. В загальній схемі впливів на них виділяються три характерні етапи:



на 1 етапі від початку освоєння ресурсів, характеризуваним моментом часу τ_0 до початку їх інтенсивного використання τ_1 - приріст доведених ресурсів перевищує їх вибір (витрату, споживання), (τ_0 - τ_1):

$$dP_д/d\tau \rangle dP_в/d\tau;$$

на 2 етапі - в період інтенсивного використання ресурсів (τ_1 - τ_2):

$$dP_д/d\tau \approx dP_в/d\tau,$$

тобто приріст доведених ресурсів приблизно забезпечує зростаючу витрату ресурсів;

на 3 етапі - в період «понадінтенсивного» використання (τ_2 - τ_3) витрата ресурсів перевищує їх приріст:

$$dP_д/d\tau \langle dP_в/d\tau,$$

що неминуче веде до вичерпання ресурсів.

Кількісним показником переходу від одного етапу до іншого є змінення коефіцієнта кратності даного виду ресурсів:

$$К = P_д/\Delta P_в,$$

Де $\Delta P_в$ - середньорічна витрата ресурсів.

Для окремого регіону, країни

$$К_{кр} = P_{д\ кр}/\Delta P_{в\ кр},$$

для світу в цілому

$$К_{св} = P_{д\ св}/\Delta P_{в\ св}.$$

Очевидно, що $К_{кр}$ і $К_{св}$ визначає число років, на яке забезпечені споживачі ресурсів при середньорічному споживанні $Р_в$. На 1 етапі К зростає, на 2 - майже не змінюється, на 3 - прагне до нуля. У реальних умовах взаємодія з ресурсами відрізняється від загальної схеми. Наприклад, по мірі зниження концентрації ресурсів неминуче зростає вартість, ускладнюється технологія видобування. На 3 етапі неминуче виникають умови, при яких станеться відхилення від експонентного прагнення до досягнення критичної точки **М** - повного вичерпання ресурсів. Точка **м** - реальна залежність..

Одним із важливих понять в загальній схемі впливу на ресурси є знак впливу. Якщо ресурси витрачаються безпосередньо на забезпечення технологічного процесу, в якому вони змінюються і втрачають свої властивості (з-за фізико-хімічних перетворень), то вважається, що вплив несе позитивний знак. У багатьох випадках витрата ресурсів пов'язана з непрямими впливами на них внаслідок здійснення інших технологічних прийомів (наприклад, забруднення води або повітря, попадання у відходи виробництва). У всіх цих випадках ресурси також втрачають свої якості, але при цьому витрачаються не на задоволення потреб людини. Оскільки витрата ресурсів некорисна, вважається, що процес має негативний знак.

Можна виділити декілька характерних етапів рівнів забруднення ОС:

1 етап - безпечний рівень забруднення – коли насичення впливами (викидами або темпами зростання наслідків) повільніші за швидкість їх нейтралізації:

$$dB/d\tau \lessdot dH/d\tau,$$

де В - впливи, їх надходження в НС (викиди),

Н - нейтралізація впливів.

2 етап - небезпечний рівень впливу:

$$dB/d\tau \approx dH/d\tau,$$

3 етап - критичний рівень впливу:

$$dB/d\tau \gtrdot dРв/d\tau.$$

Початком впливання на екологічні ресурси вважається вплив на взаємопов'язані з ними компоненти НС. Якщо природні процеси нейтралізації впливу протікають інтенсивніше, ніж впливи, (тобто не відбувається їх накопичення), має місце безпечний рівень впливу на екологічні ресурси. Аналогічно ж визначаються небезпечний і критичний рівні витрати екологічних ресурсів або їх змінень.

Перерозподіл забруднень. Сумарне надходження і-тої забруднювальної речовини в НС від всіх видів господарської діяльності:

$$\sum B_i = \sum_k \sum_l в_{Ti},$$

де $в_{ті}$ - середнє надходження і-тої речовини від однотипних технологічних процесів,

l - кількість однотипних процесів в одній галузі,

к - кількість галузей, в яких є технологічні процеси, пов'язані з даним видом впливів.

Сумарний викид і-тої речовини від різних виробництв розподіляється на атмосферу, гідросферу, літосферу. При квазівстановленому стані сумарне забруднення кожної геосфери і-тою речовиною визначаються з урахуванням її перерозподілу в процесах взаємодії геосфер:

$$\sum B_{ia} = \sum B_{iaa} + \sum B_{iag} + \sum B_{ial}$$

$$\sum B_{ig} = \sum B_{iga} + \sum B_{igg} + \sum B_{igl}$$

$$\sum B_{il} = \sum B_{ill} + \sum B_{ill} + \sum B_{ill}$$

Ці вирази визначають взаємозв'язок з НС всіх джерел (виробництв) по і-му виду впливу з урахуванням його поширення (перерозподілу) у навколишньому середовищі.

Критерій екологічності виробництва.

Якщо в розглядуваній системі прямими зв'язками вважати зв'язки і взаємодії, які приводять до змін в навколишнім середовищі, то в якості зворотних зв'язків слід розглядати вплив навколишнього середовища на потужність і продуктивність підприємств, на вибір технології виробництва.

Для деяких видів виробництва ці зв'язки очевидні і враховувалися на різних стадіях проектування і експлуатації, наприклад, для добувної галузі. Але для більшості виробництв ці аспекти мають бути вирішені з розвитком як галузі, так і великої системи «Антропосфера». Наприклад, із зростанням потужностей ТЕС і по мірі вичерпання водних ресурсів, умови навколишнього середовища змушують відійти від прямоточного водопостачання і створювати значно більш дорогі системи оборотного водопостачання.

Необхідний єдиний показник, який дозволив би оцінювати міру досконалості технології виробництва з точки зору взаємодії з навколишнім середовищем.

Найбільш представницьким і зручним критерієм екологічності є коефіцієнт екологічної дії (КЕД), тобто міра досконалості технології виробництва по кожній окремій взаємодії:

$$К = В_т/В_ф + {}_{Вт}(В_т + В_в),$$

де $В_т$ - теоретичний вплив (зміна), необхідний для виробництва,

$В_ф$ - фактичний вплив,

$В_в$ - вплив, що визначається конкретним виробництвом.

Аналогічно з ККД коефіцієнт екологічної дії для змін в межах одного виробництва визначається їх добутком:

$$К = К_1 \text{ х } К_2 \text{ х } К_3 \text{ х…х } К_п,$$

де п - кількість змін в межах одного конкретного виробництва.

Максимальне значення КЕД, що дорівнює 1, визначається умовою $В_ф = В_т$, тобто коли фактичний вплив відповідає необхідному рівню, який визначається законами збереження речовини і енергії.

Наприклад, для виробництва одиниці товарної продукції, що складається з елементів $Х_т$, $У_т$,…, які треба видобути з ресурсів навколишнього середовища з теоретично необхідними витратами енергії на їх добування $Е_{зт}$, переробку $Е_{пт}$, виготовлення продукції $Е_{вт}$ і т.д., в сумі

$$Е = Е_{зт} + Е_{пт} + Е_{вт} + \ldots$$

У реальних умовах видобувають $Х_ф$, $У_ф$,… і витрачають $Е_{зф}$, $Е_{пф}$, $Е_{вф}$,…

Частка корисного використання елементу Х, тобто КЕД по Х складе:

$$К(Х) = Х_т/Х_ф$$

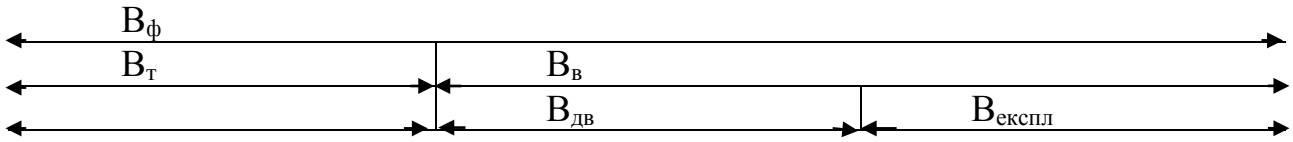
Аналогічно можна записати КЕД для всіх інших елементів (речовин, сполук).

За використанням енергії КЕД також визначається співвідношенням

$$К(Е) = Ет/Еф,$$

а ККД установок перетворення енергії можна вважати окремим випадком КЕД. Чим нижче за значенням КЕД, тим менш досконале виробництво з огляду впливу на навколишнє середовище.

Якщо $В_ф \gg В_т$, то $К > 0$, тобто дане виробництво зовсім не враховує вимог з боку навколишнього середовища.



де $В_ф$ - фактичний вплив,

$В_т$ - теоретичний вплив,

$В_в$ - вплив, що визначається конкретним виробництвом,

$В_{дв}$ - технологічний вплив, що визначає міру досконалості виробництва,

$В_{експл}$ - експлуатаційний вплив що визначає міру впровадження заходів щодо зниження рівня негативних впливів на НС.

Питання для самоперевірки:

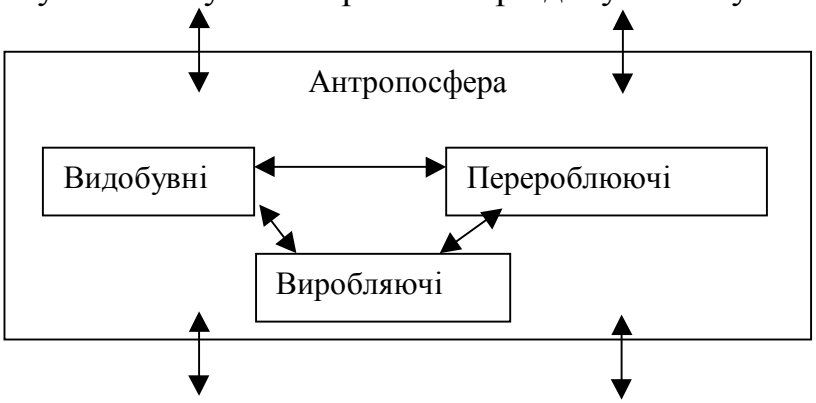
1. Схема взаємодії господарської діяльності людини з навколишнім середовищем на рівні підприємства.
2. Напрямки взаємодії господарської діяльності людини з навколишнім середовищем.
3. Етапи впливу на ресурси навколишнього середовища.
4. Коефіцієнт кратності ресурсів.
5. Знак впливу на ресурси навколишнього середовища.
6. Етапи рівнів забруднення навколишнього середовища.
7. Розподіл і перерозподіл забруднень у навколишньому середовищі.
8. Критерій екологічності виробництва.

1.2. Великі системи «Антропосфера» і «Навколишнє природне середовище».

Ми живемо у великій системі, підсистемами якої є «Антропосфера» і «Навколишнє природне середовище».

Велика система «Антропосфера»

Основною характеристикою великої системи є наявність зовнішніх і внутрішніх зв'язків і мети існування. У сферу діяльності людини входять галузі виробництва. Внутрішніми зв'язками системи «Антропосфера» є безліч взаємодій між галузями народного господарства, Наприклад, вугілля – продукт видобувної галузі може бути перероблено на кокс, а може бути використано для виробництва електроенергії на теплоелектростанції. Екскаватор – продукція виробляючої галузі може бути використана при добуванні вугілля.



Зовнішніми зв'язками для системи «Антропосфера» є споживання ресурсів навколишнього середовища і розподіл відходів виробництва і споживання в навколишнім середовищі.

Мета існування антропосфери - задоволення потреб людини.

Велика система «Навколишнє середовище»

Межами системи «Навколишнє середовище» є озоновий шар і нижня межа літосфери; зовнішніми зв'язками є: космічне випромінювання, перевипромінювання і випромінювання енергії від геосфер, осадження космічного пилу, метеоритів, втрата компонентів атмосфери в космічному просторі, а також гравітаційні, тектонічні і фізико-хімічні процеси на нижньому кордоні «Навколишнє середовище»; енергетичні потоки на цьому ж рівні. Внутрішні зв'язки - кругообіг речовин і потоки енергії, існуючі між підсистемами «Навколишнє середовище» - атмосферою, гідросферою і літосферою.

Як система «Атмосфера», так і система «Навколишнє середовище» є дуже складними. При їх зіставленні видно, що цільові функції цих систем прямо протилежні: якщо для системи «Атмосфера» характерний поступальний динаміч-

ний розвиток на основі зростаючої взаємодії з екологічними ресурсами, які належать системі «Навколишнє середовище», то для системи «Навколишнє середовище» головною є підтримка динамічної рівноваги, сформованої в процесі еволюційного розвитку Землі і що забезпечує функціонування всієї сукупності екосистем.

Суперечність між системами «Антропосфера» і «Навколишнє середовище» зумовлено існуючими системами технологій видобутку, переробки, транспортування, перетворення і споживання екологічних ресурсів. Системи розроблялися і впроваджувалися без урахування обмеженості ресурсів і масштабів їх споживання, що характеризують сучасний етап взаємодії між ними.

Головною метою великої системи «Антропосфера та навколишнє середовище» повинне бути безумовне забезпечення сталого розвитку функціонування всіх компонентів системи в умовах динамічного розвитку всіх складових «Антропосфера».

Сировина і вода в технологічних процесах

Сировина - це речовини природного і штучного походження, що використовуються у виробництві промислової продукції, одні з найважливіших елементів будь-якого технологічного процесу. Це сирий матеріал, предмет труда, на добування або виробництво якого був затрачений труд (залізняк, бавовна, зерно і т.д.). Його якість, доступність і ціна значною мірою визначають основні показники виробнично-господарської діяльності (прибуток, собівартість, якість продукції і т.д.).

Цінність сировини залежить від рівня розвитку потреби техніки (рідкоземельні метали, уран).

Первинна сировина - предмет, на який труд було витрачено вперше.

Вторинна сировина – відходи виробництва, фізично або морально застарілі предмети труда, що підлягають переробці.

Класифікація сировини.

Класифікація сировини за різними ознаками:

За складом:

а) органічна,

б) неорганічна (мінеральна):

- рудна (рудні породи або мінерали, що містять метали, які доцільно отримувати в технічно чистому вигляді при існуючому рівні розвитку техніки і технології);

металеві руди мають наступну класифікацію:

- за кількістю металів, що містяться у них:
  - монометалеві (доцільно отримувати тільки один метал),

- біметалічні (можливе вилучення обох металів),
- поліметалічні (витягуються більш, ніж два метали),

- за хімічним складом мінералу (в рудах метали входять до складу різних хімічних сполук - оксидів, сульфідів, сульфатів, арсенатів та інш.),
- за хімічним складом пустої породи,
- за змістом цільового компонента руди поділяють на руди чорних, кольорових і рідких металів;

- нерудна (всі неорганічні сировини, що використовуються у виробництві хімічних (неметалів – сірки, фосфору та інш. солей, мінеральних добрив), будівельних і інших неметалічних матеріалів, і яка не є джерелом одержання металів, хоча і має в своєму складі метали – апатити, фосфорити, алюмосилікати),
- паливна (органічні природні копалини - вугілля, торф, нафта і інш., - які використовуються як джерело отримання теплової енергії (пальне) або як сировина в хімічній промисловості).

2. За походженням:

а) природна сировина:
- органічна,
- мінеральна.

б) штучна сировина:
- органічна,
- мінеральна.

3. За агрегатним станом:
- рідка (вода, нафта, соляні розсоли),
- газоподібна (повітря, природні і промислові гази).

Вода використовується фактично у всіх технологічних процесах: в ряді виробництв є сировиною і реагентом, що безпосередньо бере участь в основних хімічних реакціях (виробництво водню, хлору, гідроксиду натрію, в реакціях гідролізу і т.і.). У багатьох виробництвах хімічної, металургійної, харчової, легкої промисловості вода використовується як розчинник рідких, твердих і газоподібних речовин.

Вода використовується як теплоносій (як для нагрівання, так і для охолоджування).

У деяких виробництвах вода не споживається, а утворюється внаслідок основних реакцій (надсмольна вода при коксуванні вугілля, при сухій перегонці деревини), при спаленні палива, при окисленні аміаку і інших воднемістких речовин.

Для промислових і побутових потреб використовується прісна вода (3% від загальних запасів). Дефіцит її зумовлений:

- інтенсивним розвитком нових водоспоживаючих виробництв,
- підвищенням витрати на побутові потреби.

Наприклад, в традиційному виробництві 1т сталі використовується 600м^3 води у виробництві синтетичних волокон - в 8 разів більше, завод капронового волокна витрачає води стільки ж, скільки місто з населенням 120 тис. чол. Добова витрата води на 1 людину у великих містах дорівнює 600-700 л, в країнах, що розвиваються – 50 л.

Питання для самоперевірки:

1. Система «Антропосфера». Зовнішні і внутрішні зв’язки.
2. Система «Навколишнє середовище». Зовнішні і внутрішні зв’язки.
3. Взаємозв’язок системи «Навколишнє середовище» і системи «Антропосфера».
4. Первинна і вторинна сировина в технологічних процесах.
5. Класифікація сировини, що використовується в промисловості.
6. Використання води в технологічних процесах.

ІІ АНТРОПОГЕННИЙ ВПЛИВ ОРГАНІЗАЦІЙ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

2.1. Енергетика

Енергетика – галузь народного господарства, охоплююча енергетичні ресурси, вироблення, перетворення, передачу і використання різних видів енергії.

Енергетика поділяється на теплоенергетику, гідроенергетику, вітроенергетику, ядерну енергетику.

Теплоенергетика – охоплює одержання тепла при згорянні органічного палива і перетворення його в інші види енергії (механічну, електричну).

Паливо - горючі речовини, основною складовою яких є вуглець. Паливо застосовується з метою одержання при його спалюванні теплової енергії, а також як сировина в хімічній промисловості.

Найчастіше використовують наступні природні палива: вугілля кам'яне, вугілля буре, нафта, гази природні горючі, сланці горючі, торф, деревину. Усі вони (крім деревини) відносяться до горючих копалин. В них міститься основна частина активного вуглецю планети (більше 90%, решта - у живих організмах). За рахунок спалювання перерахованих палив одержують близько 75% усієї споживаної енергії.

Охарактеризуємо природні (викопні) палива:

Торф - геологічно наймолодша серед пальних копалин. Утворився із накопичень болотних рослин в умовах підвищеної вологості і недостатньої аерації. Торф - дуже гідрофільна речовина. У процесі сушіння об'ємна усадка досягає 50% первісного об'єму. Але вода в торфі не тільки заповнює капіляри, вона частково зв'язана з ним. Це заважає сушінню і перешкоджає механічному видаленню вологи.

Вміст вуглецю в торфі зростає зі збільшенням ступеня розкладання рослин. Зола торфу складається, головним чином, з CaO, Fe_2O_3, Al_2O_3 та SiO_2.

Вугілля буре - суміш у різному ступені перетворених залишків вищих наземних рослин, водоростей і організмів планктону. Вміст мінеральних домішок (зольність) бурого вугілля може бути більше 30%, вміст вологи близько 20%. Від торфів, з яких вони утворилися, відрізняється більшою однорідністю і відсутністю залишків рослин, що не розклалися.

Основні буро-вугільні басейни - Кансько-Ачинський (Красноярський край), Підмосковний, Український, Челябінський.

Вугілля кам'яне - за запасами в ньому теплової енергії, (разом із близькими йому антрацитами) займає основне місце серед пальних копалин. Кам'яне вугілля є одним із членів генетичного ряду твердих пальних копалин: торф - буре вугілля - кам'яне вугілля - антрацит.

Вміст гігроскопічної вологи в кам'яному вугіллі знижується зі зростанням його метаморфізму від 7-9% до 0,2-0,4% .

Якщо зольність вугілля більш 40%, то таке вугілля називають горючими сланцями. Основні складові золи кам'яного вугілля – SiO_2, Fe, AI, зустрічаються деякі рідкі елементи - германій, ванадій, вольфрам, титан і дорогоцінні метали - Au, Ag.

Основні кам'яновугільні басейни – Донецький, Кузнецький, Карагандинський, Кизеловський, Печорський.

Нафта - горюча копалина, суміш вуглеводнів з іншими органічними сполуками (сірчистими, азотистими, кисневими). Нафта - найважливіше джерело рідкого палива, а також сировини для хімічної промисловості. Мазут - залишок після відгону з нафти бензину і гасу.

Гази природні горючі - природні суміші вуглеводнів різного складу. По способу видобутку підрозділяються на:

- власне природні гази, що добуваються з чисто газових родовищ, що практично не містять нафти;
- побіжні гази, розчинені в нафті і добуваються разом з нею;
- гази конденсатних родовищ;
- утримуючі гасові, іноді солярові фракції нафти.

Класифікації палив:

- за агрегатним станом (тверді, рідкі, газоподібні);
- за походженням (природні і штучні, одержувані при переробці природних - кокс, моторні палива, газ коксовий і ін.)

У золі палива повинні бути мінімальні кількості ванадію (0,001%) і натрію (0,0005%), що є основними корозійними агентами.

Для зіставлення різних видів палив прийнята умовна одиниця - умовне паливо - 1 туп - $7 \cdot 10^6$ ккал - $2{,}93 \cdot 10^4$ МДж.

Очевидно, що протікання процесу горіння залежить як від властивостей палив, так і від організації самого процесу горіння.

Властивості палива визначаються його хімічним складом, пальною масою і баластом.

Хімічний склад палива прийнято записувати символами елементів: C, H, O, N, S. Для вмісту золи і вологи прийняті позначення A і W. Індекси праворуч зверху показують, до якого палива відносяться дані: р - до робочого палива, с - до сухого, г - до горючої маси, о - до органічної маси.

Пальна маса - основні пальні складові: вуглець (теплота згоряння 34,4 МДж/кг), водень (l43 МДж/кг), сірка (9,3 МДж/кг).

Характеристики твердих і рідких палив:

Паливо	Хімічний склад, %					Найнижча теплота згоряння, МДж/кг
	C	H	O	N	S	
Торф	58	6	33	2,5	0,5	21,4-24,7
Деревина	51	6	42,6	0,5	-	16,9-20,1
Буре вугілля	64-77	4–7	15–25	1	0,5–7,5	26,4-30,2
Кам’яне вугілля	88–90	4–4,5	3–4	1,5	1–3	31,4-34,6
Антрацит	90-93	2-4	2-4	1	0,5-2	33,7-35,0
Сланці	60–75	7-9	10-17	1	5-15	29,3-37,7
Мазут	86-88	10–10,5	0,5–0,8	0,5–0,8	0,5–3	44-46

Сірка міститься в паливі в 3-х видах: органічна (у складі складних сполук), колчеданна (у сполученнях з Fe й іншими металами) і сульфатна.

Непальні речовини разом з вологою палива утворюють баласт палива. Мінеральні домішки, що характеризують зольність, присутні у виді силікатів (кремнезем, глинозем, глина), сульфідів (Fe), карбонатів (Ca, Mg, Fe), сульфатів (Ca, Mg), оксидів металів, фосфатів, хлоридів і інших солей лужних металів у різних сполученнях для різних родовищ.

Теплота згоряння

Найважливіша характеристика палива - теплота згоряння.

Вища теплота згоряння палива - кількість теплоти, що виділяється при повному згорянні твердого, рідкого чи газоподібного палива, коли уся волога палива переходить у продукти реакції горіння.

Нижча теплота згоряння менша за вищу на кількість тепла витрачуваного на випар води, що утвориться при згорянні палива, а також вологи, що міститься в ньому.

Оскільки при згорянні 1 ваг.ч. водню утвориться 9 ваг.ч. H_2O, та загальна кількість води, що випарувалася, дорівнює (W + 9H)% від ваги палива, а нижча теплота згоряння Q_H дорівнює:

$$Q_H = Q_B - 6(W + 9H) \text{ ккал/кг.}$$

$$Q_H = Q_B - 25(W + 9H) \text{ кДж/кг,}$$

де W - вміст вологи в паливі, вага. %.

H - вміст водню в паливі, вага. %

Процеси спалювання гетерогенних палив

Процес горіння твердого палива проходить через кілька стадій:

- підсушування палива,
- сублімація летких речовин і утворення коксу,
- горіння летких речовин і коксу.

Процес гетерогенного горіння (коксового залишку) - основний процес горіння твердого палива.

При горінні твердих часток спостерігаються дві ситуації:

- на поверхні твердих часток доступ повітря до місця реакції не обмежений, реакція йде по типу

$$C + O_2 == CO_2$$

і швидкість горіння визначається кінетикою хімічної реакції - кінетичний режим горіння;

- під поверхнею твердої частки кисню для повного окислювання недостатньо, швидкість реакції горіння визначається швидкістю дифузії кисню до місця реакції. Реалізується дифузійний режим горіння:

$$2C + O_2 = 2CO$$

Розрізняють гомогенне і гетерогенне горіння, тобто однофазне (газ-повітря) і двофазне (тверде чи рідке паливо - повітря).

До гомогенного типу горіння відноситься горіння газоподібних палив.

При спалюванні органічного палива розрізняють 3 типи горіння:

1-нейтральне (стехіометричне) або горіння палива без надлишку повітря (коефіцієнт надлишку повітря $\alpha = 1.0$);

2- окисне чи повне згоряння при надлишку повітря ($\alpha > 1.0$);

3-відновне або неповне при нестачі повітря ($\alpha < 1.0$).

Можливо змішане (окислювально-відновне) горіння, що характерно для горіння часток твердого палива.

Подальше окислювання CO у топках не грає помітної ролі через дуже малу швидкість реакції. Основна реакція, по якій вигоряє CO - його реакція з гідроксидом: $CO + OH = CO_2 + H$

$$CO + H_2O = CO_2 + H_2$$

Тому додавання пари і води сприяють зниженню виходу CO і додатковому одержанню енергії.

У реакціях горіння речовини проходять через проміжні стадії, в результаті яких утворюються активні продукти - атоми і радикали. У процесі горіння ці продукти відтворюються, забезпечуючи його подальше протікання. Прикладом

ланцюгової реакції може бути окислювання водню, у якому послідовний ланцюг реакцій має вид:

$$H + O_2 = OH + O$$

$$O + H_2 = OH + H$$

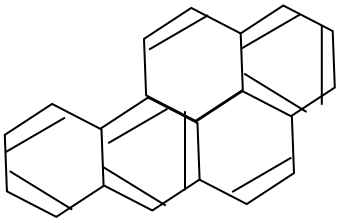
$$2OH + 2H_2 = 2H_2O + 2H,$$

тобто вступ 1 атома Н в реакцію

$$H + 3H_2 = 2H_2O + 3H$$

викликає появу 3-х атомів Н, які, у свою чергу, можуть викликати розвиток ланцюга.

При горінні органічних речовин рвуться зв'язки у великих органічних молекулах, утворюються радикали і з великими, і з малими молекулярними масами, можливе утворення канцерогенних речовин шляхом рекомбінації радикалів. Їхня наявність визначається індикацією бенз(а)пірену, що є присутнім у продуктах горіння різних агрегатних станів палива і може конденсуватися у виді крапель чи жовтих голкоподібних кристалів.



Бенз(а)пірен – поліциклічний ароматичний вуглеводень ($C_{20}H_{12}$). У природі дуже стійкий (протягом більш 40 днів не зменшує свою активність у воді). Температурна залежність виходу має максимум, що при часі реагування 0,2 – 0,5 с відповідає температурі 1450 – 1550 К.

При горінні наступного компонента горючої маси - сірки - утвориться один з найбільш токсичних газоподібних викидів – SO_2. Його кількість визначається сірчистість палива - S^p, %.

Окислення сірки відбувається за реакцією:

$$S + O_2 = SO_2$$

SO_2 складає 98-99% від викиду сірчистих сполучень. Різні палива істотно відрізняються за вмістом сірки. Найбільшу сірчистість мають палива європейської частини СРСР; підмосковне й українське буре вугілля, донецьке і інтинське кам'яне вугілля, естонські горючі сланці, мазути з нафти Татарії і Башкирії. Сибірське вугілля (кузнецьке, кансько-ачинське) як правило, має невеликий вміст сірки. Безсірчистим паливом є природний газ більшості родовищ, за винятком Оренбурзького, ряду родовищ Середньої Азії і нижньої Волги. Потоки SO_2, вимірювані млн.т/рік перетинають державні кордони. У найбільш несприятливих умовах опинився схід і північний схід Європи (через перевагу західних потоків повітряних мас). Так, на територію колишнього СРСР щорічно прино-

ситься 5-10 млн.т SO_2, а переміщує на захід приблизно 1,5 млн.т. Випадання на території Скандинавії кислих дощів приносить до 7ОО тис.т SO_2 на рік. Причому 75 – 90% потрапляє з інших країн: 240 тис.т зі США, 160 - з Італії, решта - внесок теплоенергетичних об'єктів ФРН і Англії.

Одними із шкідливих речовин, що попадають в атмосферу при горінні палив, є оксиди азоту. Їхнє утворення йде 3-ма шляхами:

- утворення паливних оксидів азоту. Повне перетворення азоту палива в оксиди спостерігається при N^p не менш 0,1%. При збільшенні вмісту азоту в паливі кількість його оксидів у газах, що відходять, не міняється, а збільшується вміст піридинів, хінолінів, смолистих речовин, NH_3, значна частина азоту переходить у нітриди і N_2. Час утворення паливних оксидів азоту – 10^{-2} – 10^{-3} с;
- утворення швидких оксидів азоту. Ці оксиди виявляються при часі горіння 10^{-4}с. Запропоновано механізм їхнього утворення за участю радикалів, що утворяться при горінні, і азоту повітря:

$$CH\cdot + N2 = HC + N$$

$$HC + (H, OH) = CN\cdot + (H2, H2O)$$

$$CN\cdot + O_2 = CO + NO$$

$$CN\cdot + OH\cdot = CO + NH\cdot$$

$$NH\cdot + OH\cdot = NO + H2$$

- зі збільшенням температури горіння збільшується частка термічних оксидів азоту, реакція йде по ланцюговому механізму:

$O_2 = O\cdot + O\cdot$ ініціювання ланцюга

$N_2 = N\cdot + N\cdot$

$O\cdot + N\cdot = NO + N\cdot$ ріст ланцюга

$N\cdot + O2 = NO + O\cdot$

$O\cdot + O\cdot = O_2$ обрив ланцюга

$N\cdot + N\cdot = N_2$.

У реакції беруть участь тільки кисень і азот атмосферного повітря.

Енергія активації цих реакцій велика, тому швидкість утворення термічних оксидів азоту дуже сильно залежить від температури.

При температурі горіння до 1000˚С кількість сполук азоту у викиді визначається кількістю паливних оксидів азоту, яких дуже мало. В діапазоні 1200 - 1500°С присутні усі види оксидів азоту, а при температурі вище за 1500°С різко зростає частка термічних оксидів азоту:

$C(NO_x)$, мг/м^3	0,00127	0,38	2,54	4700	31700
Температура, ^OC	20	300	500	1500	2200

Для топкових камер великих розмірів характерний повільний темп охолодження продуктів згоряння і більший, ніж для малих топок період реакції синтезу NO. Тому вихід термічних оксидів азоту в топкових камерах енергоблоків (при температурах вище 1700°С) складає до 1,5г/м^3, а для малих промислових і опалювальних котлів зі значною швидкістю охолодження продуктів згоряння вихід термічних оксидів азоту невеликий або цілком відсутній.

Таким чином, оксиди азоту утворюються по трьох механізмах:

- паливному, залежному від вмісту азоту в паливі і від надлишку повітря,
- швидкому, діючому на початку зони горіння, у результаті взаємодії радикалів палива з азотом повітря. Вихід NO слабко залежить від температури, а сильно - від структури молекул палива,
- термічному, у результаті термічної дисоціації молекул кисню й азоту повітря і подальшому окислюванні азоту киснем. Вихід NO значно залежить від температури.

Утворення NO_2 у процесі горіння та у димовому струмені

При горінні відбувається доокислення NO до NO_2 у результаті взаємодії з атомарним киснем і, в основному, з радикалом $HO_2\cdot$. Експерименти показали, що частка NO, яка утворились за рахунок реакції

$$NO + O = NO_2$$

надзвичайно мала. Основна кількість NO_2 утвориться за рахунок реакції

$$NO + HO_2\cdot = NO_2 + OH.$$

Початок росту накопичення радикалів HO_2 у полум'ї спостерігається при 360-380°С. Вище 400°С він домінує серед активних центрів у полум'ї. Максимальна його концентрація спостерігається при 500°С. Джерелом атомарного водню в цій реакції може бути реакція догоряння CO:

$$CO + OH = CO_2 + H.$$

Таким чином, NO_2 утвориться в зоні різкого охолодження полум'я в результаті взаємодії з пероксидними радикалами. Ця реакція йде при температурі нижче 700°С. Різке охолодження продуктів згоряння в котлах має місце в малих опалювальних котлах. Такий перехід різко збільшує токсичність викиду, тому що $ГДК(NO)_{сс} = 0,06мг/м^3$, $ГДК(NO_2)_{сс} = 0,04мг/м^3$.

Склад оксидів азоту, що утворяться в процесі горіння, дорівнює 85-90% NO і 10-15% NO_2.

При русі в димовому струмені концентрація NO_2 зростає до 70%. Устано-

влено визначальна роль атмосферного озону в доокисленні NO за реакцією

$$NO + O_3 = NO_2 + O_2.$$

Ця реакція проходить у 10^5 разів швидше, ніж окислювання NO атмосферним киснем, тобто викиди з димовими газами NO "з'їдають" озон. Концентрація озону в повітрі дорівнює 0,061 - 0,121 мг/м^3.

При щорічному викиді 50 млн.т NO втрати озону в приземному шарі атмосфери складуть 80 млн.т/рік, наслідки цього ще не з'ясовані. Крім того, через більшу реакційну здатність (утворення суміші азотної й азотистої кислот з атмосферною вологою), різко підсилюються процеси вторинного забруднення атмосфери.

У баластових сполуках теж проходять хімічні реакції:

- окислюється сульфідна сірка

$$4Fe + 70_2 = 2Fe_2O_3\ 4SO_2;$$

- при температурі вище за 600°С розкладаються карбонати

$$CaCO_3 = CaO + CO_2;$$

- при температурі вище 1000°С розкладаються сульфати

$$CaSO_4 == CaO + SO_3.$$

Мінеральні частки утворять золу – тверді частки різних розмірів.

Зольністю палива (A^p, %) називається відношення маси непальних матеріалів до маси палива. Зольність залежить від природи палива і якості його обробки перед спалюванням.

Розрізняють первинну золу - залишки мінеральних домішок, що входять до складу палива, при його утворенні; вторинну золу - сторонні мінеральні речовини, рівномірно розподілені в пальній масі палива і породу - мінеральні речовини, що потрапили в паливо при його видобутку.

Вміст первинної золи в сухій масі палива не перевищує 1-1,5%, породи – 2-2,5%. Сумарна зольність деяких марок вугілля може перевищувати 40%, де основна частка належить вторинній золі.

За дисперсністю пилоподібні золи класифікують на тонкодисперсні (питома поверхня більш 4000 см^2/г), середньодисперсні (питома поверхня 2000-4000 см^2/г і грубодисперсні (питома поверхня менша за 2000 см^2/г).

Дрібні і легкі частки (розміром менш 100 мкм), що містяться в золі у кількості 80-85%, виносяться з топок з димовими газами, утворюючи золу-винос. Її склад:

більш 40 мкм	4,4%,
20 – 40	3,9%,

5 – 20 5,7%,
1 – 5 36,2%,
менш 1 49,8%.

Частки розміром більше 12 мкм повністю затримуються у верхніх дихальних шляхах. Більш дрібні частки проникають у легені, викликаючи різні захворювання. Частки розміром більш 100 мкм осідають на під топки, сплавляючись в шлаки. Аналіз золи і шлаку показує наявність у них ряду елементів у кількості, значно перевищуючій їхній середній вміст у земній корі:

Елемент	Середній вміст в літосфері, г/т	Середній вміст в золі, г/т	Коефіцієнт збагачення
Бор	3.0	600	200
Германій	7.0	500	70
Миш'як	5.0	500	100
Уран	2.0	400	200
Берилій	5.0	300	60
Срібло	0.1	2	20

У залежності від модуля лужності m, що представляє собою відношення масових часток основних оксидів до кислих

$$m = [З(CaO+MgO)]/[С(SiO_2+Al_2O_3)],$$

золи і шлаки поділяються на основні (m більше 0.9), кислі (m = 0,6-0,9) і понадкислі (m менше 0,6).

При спалюванні палива вся його маса перетворюється у відходи, причому маса продуктів згоряння перевищує масу використаного палива за рахунок включення азоту і кисню повітря в 4-5 разів.

Взаємодія теплоелектростанцій (ТЕС) з навколишнім середовищем.

В Україні діють такі ТЕС: Вуглегірська (Донецька обл.), Запорізька (Запорізька обл.), Криворізька (Дніпропетровська обл.), Бурштинська (Тернопільська обл.), Змієвська (Харківська обл.).

Для спорудження великої ТЕС необхідна площа 2-3 км^2. З урахуванням золо- і шлаковідвалів і водоймищ-охолоджувачів ця площа зростає до 3-4 км^2. На цій території екологічна рівновага порушується. Великі градирні в системі охолодження істотно зволожують мікроклімат у районі станції, сприяють утворенню низької хмарності, туманів, мрячних дощів, у зимовий час - інею й ожеледі; поширюються бактерії, мікроорганізми (легіонела).

До основних взаємодій з навколишнім середовищем відноситься витрата палива, води, кисню повітря, зміна ландшафту, а також надходженням різноманітних відходів в усі геосфери.

Основні показники викидів ТЕС потужністю 1000 МВт, що працюють на різних паливах протягом року (у тис.т/рік):

Викиди	Вид палива і його витрати		
	газ;$1{,}9\cdot10^9$ м^3/рік	мазут;$1{,}57\cdot10^6$ т/рік	вугілля;$2{,}3\cdot10^6$ т/рік
SOx	0,012	52,66	139,00
NOx	12,08	21,70	20,88
CO	незначно	0,08	0,21
тверді частки	незначно	1,40	5,01

Енергетичне виробництво неможливе без втрат тепла. Ці збитки супроводжують весь технологічний цикл роботи ТЕС і визначаються ККД ТЕС, що виражається відношенням отриманої енергії до підведеної, яка дорівнює добутку маси палива на нижчу теплоту його згоряння:

$$\eta = \frac{Q_{отр}}{Q_{підв}} = \frac{Q_{отр}}{B \bullet Q_{нижч}} \bullet 100\%$$

ТЕС характеризується ККД = 40%, хоча на практиці ці значення дорівнюють 33-37%. Знаючи ККД ТЕС, можна визначити її теплову потужність:

$$W_T = W_{ел}/0{,}01\eta$$

де $W_т$ - теплова потужність ТЕС

$W_{ел}$ – електрична потужність ТЕС.

Тоді теплові викиди в навколишнє середовище:

$$W_в = W_T - W_{ел} = W_{ел}/0{,}01\eta - W_{ел} = W_{ел}(3\text{-}1) = 2W_{ел}$$

Ці викиди потрапляють у навколишнє середовище, в основному, на території станції.

Таким чином 33-37% енергії, що потрапила до ТЕС у вигляді палива, відправлено споживачам, 50-52% - скинуто у водойму з охолоджуючою водою, 10-17% - викинуто з димовими газами у повітря.

Викопне паливо видобувається з надр і після збагачення і переробки подається в топку парогенератора. Для забезпечення спалювання палива з атмосфери в топку подається повітря. Продукти згоряння, що утворяться, передають

частину тепла робочому тілу енергетичної установки, частина розсіюється в навколишньому середовищі, а частина виноситься з продуктами згоряння в димар, а потім - в атмосферу. У залежності від складу вихідного палива продукти згоряння містять NO_x, CO_x, SO_x, C_mH_n, пари H_2O і інші речовини у твердому, рідкому і газоподібному станах. Зола і шлак, що видаляються з топки, утворюють золошлаковідвали на поверхні літосфери. У паропроводах від парогенератора до турбіни, та й в інших частинах устаткування відбувається передача тепла у навколишнє середовище. У конденсаторі робоче тіло віддає тепло, що залишилося, охолоджувальній воді. Перетворення механічної роботи в електроенергію в електрогенераторі теж супроводжується механічними й електричними втратами, що, у кінцевому рахунку, перетворюються в тепло, передане атмосфері. Робота обертових механізмів, трансформаторів, пов'язана з поширенням у навколишньому середовищі акустичних впливів, а робота підстанцій, ліній електропередач - з порушенням електромагнітних полів і тепловиділенням в навколишнє середовище.

Експлуатація сучасних ТЕС пов'язана з утворенням рідких відходів. До них відносяться:

- охолоджувальні води (від конденсаторів, насосів). Вони несуть теплове забруднення (мінімальне відхилення темп. = 8˚ на вході і виході з конденсатора), у кількості

$$M(H_2O) = K \cdot W = (100\text{-}I50) \cdot W \text{ т/год},$$

що складає 70-90м^3/с. (W – потужність станції);

- СВ із системи гідрозоловидалення; pH таких вод 11-12, в них розчинені сполуки P, As, V, канцерогенні речовини. Тому такі води не скидають, а після очищення використовують повторно.

- відпрацьовані розчини після хімічного очищення устаткування. Вони дуже різноманітні через велику кількість застосовуваних промивних розчинів. Можуть містити мінеральні кислоти - HCl, H_2S0_4, HF; органічні - лимонна, щавлева, мурашина, оцтова; їх суміші; комплексони; інгібітори корозії.

Води охолодження - особлива група, тому що з конденсаторів турбін відводиться більше 50% усього тепла, одержуваного при спалюванні органічного палива. Тому з охолодженням конденсаторів пов'язують проблеми "теплового забруднення" водойм скидними водами ТЕС. Про кількість тепла, що відводиться з охолоджувальною водою, можна судити по тому, що їхня одинична потужність досягла 4000-6000 МВт. Середня витрата охолоджувальної води і кількість відведеного тепла, що приходяться на 1000 МВт встановленої потужності складають 30м^3/с і 1,25 МВт.

Порушення природної рівноваги екосистем водойм і водотоків при скиданні в них нагрітої води пов'язують як із самим фактом підвищення температури води, так і з можливим зменшенням через це концентрації розчиненого кисню. Для деяких промислових риб гранична (летальна) температура 37°, а для більшості водяних організмів - від 25 до 35°. Загальне використання води ТЕС, працюючої на органічному паливі, на 1 ГВт при мінімальній різниці температур на вході і виході з конденсатора в 8°С складає 32-43 $м^3$/сек.

Одним з факторів впливу вугільних ТЕС на навколишнє середовище є викиди систем складування, транспортування, пилопідготування і золовидалення. При транспортуванні і складуванні можливе не тільки пилове забруднення, але й виділення продуктів окислювання палива.

Усе вищесказане відноситься до усталеного режиму роботи. Для визначення сумарного впливу станції на навколишнє середовище необхідно враховувати нерівномірність енергоспоживання, пускові і перемінні режими роботи при яких вплив ТЕС на навколишнє середовище значно зростає. Наприклад, для блоку потужністю 300 МВт витрата, палива на один пуск із холодного стану складає близько 200 ТУП (тон умовного палива). Ефективність використання тепла і кількість викидів значно відрізняється від роботи при усталених режимах.

Оскільки у складі мінеральної частини більшості твердих палив містяться сполуки К, ізотоп якого $^{40}К$ радіоактивний, а також суміш ізотопів урану і торію, можна дійти висновку, що летка зола є джерелом забруднення атмосфери радіоактивними елементами. Радіоактивність, обумовлена викидом $^{40}К$ = 0,72Ки/рік, а ^{238}U = 2,4Ки/рік, при цьому вважали, що в атмосферу потрапляє 1% золи палива, а 99% йдуть у відвал, тобто інша частина радіоактивних елементів забруднює літосферу у відвалі. При цьому потрібно враховувати пилування золовідвалів.

Радіоактивні викиди ТЕС менші за встановлені норми.

Ядерна енергетика

Зараз великі надії покладають на ядерну енергетику. Вона використовує енергію, що виділяється в результаті перетворення атомних ядер.

Енергетично вигідні реакції синтезу легких ядер і ділення важких. У реакції синтезу ядер гелію з дейтерію

$$^2H + {}^2H = {}^4He$$

виділяється 17,6 Мев на кожен акт синтезу, що дає енергію в 23,6 МВт/г використаного дейтерію. Вміст дейтерію в природному водні 0,015% і $4 \cdot 10^{13}$ т у гідросфері Землі. Запаси безмежні, але немає керованого синтезу, є вибухове протікання реакції в термоядерній (водневій) бомбі з ініціюванням реакції ядерним

вибухом (Т ~ 10^8 К). Дослідження з керованого термоядерного синтезу велися в установках "Токомак".

До важких ядер, що діляться, відносяться природні ізотопи ^{235}U, ^{232}Th і штучні ^{233}U, ^{239}Pu і ^{241}Pu.

Єдиний природний ізотоп ^{235}U, що ділиться під впливом нейтронів будь-якої енергії, називається первинним ядерним пальним, інші ізотопи - вторинне ядерне пальне.

Ділення ядер урану супроводжується виділенням близько 200 Мев в результаті однієї реакції або 20 МВт/г пального.

Перша АЕС побудована і задіяна в СРСР у м.Обнінську потужністю 5МВт у 1954 році. Це АЕС на теплових (повільних) нейтронах. Її дія заснована на реакції

$$^{235}U + {}^{1}n = {}^{90}Sr + {}^{144}Xe + 2{}^{1}n$$

чи

$$^{235}U + {}^{1}n = {}^{140}Ba + {}^{93}Kr + 3{}^{1}n.$$

У процесі ділення утворюються вторинні нейтрони, що вступають у нові реакції, підтримуючи протікання ланцюгової реакції ділення ядер. Осколки, що утворилися, нестійки і діляться самі до утворення стійкого ядра. Такі реактори використовують приблизно 1,5% енергії палива. При взаємодії ядерного пального зі швидкими нейтронами використовується до 50% енергії палива, при цьому одночасно утворюється штучне ядерне паливо. Першу АЕС на швидких нейтронах побудовано в 1973 році в м.Шевченко на Мангишлаку. У такому реакторі паливо використовується повільніше, ніж виробляється нове паливо - ^{239}Pu чи ^{233}U.

$$^{238}U + {}^{1}n = {}^{239}U \qquad ^{232}Th + {}^{1}n = {}^{233}Th$$
$$^{239}U = {}^{239}Np + e \qquad \text{чи} \qquad ^{233}Th = {}^{233}Pa + e$$
$$^{239}Np = {}^{239}Pu + e \qquad ^{233}Pa = {}^{233}U + e$$

Такий реактор називається реактор-розмножувач або бридер.

Для роботи електростанції потужністю 1000МВт протягом 1 доби потрібно 750 т вугілля, 400 т нафти або 250 г ^{235}U.

Взаємодія атомної електростанції (АЕС) з навколишнім середовищем

Через більш низький коефіцієнт корисної дії (ККД) циклів АЕС у порівнянні з ТЕС (25-30%) теплові скиди на них у системі охолодження вище, ніж на ТЕС. Наприклад, для охолодження ТЕС потрібно 70-90$м^3$/сек, а для АЕС -

180м^3/с води. АЕС скидають в охолоджувальну систему в 1,5-2 рази більше тепла, ніж ТЕС тієї ж потужності

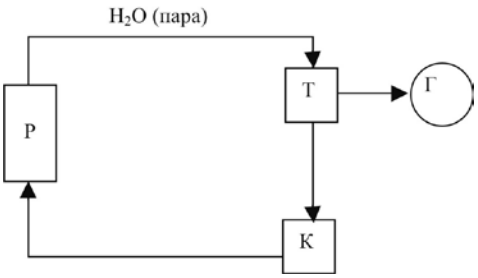
$$M(H_2O) = (150\text{-}200)\cdot W \text{ т/год води}$$

при різниці температур 10°.

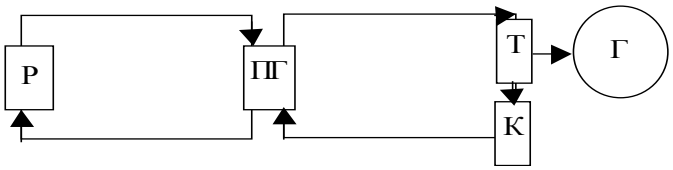
Обладнання АЕС принципово не відрізняється від обладнання ТЕС, тільки замість котла, що працює на органічному паливі, встановлено ядерний реактор, у якому йде регульована ланцюгова реакція і перетворення енергії цієї реакції в тепло.

Існує 3 типи реакторів:

1. Одноконтурний реактор, у якому вода охолоджує активну зону і рухає турбіну генератора. Теплоносій - водяна пара.



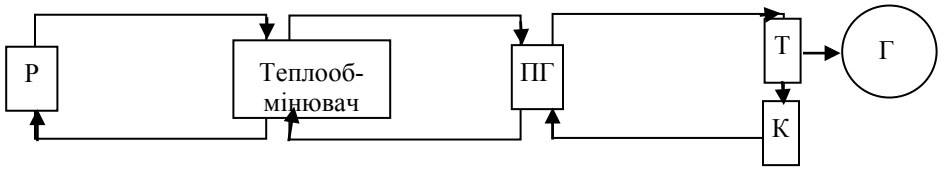
2. Двоконтурний реактор.



Він може бути двох типів: а) уран-вода під тиском,
б) уран - газ.

Охолодження реактора провадиться або водою, або CO_2(He) під тиском.

3. Триконтурний ядерний реактор



Теплоносій у теплообміннику передає тепло у вторинний ланцюг.

Основна частина реактора – активна зона, у якій кінетична енергія ядер, що діляться, переходить у теплову енергію, яка відводиться теплоносієм. В активній зоні розміщені речовина, що ділиться, і сповільнювач. Як сповільнювач використовується звичайна і важка вода, графіт, кадмій, берилій і їхні оксиди.

Як теплоносій може застосовуватися звичайна і важка вода, CO_2, Не. Теплоносій може бути робочим тілом (в одноконтурних схемах АЕС), тобто обертати турбіну чи передавати тепло в парогенераторі (двоконтурна схема АЕС).

Основні процеси взаємодії ТЕС і АЕС з навколишнім середовищем однотипні в частині перетворення теплової енергії в електричну. Основне тепловиділення АЕС у навколишнє середовище відбувається в конденсаторах турбін. Однак, питомі тепловиділення в охолоджуючу воду в АЕС більші, ніж у ТЕС через більшу витрату пари, що визначає великі питомі витрати охолоджуючої води. Тому на більшості нових АЕС передбачається будівництво градирень, у яких теплота виділяється безпосередньо в атмосферу. Охолодження в градирні відбувається за рахунок випаровування частини води, що стікає по зрошувачу під дією сили тяжіння (випаровування 1% води знижує її температуру приблизно на 6°С).

Прямий вихід радіоактивних відходів ядерних реакцій у навколишнє середовище запобігається багатоступінчастою системою радіаційного захисту. При нормальній експлуатації АЕС радіоактивність контуру ядерного реактора обумовлена активацією продуктів корозії, проникненням продуктів ділення в теплоносій. Наведеній радіації піддаються практично всі речовини, взаємодіючі з радіоактивними випромінюваннями.

При експлуатації АЕС утворюються газоподібні, рідкі і тверді відходи. Газоподібні викиди через вентиляційну трубу незначні - не перевищують декількох % від гранично припустимого рівня, тому що на АЕС використовується високоефективне очищення газів. Рідкі відходи - вода, забруднена низькоактивними речовинами очищається і використовується вдруге, невеликі її кількості зливаються в побутову каналізацію. Більш складна ситуація з високоактивними рідкими і твердими відходами. Рідким високоактивним відходом може бути теплоносій першого контуру у випадку протікання чи порушення герметичності устаткування, вода басейнів витримки ТВЕЛів (тепловиділяючі елементи) і т.д. За рік роботи утворюється 0,5-1,5м^3 середньоактивних рідких відходів на 1 МВт електричній потужності. Тверді високоактивні відходи - елементи устаткування, інструменти, відпрацьовані фільтри очищення повітря, спецодяг, сміття. Ці відходи не можуть бути штучно дезактивовані. Єдиний спосіб - природний розпад. Рідкі відходи піддають “затвердженню” шляхом нагрівання, випарювання і поховання у спеціальних контейнерах. Тверді - спалювання, пресування, поховання у металевих контейнерах.

При роботі реактора концентрація атомних ядер, які поділяться, у ТВЕЛах поступове зменшується, тобто ТВЕЛи вигоряють. Близько 1/3 ТВЕЛів вимагає щорічної заміни. Витягнуті ТВЕЛи зберігають у воді в межах реактора кілька

тижнів (150днів) до розпаду радіоактивних елементів з коротким періодом напіврозпаду.

Повний ядерний цикл (ПЯЦ)

АЕС - складова повного ядерного циклу. Цей цикл складається з:

- видобутку і переробки уранової руди з одержанням хімічних концентратів урану (рудовидобувні і рудопереробні заводи). Видобуток уранової руди йде відкритим способом або вищолоченням. На цьому етапі з надр йде виділення радіоактивного радону. Збагачення руди йде приблизно від 0,7% до 3%. Для забезпечення паливом блоку АЕС потужністю 1000МВт потрібно 50-80 тис.т руди на рік. У відвалах залишається приблизно 70% природних радіоактивних речовин. Тверді відходи складують на поверхні, тому вони забруднюють навколишнє середовище через вимивання осадами U, Po, що містяться у відходах, і через виділення радону. Утворюються рідкі відходи - шахтні, дренажні води і пилогазоподібні - вентиляційні викиди з розробок. У рідких відходах переробки містяться різні солі радіоактивних металів;

- одержання чистих сполук U з концентратів (афінажні заводи). При одержанні 2кг U_3O_8 утвориться 3-3,5м^3 рідких токсичних і радіоактивних відходів;

- виробництво UF_6 і поділ його ізотопів (заводи по одержанню UF_6 і поділу його ізотопів) На цій стадії в атмосферу виділяються F_2, HF і низько концентровані радіоактивні відходи;

- виготовлення ядерного палива і ТВЕЛів - тепловиділяючих елементів (заводи по виготовленню ТВЕЛів). На цих заводах збагачене паливо пресують у гранули розміром у наперсток. Близько 200 гранул укладають у 3-х метровий стержень діаметром 6-15мм із нержавіючої сталі для реакторів на швидких нейтронах або сплавів цирконію для реакторів на повільних нейтронах. Блок із 200 таких стрижнів, зібраних в оболонку, складає ТВЕЛ, а від 100 до 600 таких ТВЕЛів утворюють активну зону реактора. На цій стадії утворяться тверді відходи у виді хімічних сполук (OH^-, $SO4^{2-}$, F^-) і органічних речовин (іонообмінні смоли). Об'єм рідких відходів невеликий, але вони висококонцентровані. Крім цього утворюються промивні води з низьким вмістом компонентів;

- використання палива для одержання енергії на АЕС;

- переробка відпрацьованого на АЕС ядерного палива (радіохімічні заводи чи заводи по регенерації палива). Після басейнів на території станції ТВЕЛи розкривають, у HNO_3, розчиняють радіоактивні елементи. ^{235}U і 99,5% ^{239}Pu, кількість якого невелика, екстрагують і очищують. У HNO_3 залишаються радіоактивні відходи. Вони зберігаються 5 років у рідкому стані, а потім переводяться у твердий. Відділеним ^{235}U наповняють нові ТВЕЛи. Продукти поділу, що залишилися, зберігають протягом 20 періодів їхнього напіврозпаду. Одним з най-

більш довго живучих і небезпечних продуктів поділу є ^{90}Sr з періодом напіврозпаду 28,8років, тому вважається, що ядерні відходи повинні зберігатися 600 років.

Заводи по переробці ТВЕЛів - серйозне джерело забруднення навколишнього середовища. Велика частина радіоактивних елементів міститься в стічних водах. Їх збирають і зберігають у герметичних ємностях, але частина СВ скидається (один завод у рік скидає 500-1500м^3 стічних вод). $^{85}Кг$, ^{133}Xe, частина ^{131}I попадає в атмосферу з випарників, використовуваних для згущення рідких стоків. Період напіврозпаду ^{239}Pu 24500років. Його треба зберігати 490 000років. Це самий отрутний із усіх відомих елементів, ГДКмр ≤ 0,001 мг/м^3.

Маса речовини, що відповідає потужності 1квт, добута з батареї, дає дозу опромінення 700бер/год на відстані 1м, що відповідає літальній дозі у 90% для людини.

Після 30 років постійного опромінення АЕС повинна бути закрита.

По Франції: реактор потужністю 1МВт містить 92 т збагаченого на 3% урану, щорічна заміна - 1/3.

Оцінка кількості радіонуклідів, що утворюються і надходять у біосферу, у ПЯЦ:

Виробництво	Питома активність відходів, Ки/1000 МВт/рік		Доля активності, що надходить в біосферу, %
	утворюється	надходить в біосферу	
Весь ЯПЦ	$4{,}5\cdot10^9$	$3{,}64\cdot10^5$	100
Видобуток і переробка U-их руд	$4{,}4\cdot10^5$	128	$3{,}5\cdot10^{-2}$
Виготовлення матеріалів і ТВЕЛів	незначно	0,144	$3\cdot10^{-5}$
Одержання енергії на АЕС	$4\cdot10^6$	$1{,}84\cdot10^4$	5
Переробка відпрацьованого ядерного палива	$4{,}4\cdot10^9$	$3{,}46\cdot10^5$	95

Ku - кількість ізотопу, у якому відбувається $3.7\cdot10^{10}$ розпадів у 1с.

Складові витрат для АЕС по стадіях ПЯЦ:

Стадії ЯПЦ	Питомі витрати, дол/кг
Видобуток і виробництво уранових концентратів	55
Виробництво UF_6	7
Розділення ізотопів	80-140

Виготовлення ТВЕЛів	200
Переробка відпрацьованого палива (зі збереженням і транспортуванням)	650
Затвердження і осклування (без витрат на поховання)	110

Реактори-розмножувачі на швидких нейтронах.

Вони більш складні в експлуатації, ніж звичайні реактори, потребують ефективного теплоносія, що був би поганим сповільнювачем нейтронів і залишався б рідким при високих температурах. Цим вимогам відповідає рідкий Na, що циркулює при 400-540°. Він повинен бути захищеним від контакту з водою аби уникнути бурхливої хімічної реакції, тому що тоді він стає радіоактивним і у випадку витоку створюється дуже велика небезпека в порівнянні зі звичайними реакторами.

Аварія на Чорнобильській атомній електростанції (ЧАЕС)

ЧАЕС розташована в східній частині білорусько-українського Полісся на березі ріки Прип'ять, яка впадає в Дніпро. Цей регіон характеризується відносно плоским рельєфом місцевості і невеликою густотою населення. На початку 1986 р. загальна чисельність населення в 30-км зоні навколо АЕС складала близько 100 тисяч чоловік, з яких 49 тис. проживали в місті енергетиків Прип'ять, розташованому на захід від 3-км санітарно-захисної зони ЧАЕС і 12,5 тис. - у райцентрі - м. Чорнобилі, розташованому на південний схід від ЧАЕС.

Перша черга ЧАЕС у складі двох реакторів, кожен електричною потужністю в 1 тис.МВт, була побудована в 1970-1977 р., а в 1984 р. на тому ж майданчику було завершене будівництво таких же енергоблоків другої черги АЕС.

У 1981 р. на відстані 1,5 км на південний схід було почато будівництво третьої черги - ще двох аналогічних енергоблоків. У долині р. Прип'ять на південному сході від АЕС збудований наливний ставок-охолоджувач площею 22 км^2.

На 4-ому блоці був встановлений уран-графітовий канальний реактор великої потужності РВМК-1000 з початковим завантаженням ядерного палива 192 т. Реактор введений в експлуатацію в 1983 р.

Система управління і захисту реактора складається з близько 200 стержнів-поглиначів і забезпечує зниження потужності реактора на 4% за секунду, а також припинення ланцюгової реакції стержнями аварійного захисту зі швидкістю 8% потужності за секунду.

Реактор має цілий ряд систем забезпечення безпеки: систему аварійного

охолодження реактора (САОР) для відводу залишкового тепловиділення після гасіння ланцюгової реакції при аваріях, пов'язаних з порушенням подачі води, систему захисту від підвищення тиску в контурі теплоносія і реакторному просторі, систему локалізації аварій (СЛА) для герметизації приміщень і локалізації радіоактивних викидів і ряд інших систем.

Завантаженого палива досить для роботи реактора протягом 3,5 років. За цей час кожний кілограм палива дає до 500 МВт*год теплової чи до 150 МВт*год електричної енергії. Однак, паливо вигоряє нерівномірно, і його, у міру потреби, замінюють. При роботі блоку в нормальному режимі в рік потрібно 42 т збагаченого палива.

До моменту аварії 4-й блок ЧАЕС проробив 760 діб. Зупинку блоку на середній ремонт було заплановано на 25 квітня 1986 р. У реакторі нагромадилася величезна кількість радіоактивних продуктів ділення із сумарною активністю близько $1 \cdot 10^{10}$ Ки. Перед зупинкою планувалися випробування турбогенератора №8 - одного з двох генераторів 4-го блоку. Ціль випробувань - дослідження можливості удосконалювання швидкодії СОАР.

25 квітня о 1 год 00 хв почалося розвантаження реактора. О 14 год 00 хв САОР, відповідно до програми випробувань, була цілком відключена, але за вимогою диспетчера Київенерго турбогенератор №8 продовжував працювати . Усього без САОР 4-й блок проробив більш 11 годин. До 1 год 00 хв 26 квітня режим роботи реактора був хитким. Потужність реактора продовжувала падати, для її підтримки з активної зони виводилися все нові стержні-поглиначі. О 1 год 22 хв 30 с, у перерахуванні на цілком занурені, залишалося менше двох стержнів, хоча за регламентом при запасі менш 15 стержнів реактор повинен бути негайно заглушений.

О 1 год 23 хв 04 с турбогенератор №8 був відключений від реактора, що продовжував працювати на тепловій потужності приблизно 200 Мвт. О 1 год 23 хв 40 с оператор по команді начальника зміни дав сигнал, за яким всі регулюючі стержні і стержні аварійного захисту вводяться в активну зону - випробування були закінчені.

Через кілька секунд роздалися удари, гуркіт, стержні-носії зупинилися й оператор відключив механізми для того, щоб стрижні аварійного захисту упали в активну зону під власною вагою.

За свідченням очевидців, приблизно о 1 год 24 хв прогримів вибух, над 4-м блоком злетіли палаючі шматки, частина яких упала на дах машинного залу і викликала пожежу.

Розрахункова відбудова процесу розвитку аварії дає наступну картину останньої хвилини перед вибухом. Через відключення турбогенератора о 1 год 23 хв 04 с тиск пари в системі охолодження реактора почав збільшуватись, при

цьому зростала і потужність реактора. О 1 год 23 хв 45 с різко збільшилося пароутворення і підвищився тиск в активній зоні реактора й у системі охолодження, що призвело до розриву частини технологічних каналів. Потрапляння пари і води в реакторний простір привело до теплового вибуху і руйнування реактора.

В момент вибуху розігрів палива зріс до температур І600-І800°С. Сумарна активність аварійних викидів оцінюється в $5 \cdot 10^7$ Ки, чи близько 0,5% загальної активності продуктів ділення в реакторі. Вихід радіоактивних речовин в атмосферу при перегріві і розплавлюванні активної зони обумовлюється ступенем їхньої леткості. На фоні тугоплавких радіонуклідів телур, йод і цезій мають високу леткість, тому аварійні викиди були збагачені цими радіонуклідами.

З 30 квітня по 10 травня на зруйнований реактор було скинуто з гелікоптерів 5 тис.т піску, глини, свинцю, борної кислоти, у результаті чого до 6 травня викид радіації істотно зменшився. Початковий викид оцінюється фахівцями в 20 МКи, а сумарний, з урахуванням розпаду, на 6 травня - у 50 МКи. (Руйнування такого блоку у випадку бомбардування дає радіоактивний викид у 1000 МКи, а радіоактивність після вибуху сучасного ядерного пристрою потужністю 1 МВт була б у тисячу разів більшою).

Радіаційний вплив на навколишнє середовище при ядерному конфлікті

Потужність ядерних вибухів оцінюється тротиловим еквівалентом, тобто масою такої кількості тротилу, при вибуху якого може виділитися стільки ж енергії, скільки виділяється при вибуху даного ядерного заряду. Існують ядерні заряди з тротиловим еквівалентом від декількох сотень кілограм до десятків і сотень мільйонів тонн.

При вибуху тротилового заряду вся енергія, що виділяється, виявляється у виді теплової (кінетичної) енергії продуктів вибуху і витрачається на руйнування оболонки заряду, розкидання осколків і утворення ударної хвилі.

При ядерному вибуху 80-85% всієї енергії витрачається у виді кінетичної, а 15-20% приходиться на різні ядерні випромінювання. Кінетична енергія ядерного вибуху спрямовується на утворення ударної хвилі і світлове випромінювання - два основних вражаючих фактори. Розподіл енергії між ними залежить від фізичних властивостей середовища, у якому був проведений вибух. При вибуху в атмосфері на ударну хвилю витрачається близько 50% всієї енергії вибуху, на світлове випромінювання – 30-35%. На проникаючу радіацію витрачається близько 5% всієї енергії вибуху, радіоактивні продукти ділення несуть близько 15% енергії.

Склад аварійного викиду АЕС істотно відрізняється від складу продуктів ядерного вибуху:

1 при ядерному вибуху в хмару, що утвориться, утягуються усі про-

дукти ділення, більшість має короткий період напіврозпаду, тому на сліді радіоактивної хмари спостерігається швидкий спад потужності дози випромінювання. При аварії на АЕС забруднення обумовлюється легко леткими нуклідами. На ЧАЕС викинута активність становила: йод - 131($\tau_{1/2}$ = 8,1 діб)– 20%, цезій-137($\tau_{1/2}$ = 30 років) - 15%, цезій-134($\tau_{1/2}$ = 2,1 роки) – 10%, стронцій-90($\tau_{1/2}$ = 29,4 роки) - 4%, інші нукліди (у тому числі плутоній-239 з $\tau_{1/2} = 24 \cdot 10^3$ років) - від 2 до 5%. Оскільки період напіврозпаду продуктів ділення ядерного реактора порівняно великий (крім йоду - 131), зменшення потужності (як це після ядерного вибуху) не спостерігається;

2 при наземному вибуху в хмару утягуються десятки тисяч тонн ґрунту, з його частками змішуються радіоактивні частки, оплавляються й осідають. Повітря забруднюється незначно. Основна небезпека ядерного вибуху - зовнішнє опромінення і тільки 5-10% від сумарного випромінювання становить доза внутрішнього - через органи дихання і продукти харчування. При аварії на АЕС значна частина продуктів ділення знаходиться в пароподібному та аерозольному стані. Тому початковий вплив складається з зовнішнього опромінення від радіоактивної хмари, радіоактивних опадів на місцевості, внутрішнього опромінення за рахунок дихання і поверхневого забруднення за рахунок осадження нуклідів із хмари. Потім вплив буде обумовлюватися залученням у біологічний ланцюжок нуклідів, що випали, і їх вживанням населенням з водою і продуктами харчування;

3 оскільки при вибуху ядерного заряду оплавлені частки досить швидко осідають під дією сили тяжіння, за цей час метеоумови не встигають різко змінитися. Тому слід радіоактивної хмари має конкретні геометричні розміри й обриси. Інша картина при аварії. На ЧАЕС викид продовжувався 10 діб на висоту від сотень метрів до 1,5 км. За цей час метеоумови змінювалися. З 26 по 30 квітня напрямок вітру змінився на 360°, фактично описавши повне коло. У перші 2-3 доби могутній потік викиду розповсюджувався в північно-західному, північному і північно-східному напрямках. Ранком 28.04 у Швеції і Фінляндії зареєстрували перевищення фонового значення потужності дози. У ці дні потужному забрудненню піддалися Прип’ять, Чорнобиль, південь Гомельської, північний схід Житомирської і захід Брянської областей. 30.04.86 радіоактивні опади переносилися в напрямку Києва, Одеси, Кишинева. До кінця дня 26.04.86 у Прип’яті потужність γ-випромінювання складала 14-140 мр/год, тобто була в 1000 - 10000 разів вище природного фону.

Питання для самоперевірки:

1. Хімічний склад та пальна маса органічного палива.

2. Теплота згоряння органічного палива.
3. Гетерогенне та гомогенне згоряння органічного палива.
4. Продукти горіння органічного палива.
5. Модуль лужності.
6. Технологічний процес одержання енергії на ТЕС.
7. Впливи працюючої ТЕС на довкілля.
8. Шляхи одержання ядерної енергії.
9. Технологічний процес одержання енергії на АЕС.
10. Повний ядерний цикл та взаємодії його окремих етапів з навколишнім середовищем.
11. Впливи ядерного вибуху й аварії на АЕС на навколишнє середовище.

2.2. Транспорт

Транспорт - галузь матеріального виробництва, що здійснює перевезення пасажирів і переміщає вантажі виробничого і невиробничого призначення.

Транспортні потоки вантажних і пасажирських перевезень обслуговуються різними видами транспорту. Усі види транспорту є продовженням виробничого процесу в сфері споживання й обслуговування, тому зближають у просторі і часі об'єкти виробництва і споживання.

Транспорт, на відміну від промисловості, відноситься до джерел забруднення, що рухаються.

Транспорт щорічно "з'їдає" 30% видобутої енергії. Його частка в загальному забрудненні 30%, у міському – 80%.

Вид шляху можна взяти за основу класифікації транспортних машин. Транспортні технічні системи підрозділяються на:

- трубопровідні,
- повітряні,
- водні (морські і річкові),
- наземні, які, у свою чергу підрозділяються на:
    - безрейкові,
    - рейкові.

За характером виконуваної роботи транспорт поділяється на вантажний і пасажирський.

Транспорт загального користування здійснює переміщення сировини, палива, напівфабрикатів і готової продукції між підприємствами із місць виробництва до місця споживання (авто, авіа, залізничний, трубопровідний).

Промисловий транспорт забезпечує транспортні потреби безпосередньо на підприємстві, а також зв'язок підприємств із транспортом загального користування (це внутрішньозаводський, внутрішньоцеховий і зовнішній транспорт: авто-, електро-, залізничний, конвеєрний, пневматичний).

Перевезення людей виконується транспортом загального користування, спеціалізованим пасажирським транспортом (трамвай, тролейбус, метро і т.д) і транспортом особистого користування.

Основними складовими елементами будь-якого виду транспорту є:

- шлях, по якому здійснюється переміщення рухомого составу;
- сфера обслуговування рухомого составу і пасажирів,
- рухомий состав із силовою установкою, пристосований для перевезення вантажів і/або пасажирів.

Як джерело руху транспорт, в основному, використовує двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ)- теплові двигуни, у яких частина хімічної енергії палива, що згоряє в робочій порожнині, перетворюється на механічну енергію. За спо-

собом виготовлення пальної суміші ДВЗ поділяють на карбюраторні - двигуни з зовнішнім сумішоутворенням і дизельні - двигуни з внутрішнім сумішоутворенням.

Карбюраторні ДВЗ застосовують на автомобілях, мотоциклах, катерах. Дизельні - на суднах, тепловозах, вантажних і легкових автомобілях, автобусах, тракторах. Карбюраторні ДВЗ працюють на легких рідких паливах (гас, бензин) і мають коефіцієнт корисної дії (ККД) 25-30%. Дизельні двигуни працюють на більш дешевих паливах, є більш економічними тепловими двигунами і мають ККД 31-41%. ККД двигуна визначається відношенням ефективної (дійсної) потужності двигуна до енергії палива: $\eta = \frac{N_д}{B \bullet Q^p_н} \bullet 100\%$,

де В – кількість використаного палива.

Ефективність використання 1 кВт потужності двигуна на різних видах транспорту:

Вид транспорту	Експлуатаційна швидкість, км	Потужність силової установки, кВт	Відношення транспортної роботи в т*км/год до 1 кВт
Вантажний автомобіль	50	90	1,7
Вантажний автомобіль з причепом	40	90	3,2
Товарний потяг	60	3000	42
Морське вантажне судно	20	5000	48
Річкова самохідна баржа	16	800	70
Літак	600	2000	1,0

Тепловий баланс роботи двигуна:

$Q = Q_р + Q_{H2O} + Q_{в.м.} + Q_{н.с.} + Q_{втрати}$,

25-30 20-30 30-35 15 10-20 карбюраторний ДВЗ
31-41 10-15 20-40 10-34 5-20 дизельний ДВЗ

де Q - тепло, виділене паливом при згорянні,
$Q_р$ - тепло, що перейшло в корисну роботу,
Q_{H2O} - тепло, віддане охолоджуючій воді,
$Q_{в.г.}$ - тепло, що вийшло з вихлопними газами,
$Q_{н.з.}$ - тепло, втрачене через неповноту згоряння,

$Q_{втрати}$ - втрати в системі.

На роботу двигуна впливає коефіцієнт надлишку повітря

$$\alpha = м/м_Т,$$

де м - кількість повітря, що фактично приймає участь у згорянні 1кг палива,

$м_Т$ - теоретично необхідна в цьому процесі кількість повітря.

При номінальній потужності α для карбюраторних ДВЗ = 0,8-1,15; для дизелів - 1,2-1,7.

При $\alpha \geq 1$ йде повне окислювання палива $C + O_2 = CO_2$

$H + O_2 = H_2O$

При $\alpha < 1$ окислювання неповне $2C + O_2 = 2CO$,

тобто об'єм продуктів згоряння більший. При гіршій економічності досягається велика потужність. Економічність погіршується через зменшення кількості теплоти, що виділяється при неповному згорянні палива.

Щорічно автомобілі спалюють приблизно 3 млрд.т/рік палива. При згорянні І л бензину витрачається 14,5-15 кг повітря (близько 11 200 л).

За тривалістю періоду негативного впливу транспорту на здоров'я населення і природні комплекси розрізняють два види екологічної небезпеки:

- постійно присутня,
- короткострокова.

Постійно присутня екологічна небезпека є наслідком звичайного функціонування транспортного комплексу. Вона виявляється в підвищеному, порівняно з природним, рівні забруднення атмосферного повітря, водних об'єктів, ґрунтового покриву і шумі уздовж транспортних магістралей.

Короткострокова екологічна небезпека виникає в аварійних ситуаціях, при яких відбуваються забруднення атмосфери, води, ґрунту, загибель біоти й інші наслідки. Особливо значно вона виявляється при транспортуванні небезпечних вантажів.

Автотранспорт

Автотранспорт розвантажує інші види транспорту від короткопробіжних вантажів, переміщає основну масу вантажів від місць виробництва до місць споживання і перевантаження на залізничні станції, в аеропорти, водні пристані, а потім з місць вивантаження на склади вантажоодержувачів.

За об'ємами перевезень вантажів і пасажирів займає перше місце серед інших видів транспорту. За об'ємами вантажоперевезень переважає залізничний транспорт у 4-5 разів, за об'ємом перевезень пасажирів – у 5-6 разів.

Основні техніко-економічні переваги:

- висока маневреність і рухливість,
- висока швидкість доставки вантажу “від дверей до дверей”,
- можливість доставки вантажу на будь-які відстані (внутрішньозаводські, міські, приміські, міжміські та міжнародні перевезення).

Основні недоліки:

- висока вартість (у порівнянні з залізничним і водним транспортом),
- невелика вантажопідйомність рухомого составу,
- низька шляхова безпека,
- висока токсичність відпрацьованих газів .

Найбільш характерною взаємодією автотранспорту з навколишнім середовищем є споживання палива, води та повітря двигунами автомобілів і викиди продуктів згоряння, картерних газів, парів палива з карбюратора і паливного бака, а також вплив на літосферу. Забруднення атмосфери автотранспортом йде по 3 каналах:

- відпрацьованими газами, що викидаються через вихлопну трубу, 90%,
- картерними газами (картер – це опертя для робочих деталей і захист машини від забруднень, нижня частина його - піддон - використовується як резервуар для змащення), 6%,
- вуглеводнями в результаті випаровування палива з бака, карбюратора і трубопроводів, 4%.

Вихлопні гази містять близько 200 речовин, більшість з яких – токсичні. При згорянні 1 кг палива в атмосферу надходить (г):

Тип двигуна	бенз(а)пірен, мг	CO_x	C_mH_n	NO_x	SO_2	сажа	альдегіди	PbO_2	усього
карбюраторний	3,5	267	33	26	1,5	1,3	1	0,2	~330
дизельний	0,5	28	9	39	30	3,5	1	-	~110

$ГДК_{сс}(C_mH_n) = 1,5$ мг/м^3.

Викид карбюраторних ДВЗ більш токсичний за рахунок більшої кількості CO, NO_x, C_mH_n. Дизельні ДВЗ викидають у великих кількостях сажу. У чистому виді вона нетоксична, але її частки, мають високу адсорбційну активність, несуть на своїй поверхні токсичні речовини, у т.ч. канцерогенні. Сажа може тривалий час знаходитися в завислому стані у повітрі, збільшуючи тим самим час впливу токсикантів на людину. Застосування етилованого бензину сприяє потраплянню в навколишнє середовище свинцю (75% бензину – етилований бензин, який містить від 0,15 до 0,5гPb/л) - це отрута кумулятивної дії. Етилуванням (додаванням присадок-антидетонаторів, наприклад, тетраетилсвинцю чи те-

траметилсвинцю $Pb(CH_3)_4$) підвищують октанове число палива. Наприклад, рідина Р-9 містить:

- 54% $Pb(C_2H_5)_4$,
- 33% бромистого етилу і 6,9% монохромнафталіну,
- 0,1% барвника, 6% наповнювачу (бензину).

Октанове число – це показник детонаційної стійкості, зазначений у марці палива (А-95, АИ-93). Як еталон при визначенні октанового числа використовують суміш ізооктану (о.ч.=100) і н-гептана (о.ч.=0). Відсоток ізооктану в суміші, еквівалентній за детонаційною стійкістю випробовуваному паливу, називається октановим числом палива.

Якість палива для дизельних двигунів (гас, газойль, соляровий дистилят) оцінюється його фракційним складом і цетановим числом. Цетанове число визначається процентним вмістом цетану (цетанове число 100) в еталонній суміші з 1-метилнафталіну (цетанове число 0), що детонує при такому ж стисненні, як і досліджуване дизельне паливо. Чим вище цетанове число палива, тим воно краще.

Автомобіль, що працює на етилованому бензині викидає 30-540 пг діоксинів у діоксиновому еквіваленті на кожен кілометр пройденого шляху.

Близько 70% Pb, доданого в пальне, попадає в атмосферу. З них 30% осідає на шлях відразу за зрізом вихлопної труби, 40% залишається в повітрі. Один вантажний автомобіль середньої вантажопідйомності виділяє 2,5-3кг Pb/рік. Концентрація Pb у повітрі залежить від його вмісту в бензині:

C(Pb)бензин, г/л	0,15	0,20	0,25	0,50
C(Pb)повітря, мкг/л	0,40	0,50	0,55	1,00

Максимальний вміст сполук Pb відзначено в межах 50м від доріг. Досягає воно 200мг/кг ґрунту. Він накопичується рослинами: морква концентрує його до рівнів, що перевищують ГДК у 4-7 разів, пшениця і ячмінь у 5-8 разів, картопля - до 26 разів.

Середній вміст бенз(а)пірену уздовж магістралі може складати 50 мкг/кг і доходити до глибини 1-2 м. На відстані 100 м від траси концентрація бенз(а)пірену перевищує фонові в 3-4 рази.

Викиди C_mH_n - пристінні зони в камері згоряння мають низьку температуру, відбувається гасіння полум’я й утворення тонкої плівки палива (товщиною 0,005-0,4 мкм). Поршень, рухаючись вгору, зіскрібає цю плівку. Збіднення пальної суміші ($\alpha > 1,15$) приводить до регулярних пропусків запалення і нестабільності робочих циклів.

Через зменшення ефективності згоряння пальної суміші при $\alpha >$ I,I5 відбувається різке збільшення C_mH_n у викиді.

Сажа - присутня у викидах дизелів через неповноту згоряння палива чи через крекінг палива на гарячих поверхнях.

Викиди дизеля мають характерний вигляд і запах: чорний дим – сажа (частки вуглецю 0,1-0,3 мкм), що адсорбує органіку; білий дим - туман з парів палива, крапель води, альдегідів, діє на людину подразнююче, з'являється при перебоях *у* системі запалювання, на холостому ході і при малих навантаженнях; блакитний дим - складається з крапель C_mH_n менших, чим у білому димі, утворюється після охолодження відпрацьованих газів.

Викиди NO_x - збільшуються при підвищенні температури згоряння. Максимальна концентрація NO_x створюється у діапазоні $\alpha = 1,05 – 1,1$; при $\alpha = 1,2$ зменшується у зв'язку зі зниженням температури робочого циклу через розводження повітрям. При холостому ході температура згоряння робочої суміші 700-750°, NOx - не утворюється, при 1000-1100°C(NOx) = 0,1%, при 2000-2200° - 0,5%. При великому надлишку повітря температура горіння зменшується, NO_x утворюється в меншій кількості.

У газових двигунів робочий процес не відрізняється від карбюраторного, через більш низькі робочі температури зменшується у викиді кількість продуктів неповного горіння і NO_x.

Зараз у викидах нормуються CO, NO_x, C_mH_n, у перспективі - Pb. У числі нормованих повинні бути Pb, ПАВ (поліциклічні ароматичні вуглеводні), SO_2, альдегіди, сажа.

На викиди шкідливих речовин впливає режим роботи двигуна. У середньому холостий хід займає 30% усього часу руху, гальмування і прискорення – 55%, постійна швидкість 15%.

При холостому ході основні токсиканти - CO і C_mH_n; NO_x відсутній через низьку температуру.

При прискоренні у порівнянні з рухом з постійною швидкістю витрачається палива у 2 рази більше.

При гальмуванні підвищується вміст продуктів неповного згоряння (сажа, альдегіди).

Оптимальна швидкість руху для вантажних автомобілів - 60-65 км/год. При русі з невисокими швидкостями (25-30 км/год) витрата палива на одиницю шляху збільшується в 2-3 рази в порівнянні з оптимальною швидкістю. Для легкових автомобілів оптимальна швидкість - 80-90 км/год. При швидкості 35-30 км/год. витрата палива також збільшується в 2-3 рази. Мінімум викидів збігається з мінімумом витрат.

Вимоги ЄЕК ООН (Комітет з екологічної політики Європейської Економічної Комісії) щодо токсичності відпрацьованих газів транспортних двигунів пос-

лідовно посилюються:

Правило №49 - 1982р.,

Поправка 01 – 1990р.,

Поправка 02 (Євро 1) – 1993р.,

Доповнення до Поправки 02 (Євро 2) – 1996р.,

Поправка 03 (Євро 3) – 2000р.,

Євро 4 – 2005р.

Застосування правила № 49 ЄЕК ООН передбачає, що автомобіль повинен відповідати тим вимогам, що діяли на момент його виробництва. Наприклад, автомобіль, випущений у 1995 році, повинен відповідати вимогам, що вступили в силу до цього моменту, тобто вимогам Євро 2. В наступні роки до такого автомобіля не застосовуються жорсткі нормативи токсичності, що вводяться знову.

Норми токсичності вихлопу автомобілів для європейських країн:

Правила ЄЕК	Рік введення	Вміст у вихлопі, г/кВт*год			
		NOx	CO	CH	тверді частки
ECR R 49.00	1982	18	14	3,5	не регламент.
Euro 0	1988	14,4	11,2	2,5	-«-
Euro 1	1993	8,0	4,5	1,1	0,36
Euro 2	1996	7,0	4,0	1,1	0,15
Euro 3	2000	5,0	2,0	0,6	0,10
Euro 4	2005				

Граничний рівень зовнішнього шуму для транспортних засобів встановлений у межах 77-80 дБ.

У 1999 році введено новий стандарт «Євро-3» з більш жорсткими вимогами, у т.ч. до якості палива й мастил.

По програмі «AUTO oil» для США і країн Європейської Співдружності:

- бензин: вміст Pb не допускається, S – не більше 0,015%, ПАВ – не більше 1%, О – не менше 2,7%;

- дизельне пальне: S – не більше 0,035%, ПАВ – не більше 1%.

До 2005 року вміст S у паливі не повинен перевищувати 0,005%.

Першорядне значення для зменшення забруднення атмосфери автомобілями має їхній технічний стан. Цілком справний двигун споживає менше палива, тому утворює менше викидів.

Зменшення маси транспортного засобу є важливим напрямком поліпшення екологічних показників. Так, на кожну додаткову тонну маси автомобіля витрачається на 100 км шляху додатково 2,5 л бензину чи 1,6 л дизельного палива.

До складу каталітичних нейтралізаторів входять: платина, паладій, цирко-

ній, рутеній, цезій і інші рідкісноземельні елементи. Найбільш ефективними каталізатори на основі благородних металів (платини і паладію). Платина – універсальний каталізатор, що прискорює як реакції окислювання, так і реакції відновлення. Паладій, як правило, використовують для прискорення окисних реакцій. Як каталізатори відновлювальних реакцій використовують також оксиди міді, марганцю, ванадію, хрому і т.д. Розрізняють низько-(100-300^{o}C) і високотемпературні (>300^{o}C) каталізатори. До низькотемпературного відноситься суміш оксидів марганцю, міді, ванадію, хрому і т.д. Високотемпературні – платина і паладій. Звичайно метал-каталізатор наносять на високопористий керамічний носій. Кількість нанесеного металу досягає 9 г, робоча поверхня – 15000 м^2. У США щорічно у виробництві каталізаторів використовується близько 20 т платини і 8 т паладію. Досягається ступінь очищення 90%. Тривалість роботи каталізатора 80-90 тис.км.

З 1993 року усі країни ЄЕС випускають автомобілі з нейтралізаторами, а уряд Німеччини виплачує власникам старих автомобілів безоплатні субсидії в розмірі 100 марок на покупку й установку нейтралізаторів.

Дуже сильно автотранспорт впливає на землю. На 1 км дороги відводиться до 10-12 га землі. Особливо великі площі займають транспортні розв’язки: від 15 га (при перетинанні двополосних доріг) до 35 га (при перетинанні магістралей із шістьма смугами руху). Ґрунти піддаються ерозії, ущільненню, мінералізації, руйнуванню структури, надлишковому перезволоженню, заболочуванню, зсувам. Це пов’язано з тим, що дороги з твердим покриттям складають лише 15%, а в сільській місцевості 8-11%; виникає багатодоріжжя - сукупність ґрунтових доріг, утворених в силу необхідності дублювання традиційних шляхів, або утворених завдяки автомобільному туризму. Час життя таких доріг приблизно 7 років.

Щорічно з коліс одного автомобіля стирається до 10кг гуми, а з асфальтового покриття доріг – шар у 1 мм. Це значить, що на шосе шириною 10 м на кожні 100 км утворюється в рік 100 т пилу.

Відходи автотранспортних підприємств (АТП).

Нафтопродукти надходять в навколишнє середовище при підтіканні мастил від агрегатів автомашин і від зовнішньої мийки автомобілів. У середньому за рік у мийці легковий автомобіль залишає 50 кг забруднюючих речовин, вантажний – 250.

На дно акумуляторних батарей осідає свинцевий пил і шматочки свинцевих пластин. Тому мийка акумуляторних банок повинна проходити в спеціальних місцях.

Етиленгліколь – складова антифризів, він отрутний, має велику проника-

ючу здатність і при найменших нещільностях у системі охолодження потрапляє в навколишнє середовище.

Необхідно утилізувати гальмову рідину.

Автомобіль за свій життєвий цикл утворює таку масу відходів, яка у 10 разів перебільшує масу самого автомобіля. Якщо при цьому врахувати використану воду (система охолодження і мийка), то маса відходів перевищить масу автомобіля в 100 разів. Наприклад, АТП із 150 автомобілів ЗІЛ-130 за рік експлуатації утворює 1,5 тис.т вторинних ресурсів і відходів, а з урахуванням споживання води – 9 тис.т.

Склад стічних вод АТП:

Категорії автомобілів	Концентрація забруднень, мг/дм^3			
	Зважені речовини	Нафтопродукти	$БСК_{20}$	РЕЗ
Легкові	400-600	20-40	20-40	0,01
Автобуси	900-1300	20-50	30-40	0,01
Вантажні малої підйомності	1400-1800	40-50	30-40	0,1
Вантажні великої підйомності	2000-4000	50-150	30-40	0,1

$БСК_{20}$ = біологічне споживання кисню за 20 діб

РЕЗ – розчинно-емульгуючі засоби

Залізничний транспорт

Переважно здійснює перевезення вантажів і пасажирів на далекі відстані. По обсягах перевезень вантажів і пасажирів займає 2 місце після автотранспорту.

Основні види взаємодії з навколишнім середовищем:

- споживання паливних ресурсів і електроенергії;
- споживання води підприємствами (депо, майстерні) і рухомим составом;
- різноманітні викиди твердих, рідких і газоподібних речовин в усі геосфери підприємствами, рухомим составом, при вантажно-розвантажувальних роботах, через неякісне упакування. При цьому викиди підприємств локальні, а викиди рухомого составу поширені на всьому протязі доріг.

Хоча залізничний транспорт впливає на навколишнє середовище, але за абсолютним значенням забруднення від залізничного транспорту значно менше, ніж від автомобільного, тому що:

- це один із самих ощадливих по витраті палива на одиницю транспортної роботи транспорт (менша витрата палива обумовлена більш низьким коефіцієн-

том опору при русі колісних пар по рейках у порівнянні з рухом автомобільних шин по дорозі);
- широким застосуванням електричної тяги (у цьому випадку викиди від рухомого составу відсутні);
- меншим відчуженням земель під залізниці в порівнянні з автодорогами (одна смуга руху для автодоріг 1 і 2 категорії складає 3,75 м, відповідно для автодороги з 4-ма смугами руху ширина проїзної частини дорівнює 2х7,5 м, з 6-ма смугами – 2х11,25 м, а на двоколійну залізницю - 10-12 м).

Принципово викиди тепловозних двигунів не відрізняються від автомобільних, тому що відпрацьовані гази мають аналогічний склад. Але режим роботи тепловозних дизелів більш стабільний, тому виділення забруднюючих речовин менше, ніж при автомобільних перевезеннях. Ступінь забруднення наближається до автомобільного тільки при маневровій роботі. З електрифікацією вплив залізниці на навколишнє середовище зменшується.

Основний вплив на атмосферу спостерігається при використанні тепловозів з дизельними силовими установками, 2-3% від всього об’єму викиду складають картерні гази і випари палива, а 97-98% - токсичні речовини відпрацьованих газів.

Середньоексплуатаційні викиди забруднюючих речовин у відпрацьованих газах дизелів локомотивів:

Назва забруднюючої речовини	Норми викидів, г/(кВт*год)	
	експлуатація до 2-х років	експлуатація більше 2-х років
NO_2	18	18
CO	10	12
C_mH_n	4	4,5

Одна секція магістрального тепловозу викидає в атмосферу за годину роботи 28 кг CO, 17,5 кг NO_x, до 2 кг сажі. Разом з тим маневрові тепловози працюють у перемінних режимах з частими рушаннями, прискореннями і гальмуваннями. У цьому випадку викид відпрацьованих газів значно зростає.

Залізниці забруднюють літосферу металевим пилом за рахунок інтенсивного стирання чавунних гальмових колодок. Він осідає уздовж шляху на ґрунті, на рослинах. Щорічно в пил переходить 300-350 тис.т чавуну. При зупинці і рушенні потягів з букс колісних пар виливаються рідкі мастильні матеріали. З вагонів-цистерн під час перевезень внаслідок негерметичності клапанів і зливальних приладів, нещільностей люків втрачаються нафтопродукти. Найбільше забруднення ґрунтів рухомими формами важких металів відзначається на земляній полотнині дороги і в технічній смузі земельного відводу, безпосередньо

пов’язаною з рейковою колією:

Елемент	Фон, мг/кг	Рівень забрудненості у смузі відводу, мг/кг
Марганець	‹50	250
Хром	‹10	150
Ванадій	‹10	15
Цинк	‹5	300
Нікель	‹2	300
Мідь	‹1	300
Свинець	‹0,8	300
Молібден	‹0,3	2
Кобальт	‹0,5	5
Кадмій	‹0,1	8

Крім забруднення важкими металами слід зазначити забруднення прилегістральних територій органічними речовинами. Аналіз хімічного забруднення ґрунтів триметрової смуги впродовж рейкового шляху на залізничних станціях показав, що ґрунти забруднені щонайменше десятьма поліциклічними ароматичними (ПАВ) і іншими вуглеводнями. При цьому вміст 3,4-бенз(а)пірену перевищує ГДК у ґрунтовому покриві до 70 разів.

В окремих районах виникає проблема забруднення шляху і прилягаючих районів вугільним і рудним пилом через здування з вантажів, що перевозяться, і очищення вагонів; нафтопродуктами з-за витоку і пропарювання цистерн тощо.

Відходи залізничного транспорту поділяються на 4 класи небезпеки:

1 клас – надзвичайно небезпечні (відпрацьовані люмінесцентні лампи, відходи пайки і гальванічних ділянок),

2 клас – високонебезпечні (рідкі відходи фарб, розчинників; відходи, що містять ПХВ і хлорорганічні сполуки; відходи хімчистки; лужні розчини, електроліти),

3 клас – помірковано небезпечні (відпрацьовані олії, шлами нафтопродуктів, відходи масляних фільтрів і промаслене дрантя, пил абразивно-металевий та ін.),

4 клас – малошкідливі (відходи відпрацьованих деталей, зола вугільних котелень і кузень, відходи деревної стружки і пилу, будівельне і побутове сміття та ін.).

З пасажирських вагонів відбувається забруднення залізничної полотнини сухим сміттям і стічними водами. На кожний кілометр шляху виливається до 180-200м^3 водяних стоків, причому, 60% приходиться на перегони, інше – на територію станцій. Дотепер пасажирські вагони не повністю переведені на еле-

ктропідігрівання. При роботі пічного опалення у вагонах, для якого використовується кам'яне вугілля, відбувається утворення відходів (див.горіння органічного палива).

Рефрижераторні секції і вагони, що використовуються для перевезення продукції, що швидко псується, обладнані холодильними установками, що працюють від автономних дизелів. При змушених простоях холодильна установка приводиться в дію дизелем, який за годину роботи спалює 23кг дизельного палива. Для підтримки заданої температури дизель повинен працювати 10годин на добу. У холодильних установках використовуються озоноруйнуючі речовини (фреон і інші хлорфторвуглеці). Кожна холодильна машина (їх дві на вагон) заправлена 35кг фреону.

До стаціонарних джерел забруднення відносяться локомотивні, вагонні депо, підприємства промислового залізничного транспорту, заводи по ремонту рухомого составу, підприємства по переробці щебеню, пункти підготовки й обмивки вантажних і пасажирських вагонів. Основна функція локомотивних депо – ремонт і профілактика рухомого составу. При проведенні ремонтів в атмосферу надходить пил (металевий, деревний, піщаний, кам'яновугільний), сажа, оксиди марганцю, оксиди азоту, сполуки фтору, пари сірчаної кислоти і лугів, оксид вуглецю, нафтовий бензин. У складі вагонних депо як самостійні підприємства діють промивочно-пропарювальні станції (ППС), де виконується очищення цистерн від залишкових нафтопродуктів. В Україні функціонує 5 ППС. Очищення складається з наступних операцій:

- пропарювання внутрішньої порожнини парою,
- промивання гарячою водою,
- продувка і видалення залишкових газів із цистерни (дегазація).

Усі вони супроводжуються виділенням забруднюючих речовин.

На ППС щодоби обробляється більш як 250 цистерн, шкідливі викиди складають більше 3 т на добу:

Тип оброблюваної цистерни	Речовини, що виділяються, кг/цистерна		
	бензол	ксилол	C_mH_n
Місткістю 60т від світлих нафтопродуктів (бензин, гас, дизельне паливо)	4,55	2,77	8,47
Те ж, від темних нафтопродуктів (мазут, нафта)	-	-	3,97

Стічні води ППС (обсягом від 60 до 500 $м^3$) забруднені нафтопродуктами, розчинними органічними кислотами, фенолами. Якщо в цистерні перевозили етилований бензин, стоки містять тетраетилсвинець.

Нормативи водоспоживання і водовідведення ППС, $м^3$/цистерна:

Види робіт	Споживання свіжої води	Споживання оборотної води	Водовідведення	Втрати
Зовнішнє обмивання цистерн	0,35	2,50	0,15	0,20
Внутрішнє оброблянн цистерн:				
- від нафтопродуктів та хімікатів,	0,11	3,50	0,05	0,06
- від мазуту й бітуму	0,35	10,00	0,15	0,20

Стічні води ППС забруднені, в основному, нафтопродуктами і мінеральною суспензією. В них також можуть міститися луги, феноли, складна суміш хімічних речовин, якщо виконується обробка цистерн з-під хімічних вантажів. У стічних водах містяться:

- завислі речовини – 100-20000 мг/л,
- нафтопродукти – 100-600 мг/л,
- pH – 7-9,
- окислюваність – 20-300 мгO_2/л,
- фенолів – 5-100 мг/л,
- ефіророзчинені речовини – 20000-50000 мг/л.

Водний транспорт

Морському транспорту належить третє місце по вантажообороту після трубопровідного і залізничного. Це основний вид зовнішньоторговельного зв’язку.

Водні шляхи поділяються на морські (океани, моря, затоки, гирла великих рік, морські канали) і річкові (ріки й озера в природному стані і штучні шляхи – шлюзовані ріки, судноплавні канали, водоймища).

Особливістю водного транспорту є велика розмаїтість об’єктів (морські і річкові, самохідні і несамохідні, наливні, пасажирські, суховантажні, допоміжні судна, порти, плавучі і берегові підприємства - СРЗ).

Ефективність функціонування річкового транспорту України значно нижче (приблизно на 20%) у порівнянні з розвинутими країнами, які мають подібні ресурси і такі види транспорту.

Забруднення навколишнього середовища відбувається двома каналами:

- судна і підприємства забруднюють довкілля відходами, одержуваними в результаті експлуатаційної і виробничої діяльності,

- викиди токсичних вантажів в аварійних ситуаціях (найчастіше - нафта і нафтопродукти).

В умовах звичайної експлуатації основні джерела забруднень: суднові двигуни, головна енергетична установка, а також вода, використовувана для мийки вантажних танків і баластові води.

Більшість суден обладнана двигунами внутрішнього згоряння (ДВЗ). З огляду на загальну схему функціонування у взаємодії з навколишнім середовищем суднову енергетичну установку можна порівняти з відповідним типом електростанції. При цьому викиди залежать від умов її обслуговування й експлуатації, а також режимів роботи.

Судна проходять великі відстані з постійною швидкістю, двигуни тривалий час працюють в оптимальному режимі, тому відпрацьовані гази містять мінімум токсичних речовин. У 1997 р прийняті "Правила запобігання забруднення атмосфери суднами", що передбачають з 2000 р більш жорсткі обмеження викидів сполук азоту і сірки. Відповідно до них, вміст NO_x повинен складати 9-17г/кВт*год, SO_x – до 6г/кВт*год, димність – до 0,15г/м^3. Судна, що експлуатуються на міжнародних лініях, повинні мати Міжнародне свідоцтво про запобігання забруднення повітряного середовища, що видається на термін 5 років.

По оцінках фахівців у моря й океани виливається до 10 млн.т нафтопродуктів за рік. Кожна тонна нафти покриває плівкою площу водної поверхні розміром у 12 км^2 . Нафтова плівка перешкоджає проникненню у воду кисню з повітря. При товщині плівки 4 мм і концентрації нафти у воді 17 мг/дм^3 кількість розчиненого кисню знижується за 20 діб на 40%. Підвищення концентрації нафти до 20-23 мг/дм^3 викликає порушення рухливості риб та їхню загибель. Вважається, що забруднення поширилося на 25% поверхні Світового океану.

Джерела надходження нафти:

- з суден, що знаходяться в морі - 28%;
- зі стоками рік - 26%;
- з суден, що базуються у портах – 14%;
- із атмосфери – 10%;
- іншими шляхами – 4%.

Нафтовими залишками забруднена промивна вода від танків, баластова вода (у танку залишається близько 1% нафти). Тоннаж танкерів безупинно зростає і перевищує 300-600 тис. т.

У 1973 р на конференції щодо запобігання забруднення моря, проведеною Міжнародною морською організацією (IMO), був прийнятий важливий міжнародний документ: "Конвенція по запобіганню забруднення із суден". У 1978 р назву "Конвенція" було змінено на "Міжнародна конвенція по запобіганню забруднення із суден 1973 року, що змінена Протоколом 1978 року", скорочено МАРПОЛ 73/78. Крім того, розроблено 5 Додатків до цієї Конвенції, у яких містяться правила запобігання забрудненню із суден.

Додатки до МАРПОЛ 73/78:

Додаток 1 – Правила запобігання забрудненню нафтою.

Додаток 2 – Правила запобігання забрудненню шкідливими рідкими речовинами, що перевозяться наливом.

Додаток 3 – Правила запобігання забрудненню шкідливими речовинами, що перевозяться морем в упаковці, у вантажних контейнерах, знімних танках, автодорожніх і залізничних цистернах.

Додаток 4 – Правила запобігання забрудненню стічними водами із суден.

Додаток 5 – Правила запобігання забрудненню сміттям із суден.

Країни, що підписали Конвенцію, допомагають один одному в навчанні технічного персоналу, постачанню устаткування для прийому стоків, приладів для виміру їхніх об'ємів, сприянні іншим заходам у зменшені забруднення морського середовища.

Кожний нафтовий танкер забезпечується Журналом нафтових операцій, що є або частиною офіційного суднового журналу, або окремим журналом. У ньому фіксуються операції прийому в танки баласту, нафтового палива, видалення нафтових залишків, скидання їх за борт, видалення льяльних вод, а також усі вантажні операції з нафтою, включаючи завантаження, вивантаження тощо. Записи про випадки виняткового чи аварійного скидання нафтоутримуючої суміші з викладанням причин і обставин також заносяться до Журналу.

Для зведення до мінімуму забруднення моря нафтою при ушкодженнях борта чи днища танкера "Конвенція" передбачає обмеження в конструкції судна щодо розташування і розмірів вантажних танків. Об'єм будь-якого бортового нафтового танку не повинен перевищувати 30000 м^3, а центрального – 50000 м^3. Довжина будь-якого вантажного танку не повинна перевищувати 10 м або визначеної спеціальними розрахунками величини.

Проведення днопоглиблювальних робіт по очищенню дна рік і акваторій супроводжується зміненням водного ландшафту і впливом на гідробіонти. Часто відвали ґрунту, вийнятого при розробці судноплавних шляхів, складують на березі, що викликає його ерозію, вторинне хімічне забруднення і порушує рівновагу берегових екосистем. Гідромеханізовані роботи днопоглиблення негативно впливають на іхтіофауну і кормову базу риб.

Морські і річкові порти створюють локальні зони забруднення. В них перетинаються, як правило, кілька видів транспорту. Порти здійснюють накопичення, збереження і сортування вантажів, прийняття і відправлення, виконання перевантажувальних робіт і пасажирських операцій, бункерування суден (заправлення паливом, водою, продуктами харчування і т.д.). Часто до порту примикає залізнична станція з парком відстою вагонів. На території порту (чи біля нього) можуть розміщуватися суднoремонтні підприємства.

Повітряний транспорт

Перші регулярні авіарейси в колишньому СРСР було розпочато в 1920 році на маршруті Москва – Харків.

Цей вид транспорту не відіграє істотної ролі в загальному обсязі вантажних і пасажирських перевезень, хоча поза конкуренцією по швидкості доставки на великі відстані.

Елементи повітряного шляху:

- рухомий состав (транспортні літальні машини або літаки, гелікоптери),
- аеропорти,
- аеродроми,
- стоянки техобслуговування і ремонту рухомого составу,
- наземне аеронавігаційне обладнання.

Переваги повітряного транспорту проявляються з відстані 200 км.

Аеропорт займає 25-50 км^2 (Далласький - 70 км^2). Задля безпеки польотів і через шум непридатні для житла близько 120 км^2.

Взаємодія з навколишнім середовищем пов'язана з польотами всіх типів літаків і гелікоптерів, а також з будівництвом і функціонуванням аеропортів і ремонтних підприємств, що, як правило, розташовуються поблизу великих промислових центрів.

В авіації застосовується 2 види палива: гас і бензин, які дещо відрізняються за складом продуктів згоряння. Етилований бензин (C_4 – C_{12}), що використовують на літаках з поршневими двигунами, відпрацьовані гази яких містят Pb, тобто викиди аналогічні викидам автотранспорту. Доля літаків з поршневими двигунами незначна і постійно зменшується.

На основній масі літаків використовуються газотурбінні (реактивні), тобто теплові двигуни, що працюють на гасі, у яких повітряно-паливна суміш спочатку стискується і нагрівається (у камері згоряння), а потім енергія стиснутої і нагрітої суміші перетворюється на механічну роботу. ККД ГТД досягає 50%.

Витрата палива для різних етапах польоту залежить від тривалості рейсу: при дальності польоту 550-570 км на зліт і набір висоти йде 50%, на крейсерський політ – 25%, на зниження і посадку – 25% палива. При збільшенні дальності польоту у 2 рази на зліт і набір висоти йде 45%, на зниження і посадку – 15% палива. При збільшенні дальності у 3 рази витрата палива на крейсерський політ збільшується до 63%.

На висотах більше 12-15 км збільшується питома витрата палива через погіршення повноти згоряння. Продукти згоряння палива (гасу) у ГТД містять нетоксичні CO_2, пару H_2O, N_2, а також CO, NO_x, вуглеводні (метан, ацетилен, етан, етилен, пропан, бензол, толуол), альдегіди (формальдегід, акролеїн та оц-

товий альдегід), тверді частки сажі, що утворюють димний шлейф за соплом. Крім цього, літаки викидають і вихідне паливо не тільки при аварійних ситуаціях, але й при продуванні і спорожнюванні ємностей, після невдалого запуску двигуна чи після його вимикання після польоту.

Від старту до зльоту літак спалює близько 2000 л палива. Сумарний викид токсичних речовин в атмосферу літаками з ГТД безупинно росте, що зв'язано з підвищенням витрати палива до 20-30 т/год і ростом числа експлуатованих літаків.

На відпрацьовані гази авіаційних двигунів приходиться 87% усіх викидів цивільної авіації.

Дослідження продуктів згоряння двигунів літака "Боінг-747" показали, що вміст токсикантів у продуктах згоряння істотно залежать від режиму роботи двигунів. Близько 42% загальної витрати палива і високі концентрації CO і вуглеводнів характерні при роботі двигуна на знижених режимах (холостий хід, вирулювання на і із злітно-посадочної смуги, наближення до аеропорту, захід на посадку), а вміст NO_x істотно зростає при режимах роботи, близьких до номінального (зльот, набір висоти, польотний режим).

Режим злітно-посадочного циклу	Відносна тяга двигуна у режимі	Час роботи у режимі, хв	Переважні забруднюючі речовини у викиді
Холостий хід і руління перед зльотом та після посадки	0,07	22,0	CO, C_mH_n
Зліт	1,00	0,7	NO_x
Набір висоти до 900 м	0,85	2,2	NO_x
Захід на посадку с 900 м	0,30	4,0	CO, C_mH_n

Шумовий вплив спричиняють авіадвигуни, допоміжні силові установки, аеродромний спецавтотранспорт, авіаційно-технічні бази і ремонтні заводи. Різновидом шумового впливу є звуковий удар. Він виникає при польоті літака з надзвуковою швидкістю. Механізм дії звукового удару заснований на утворенні ударної хвилі й імпульсного звуку. Ударна хвиля – це тонка перехідна область, що поширюється в повітрі з надзвуковою швидкістю, у якій відбувається стрибкоподібне збільшення густини, тиску і температури речовини. Навколо літака при польоті з надзвуковою швидкістю створюється конус стрибків (перепадів) від надлишкового тиску до різко зниженого (негативного). Він рухається в напрямку незжатого повітря, при цьому поле тиску змінюється. При контакті з поверхнею Землі виникає імпульсний звук у результаті раптового і швидко зникаючого підвищення тиску. Інтенсивність звукового удару залежить від форми і

маси літака (збільшення його маси викликає посилення інтенсивності удару). Звуковий удар має негативний вплив: серед тварин найбільш піддані його дії коні, північні олені, морські котики й ін. Механічний вплив удару викликає схід сніжних лавин, каменепади і т.д. Крім цього, в сліді надзвукового літака відбувається понад 300 хімічних реакцій й утворюються конденсаційні шлейфи. Компоненти реактивних струменів (гідроксил, атомарний кисень, оксиди сірки та ін.,) руйнують атмосферний озон, впливають на процеси утворення хмар. Останні міжнародні дослідження свідчать: світовий парк надзвукової авіації не повинен перевищувати 500-600 одиниць.

У цивільній авіації гучність літаків визначається стандартами ICAO для країн ЄС: з 1 квітня 2002 р повністю заборонені польоти літаків, що не відповідають цим стандартам. Літаки, що не відповідають вимогам ICAO, а також аналогічним вимогам американського стандарту FAR 36, уже не підлягають занесенню до Регістрів цивільної авіації своїх країн.

Крім шумового забруднення авіація призводить до електромагнітного забруднення середовища. Його викликає радіолокаційна і радіонавігаційна техніка аеропортів і літальних апаратів, необхідна для проведення польотів. Радіолокатори випромінюють у високій, надвисокій і ультрависокій областях частот.

Трубопровідний транспорт.

Цей транспорт доцільно застосовувати при великих об’ємах транспортування рідких і газоподібних продуктів. Є найбільш екологічно безпечним видом транспорту. Призначений для транспортування рідких (вода, нафта) і газоподібних (газ) речовин.

Вартість транспортування набагато менше, ніж залізничним чи водним транспортом. Швидкість переміщення рідких палив 0,6-1,0 м/сек. Для підтримки розрахункової швидкості через кожні 50-60 км будують підкачувальні насосні станції. Переміщення газу йде під тиском 2,5 МПа за допомогою компресорних установок, розташованих через 80-100 км.

Трубопровід може бути наземним, підземним і в насипах. До складу магістральних споруд входять:

- головні споруди (підготовка, очищення продукту, що транспортується,);
- лінійні споруди (сам трубопровід);
- компресорні станції (дизельні приводи звичайно розміщують поза житловими зонами, якщо електропривод - забруднень немає);
- розподільні станції (наприкінці трубопроводу);
- сховища чи резервуари.

На 01.01.2002р в Україні експлуатувалось 37,1 тис.км газопроводів, у тому числі 24 тис.км магістральних, і 13 одиниць підземних газових сховищ із за-

гальним об’ємом більше 30 млрд.м^3. Сумарна довжина нафтопроводів – 4750 км, 37 нафтоперегонних станцій. Введено в дію трубопровід Одеса - Броди довжиною 673 км для транспортування каспійської нафти, підключений до нафтоперевалочного комплексу в порту Южний, потужністю 30 млн.т.

При прокладці трубопроводів відчужується земля. У деяких країнах ширина смуги відчуження складає 8 м, у Росії й Україні в 2-3 рази ширше.

За допомогою газо- і нафтопроводів транспортують 48% усіх нафтовантажів. Є основним транспортом для нафти і газу для більшості родовищ Півночі, Західного і Східного Сибіру - єдиний.

Переваги: найменші втрати, більш екологічний вид транспорту.

Вплив трубопроводного транспорту на навколишнє середовище відбувається при будівництві його об’єктів, у процесі експлуатації і при виникненні аварійних ситуацій.

У ході будівництва трубопроводу проводиться розчищення від рослинності і профілювання траси. Ширина “коридору”, у межах якого ведуться роботи, відповідно до норм відводу земель, для магістральних трубопроводів діаметром 1220-1420 мм складає від 30 до 45 м. Крім цього в більшості випадків для доставки будівельних матеріалів, труб і устаткування споруджуються тимчасові під’їзні колії, під які додатково займаються землі за межами смуги відводу.

Прокладення трубопроводів може здійснюватися підземним, наземним і надземним способами. Наземний припускає спорудження спеціального насипу під трубопровід, а надземний – зведення опор. Наземні прокладки трубопроводів заважали міграції тварин. Зараз прокладення трубопроводів ведеться підземним способом з надійною теплоізоляцією. Транспортування газу ведеться після попереднього стиснення на компресорній станції, у результаті чого температура газу піднімаються до 60^{o}С і наступного охолодження до негативних температур.

Екологічні впливи при експлуатації трубопроводу більш тривалі за часом, чим при будівництві. Пов’язані вони з протіканнями через негерметичність труб, несправності запірної арматури (засувок, вентилів, кранів і т.д.), просочування продукту в довкілля відбувається через тріщини і розриви трубопроводів, від “подиху” резервуарів.

Забруднення і їхні причини:

- викиди легких вуглеводнів при заповненні резервуарів і температурних коливаннях;
- випаровування нафти з поверхні стічних вод, при витоках і аварійних розливах (можливе потрапляння нафти у водойми);
- продукти зачищення труб і резервуарів від парафіносмолистих відкладень.

Джерела забруднень:

- при перекачуванні на станціях і нафтоналивних пунктах;
- на лінійних ділянках такими джерелами можуть бути мікротріщини, корозійні свищі у трубах, у зварних з'єднаннях, у сальниках запірної апаратури.

Аварії пов'язані з залповими викидами нафти і газу є найбільш небезпечними, тому що нафта просочується у ґрунт, попадає у водойми, забруднює підземні води, випаровується в атмосферу. Можливі прориви підводних нафтопроводів.

Особливу небезпеку представляє зосередження різно- і однорідних трубопроводів в одному технологічному коридорі (наприклад, на 205 км траси Уренгой – Ужгород у вузлі взаємного перетинання 15 ниток найбільших трансконтинентальних газопроводів щодоби перекачують близько 1,4 млрд.м^3 газоподібних вуглеводнів під тиском 7,5 МПа). 03.06.89р. аварія трубопроводу Нижньовартівськ - Нафтокамськ (викид зрідженого нафтового газу), що привела до вибуху між потягами, які рухались назустріч один одному . Загальна площа вибуху 2,5 км^2, зона середніх руйнувань перевищила 75 км^2. Загинуло 1224 людини.

По території України прокладено 6 тис.км нафтопроводів, 16,7 тис.км газопроводів і 830 км магістрального аміакопроводу.

При транспортуванні газу утворюються конденсаційні води, що містять органіку (газоконденсат, олія, метанол, діеэтиленгліколь, фенол, гідрати вуглеводнів) і неорганіку (Ca^{+2}, CN^-, SO^{-2}_4, NO^-_3, Mo^{+2}, Fe^{+3}, NH_4^+). Усе це видувається в навколишнє середовище при чищенні і ремонті.

При чищенні технологічної апаратури використовуються і попадають у навколишнє середовище:

- рідкі речовини - HCI, H_2SO_4, HNO_3, H_3PO_4, KOH, трилон Б;
- тверді частки - гідрати вуглеводнів, меркаптиди, важкі метали і механічні домішки - глина, іржа.

Нафта і газ несуть тепло, тому можливо відтавання ґрунту, просідання і прориви труб.

Питання для самоперевірки:

1. Шляхи забруднення навколишнього природного середовища автотранспортом.
2. Коефіцієнт корисної дії ДВЗ.
3. Коефіцієнт надлишку повітря.
4. Вплив коефіцієнта надлишку повітря на потужність та на склад викидів ДВЗ.
5. Питома ефективність використання потужності двигуна різними транспортними засобами.
6. Залежність складу викидів ДВЗ від режиму руху автотранспорту.

7. Небезпека, пов’язана з застосуванням етилованого бензину.
8. Взаємодія повітряного транспорту з навколишнім природним середовищем.
9. Взаємодія водного транспорту з навколишнім природним середовищем.
10. Взаємодія залізничного транспорту з навколишнім природним середовищем.

2.3. Видобувна промисловість

Видобувна промисловість – це комплекс галузей по видобутку і первинній переробці корисних копалин. Основні групи: паливна, рудовидобувна, промисловість нерудних корисних копалин, гірнохімічна.

Паливна - сукупність галузей промисловості, зайнятих видобутком і переробкою різних видів палива (вугільна, нафтова, газова, сланцева і торф'яна).

Рудовидобувна – здобуває руди чорних, кольорових металів, рідких і розсіяних елементів.

Промисловість нерудних корисних копалин видобуває будівельні матеріали, а також вогнетриви, абразиви, технічні і дорогоцінні камені.

Гірничо-хімічна промисловість видобуває, збагачує і здійснює первинну обробку апатитонефелінових і фосфоритних руд, природних кам'яних солей, руд, що містять сірку, бор, миш'як, барій, барит, а також одержує йод і бром.

Запаси родовищ корисних копалин залежно від ступеня розвіданості родовища, вивченості якості копалини та технічних умов розробки підрозділяють на чотири категорії А, В, C_1 і C_2. Кожній категорії відповідає відповідний ступінь вивченості.

Категорією А класифікуються запаси, розвідані і вивчені детально, при цьому забезпечується повне виявлення умов залягання, форми і будови тіла корисної копалини; повне визначення природних типів і промислових сортів мінеральної сировини, їхнього співвідношення і просторового положення; повне з'ясування якості, технологічних властивостей корисної копалини і природних факторів, що визначають умови ведення гірничо-експлуатаційних робіт.

Контур запасів корисних копалин категорії А встановлюється шпарами чи гірськими виробками. Для запасів, віднесених до категорії А, можливе складання і затвердження технічного проекту.

Категорією В класифікуються запаси менш детально вивчені. При цьому визначаються основні особливості умов залягання, форми і будови тіл корисної копалини без точного відображення їхнього просторового положення.

Контур запасів категорії С встановлюється за даними розвідницьких виробок.

Категорією C_1 класифікуються запаси корисної копалини, вивчені загалом. Контур запасів категорії C_1 визначається на підставі розвідницьких вироблень, а також за геологічними і геофізичними даним.

Категорією C_2 класифікуються запаси, попередньо оцінені на підставі геологічних і географічних даних, підтверджених розкриттям корисної копалини в окремих місцях, або за аналогією з розвіданою ділянкою.

Існує міжнародна класифікація корисних копалин. У ній виділені три категорії ресурсів:

R-1 – ресурси детально вивчених родовищ, для яких встановлені умови залягання, морфологія і якість окремих тіл корисних копалин;

R-2 – загалом оцінені ресурси, геологічні параметри яких обміряні в деяких місцях і вони є резервом для приросту ресурсів R-1;

R-3 – ресурси невиявлених типів, оцінені на основі геологічної екстраполяції, геофізичних і геохімічних даних або за допомогою пошукових методів, що використовуються для вибору напрямку розшукових робіт і оцінки перспектив окремих районів.

Категорії R-1 і R-2 підрозділяються за ступінем рентабельності на дві групи:

E – ресурси, експлуатація яких за існуючих в окремій країні (чи регіоні) соціально-економічних умов і на базі існуючих технологій можлива і рентабельна;

S – ресурси, розробка яких недоцільна з огляду економічного інтересу через відсутність промислової технології видобутку корисних копалин. У залежності від змінень в економіці, технології видобутку і переробки ресурсів категорії R-1-S і R-2-S можуть переходити в категорії R-1-E і R-2-E.

У видобувній промисловості об’єктами основного виробництва вважаються підприємства по видобутку (шахти, розрізи, кар’єри), фабрики по збагаченню, а також відвали і хвостосховища, де складуються і консервуються некондиційні руди і відходи всього промислового комплексу.

Технологічні процеси видобувної промисловості можна розділити на 3 групи:

- переміщення речовини в межах літосфери,
- зменшення концентрації елементу в літосфері,
- зміна складу при збагаченні.

Роботи, що проводять при виїмці корисної копалини чи породи, називаються гірничими. У результаті їх проведення в товщі землі утворюються порожнечі – гірничі виробки. Вони різноманітні за формою, розмірам, призначенням, положенням у просторі. Розрізняють виробки відкриті, що розташовані на земній поверхні і мають незамкнений контур поперечного перетину і підземні – із замкненим контуром поперечного перетину, розташовані на деякій глибині від поверхні.

На території України розвідано 7,5тис.родовищ корисних копалин, з яких 4,5тис.експлуатуються. Об’єм видобутку гірської маси складає 2,7 млрд.т/рік, з яких 1,9 млрд.т є розкривними породами і відходами переробки.

У колишньому СРСР приріст національного доходу на 2/3 забезпечувався використанням додаткових ресурсів і приблизно на 1/2 - підвищенням ефективності використання ресурсів. Таке співвідношення екстенсивних і інтенсивних факторів виробництва склалося історично. Екстенсивний розвиток виробництва призвів до залучення в господарський оборот значних об'ємів природних ресурсів. У зв'язку з вичерпанням екстенсивних факторів розвитку і подорожчанням сировини положення змінилося. Якщо в 70-х роках на кожен карбованець приросту сировини, що добувається, припадало 2,4 крб капітальних вкладень, то в 80-х роках – більше 7 крб.

У розвитку мінерально-сировинного комплексу визначилися наступні закономірності:

- погіршуються гірничо-геологічні і гірничотехнічні умови розробки родовищ через зниження вмісту корисних компонентів,
- розширюються масштаби освоєння нових родовищ у важкодоступних районах, що мають складні умови розробки,
- гірничі розробки поглибилися до 1500-2000 м для підземної і 1000 м для відкритого видобутку,
- збільшуються прояви гірського тиску (результат дії гравітаційних, тектонічних сил і зміни температури верхніх шарів земної кори), раптових викидів гірської маси і газів не тільки на вугільних, але й на рудних родовищах,
- недостатня повнота видобутку, низька комплексність освоєння і використання мінерально-сировинних ресурсів, інтенсивне збільшення відходів гірничого виробництва. Зараз утилізується всього 8-10% з них. У гірничовидобувних районах країни фактично сформувався новий тип мінеральних утворень з відходів гірничого виробництва – техногенні родовища, масштаби яких постійно зростають.

Гідродинамічні порушення:

- зарегулювання; як форма порушення виявляється у виді водоймищ і водоканалів. Викликано необхідністю осушення поверхні над родовищем,
- заболочування; спостерігається навколо відвалів із площею більшою за 200 га,
- затоплення; характерне для випадків, коли виробництво має надлишок води і цілком її у водообігу не використовує. Води скидаються на землю, у водотоки і водойми, відбувається затоплення додаткових площ землі. В іншому місці, у зв'язку з цим, може виникнути
- виснаження;
- осушення; відбувається через дренаж ґрунтових підземних вод виробками і шпарами. Біля кожного кар'єру депресійна вирва ґрунтових вод досягає діаметра 35-50 км,

- заводнення; виникає при похованні рідких відходів виробництва.

Підземні гірничі роботи.

Шахта – самостійна виробничо-господарська одиниця гірничого підприємства, що веде розробку родовища чи його ділянки підземним способом.

Рудник – сукупність шахт, поверхневих цехів, об'єднаних одним адміністративним, технічним і господарським керівництвом.

Застосовувані системи підземних розробок: камерно-стовпова, розробка довгими стовпами по довжині і система розробки з магазинуванням.

Камерно-стовпову систему застосовують при розробці горизонтальних чи слабко нахилених родовищ з тривкими рудами і рудоутримуючими породами. Для неї характерне чергування виємних камер і постійно підтримуючих целіків, у яких залишається більш 15-20% запасів від їхньої загальної величини. Відбиту вибухами руду вантажать екскаватором у самоскиди, які доставляють її до рудоспусків. Висота виробки залежить від потужності шару і може досягати 12 м.

Система розробки довгими стовпами по простяганню відноситься до систем з обваленням вміщуючих порід. За виїмкою руди вироблений простір заповнюється завалами вміщуючими породами. Незаваленою залишається тільки частина виробленого простору біля вибою, підтримувана кріпленням. Так розробляються положисті пластуваті горизонтальні поклади потужністю 2-3,5 м.

Система розробки з магазинуванням характеризується заповненням виробленого простору відбитою рудою. При відбиванні об'єм руди збільшується на 30-40%, у міру відбою її приходиться частково випускати. Замагазинована руда – матеріал робочої площадки. Таку систему застосовують при розробці крутих родовищ потужністю 0,5-5,0 м зі тривкою рудою і вміщуючими породами. Мінімальний кут падіння рудного тіла для такої системи – 55^{o}.

Проходка гірничих виробок приводить до необхідності складування порожньої породи у відвали. Проходка вертикальних стовбурів припускає зведення їх у формі териконів, а при проходці штолень і нахилених стовбурів породи найчастіше складують у плоскі відвали.

При підземному відпрацьовуванні джерелами впливів на навколишнє середовище служить проходка гірських виробок, транспортування корисної копалини і порожньої породи, очисні роботи. При цьому можливі зрушення масивів гірських порід (плавні без розриву суцільності чи інтенсивні з розривом суцільності). На поверхні при цьому утворюються просідання. Практично усі види зрушень гірських порід руйнують наземні об'єкти і підземні комунікації. Зрушення порід можуть супроводжуватися самозайманням корисних копалин. Пожежі займають великі масиви порід, утрудняють експлуатацію родовищ, збільшують процеси обвалення. У зону зрушень утягують водоносні горизонти, во-

дяні ресурси району гірничих робіт виснажуються. Якщо зачіпаються ґрунтові води, то вони перетворюються на стічні, вимагаючи очищення перед скиданням. Може відбуватися осушення водоносних обріїв. Крім цього по утворених тріщинах можливе просочування рудникових газів як у виробки, так і на поверхню.

При шахтному видобутку основними забруднювачами є газопилові викиди з підземних гірських виробок – рудниковий газ (суміш атмосферного повітря з різними газоподібними і пиловими домішками, що виділяються з порід чи шахтних вод). З підземних гірських виробок в атмосферу щорічно надходить більш 200 тис.т пилу. При аварійних викидах концентрація газопилових домішок у рудниковому газі багаторазово зростає.

Деяка кількість метану при дегазації шарів піднімається по тріщинах до земної поверхні, безпосередньо забруднюючи атмосферне повітря. Щорічно в Донбасі (364 шахти) викидається в атмосферу 3870 млн.м^3 метану і 1200 млн.м^3 вуглекислого газу.

Відкриті гірничі роботи

При розробці шарів корисних копалин, що неглибоко залягають, для створення доступу до них, видаляють покриваючу їх товщу порожніх порід, тобто проводять відкриті гірничі виробки.

Відкритий спосіб видобутку – генеральний напрямок гірничовидобувної промисловості. Відкритим способом видобувається ¾ всього об’єму корисних копалин (у тому числі залізної руди – 86%, фосфоритів – 75%, руд кольорових металів – 66%, вугілля – 42%, будівельних гірських порід – 100%). Продуктивність праці при видобутку відкритим способом значно вища (при видобутку вугілля ~в 9разів), ніж при видобутку шахтним способом через застосування більш потужної техніки, коротших термінів будівництва, менших капітальних витрат і меншої собівартості продукту.

Гірниче підприємство, що представляє собою сукупність гірничих виробок і здійснююче розробку родовища корисної копалини відкритим способом називається кар’єром (вугільне – розріз).

Відкрита розробка родовища нерудної корисної копалини складається із таких основних виробничихпроцесів: підготовка поверхні землі (вирублення лісів, відведення поверхневих вод, осушення водойм), підготовка місця для відвалу порожніх порід, прокладення залізничних і автомобільних доріг, проведення ліній електропередач, спорудження будинків, здійснення розкривних робіт, видобування корисної копалини і її транспортування.

При відкритій розробці родовище поділяють на горизонтальні шари; їх виймають зверху вниз з випередженням верхнього шару стосовно нижнього, тому кар'єр набуває уступчастої форми.

Нахилена поверхня, що обмежує уступ з боку вироблюваного простору – скіс. Кут нахилу скосу до горизонтальної поверхні – кут скосу. Для глин, пісків кут скосу дорівнює 25-50^{o}, для сланців, вапняку, залізних руд – 55-75^{o}, гранітів, базальтів – 75-90^{o}.

Існує два варіанти розробки корисних копалин: екскаваторний і гідравлічний. Екскаваторний – універсальний, у цьому випадку використовуються виємні і транспортні машини, а також різні прийоми розпушування порід і копалини. Гідравлічний засновано на використанні енергії струменя води з гідромонітора. Застосовується обмежено під час розкривних робіт на породах, що легко розмиваються і транспортуються водою.

Розкривні роботи – видалення порожніх порід, що покривають корисну копалину. Об'єм робіт залежить від глибини залягання шару. Трудоємкість розробки визначається коефіцієнтом розкриву: співвідношенням між об'ємом розкривних порід H (м^3), що видаляються з кар'єрного поля, до промислових запасів копалини h (т) у межах того ж кар'єрного поля.

Глибина, при якій собівартість видобутку 1 т копалини відкритим і підземним способами однакова, є межею відкритої розробки чи граничною глибиною кар'єру.

Розкривні роботи виконуються з розрахунковим випередженням відносно робіт по видобутку корисної копалини.

Об'єм переміщуваних мас розкривних робіт вимагає значних витрат. Вартість видобутої корисної копалини значною мірою обумовлюється витратами на розкривні роботи. Процес виробництва розкривних робіт складається з наступних операцій: зняття розкривних порід, транспортування їх до відвалів і розміщення у відвалах.

Підготовка порід до виїмки ведеться буровибуховими роботами чи безпосередньо екскаваторами. Буровибухові роботи застосовують на породах середньої міцності і міцних. За допомогою верстатів пробурюють 1-2 ряди шпар діаметром 150-200 мм (для розкривних робіт), 100-200 мм (у вугільних вибоях). У результаті вибуху порода (вугілля) повинна роздрібнитися на шматки, розмір яких визначається ємністю ковша екскаватора. Закладаються заряди до 720 кг у кожній шпарі. Питома витрата вибухових речовин 0,7-1,0 кг/м^3 гірської маси.

Після вибуху частина шматків висадженої гірської породи може переважати розміри кондиційних фракцій. Ці шматки дроблять вибуховим чи механічним способом.

Копалину транспортують на збагачувальну фабрику чи споживачам, розкрив – у відвал (відвал – це породний насип, що утворюється в результаті планомірного розміщення порожньої породи). Транспортування – найважливіший технологічний процес з-за переміщення величезних мас. Використовують залізничний, автомобільний, конвеєрний і гідравлічний транспорти.

При відкритому способі видобутку навколишнє середовище піддається сильнішому впливу, ніж при підземному, тому що значно збільшується об'єм відвальних порід, на тривалі терміни виводяться з експлуатації великі ділянки поверхні землі. Так, об'єм розкривних робіт (зняття порід покриваючих і вміщуючих тіло корисної копалини) на кар'єрах вугільної промисловості складає 848 млн.м^3/рік, залізорудних – 380, будматеріалів – 450. Глибина рудних кар'єрів досягла 450-500м, вугільних 550—600 м (на Криворізькому залізорудному родовищі – 800 м).

При розробці родовищ відкритим способом до основних джерел забруднень відноситься проведення масових вибухів, експлуатація гірничовидобувної техніки й автомобілів. Масові вибухи на кар'єрі відносяться до періодичних джерел забруднень, тому що проводяться звичайно раз на 2 тижні. Заряд вибуху досягає 800-1200 т, а кількість висадженої їм гірської маси – 6 млн.т. При цьому в атмосферу викидається близько 200-400 т пилу. Вважається, що 1 т висадженої вибухової речовини дає 40 м^3 CO, крім цього виділяються оксиди азоту.

Практично всі гірські роботи супроводжуються пилоутворенням. Так, при буравленні шпар інтенсивність пиловиділення дорівнює 1,5 г/с, при переміщенні породи екскаватором – 6,9, при навантаженні вугілля роторним екскаватором – 8,5 г/с. Постійно діючими джерелами пилоутворення є автомобільні дороги. У деяких кар'єрах на їхню частку приходиться 70-90% усього виділюваного пилу. Значні кількості пилу надходять в атмосферу при вантажно-розвантажувальних роботах. Інтенсивність пиловиділення при виїмці вугілля екскаватором складає 11,65 г/с, при навантаженні в залізничні вагони - 1,15 г/с. Через використання великої кількості транспортних засобів, великих територій під розрізами, а також виробництва потужних масових вибухів забруднення атмосфери при відкритому видобутку значніше, ніж при підземному способі.

Забруднення атмосфери газопиловими викидами відбувається також при ерозії, окислюванні і горінні породи у відвалах. У відвалах крім породи знаходяться пальні речовини (вугілля, сланці, пірит). Утворюється маса, схильна до окислення, у результаті якого відбувається її самонагрівання і самозаймання. На цей процес впливає не тільки склад, але і побудова відвалів. Найбільш сприятливі умови для самозаймання створюються на териконах і хребтових відвалах, у яких горючі речовини накопичуються у верхній частині відвалу, де є достатній приплив повітря. Горіння породи на діючих відвалах носить осередковий стій-

кий характер. Температура в зоні горіння досягає 800 - 1200°С. Величина газовиділення з палаючих діючих і недіючих відвалів різна. Від одного палаючого терикона середнього обсягу, що містить вуглевідходи з низьким вмістом сірки (0,4-1%) за одну годину в атмосферу викидається більш 89 кг SO_2 і 25 кг CO. Через рік після припинення експлуатації інтенсивно палаючі відвали знижують виділення газу вдвічі, через 2 роки – до втричі, через 3 роки – вдесятеро.

Великі об'єми стічних вод, що утворюються при гірничих роботах, пов'язані з високою водоємністю розроблювальних вугільних родовищ. Наприкінці 90-х років минулого сторіччя основні вугільні басейни характеризувалися наступними величинами водопритоків і коефіцієнтами водоємності:

Басейни	Водоприток у шахти, $м^3$/год		Коефіцієнт водоємності, $м^3$/т	
	переважний	максимум	середній	максимум
Донецький	100-400	1100	3,2	8,3
Кузнецький	150-600	1800	2,2	20
Карагандинський	100-220	400	9,54	2
Печорський	140-550	800	0,8	2
Підмосковний	240-700	2230	10,5	30
Кизеловський	300-600	2200	15,1	49
Для вугільних розрізів звичайно			1-2	

У 1988 році видобуток вугілля в Донбасі склав 210 млн.т при шахтному водовідливі 780 млн.$м^3$/рік. У 2000 році видобуток вугілля знизився до 70 млн.т при збереженому водовідливі. Таким чином, питома водоємність зросла в 3 рази (від 3-4 до 11-12 $м^3$/т вугілля) при глибині відпрацьовування вугільних шарів 0,8-1,3 км.

Усі рудники мають відвали, що займають великі площі, піднімаються на десятки і сотні метрів. Відстань до них збільшилася до 15-20 км. Недіючі відвали можуть стати причиною нещасних випадків і катастроф: швидке переміщення відвальних порід може зруйнувати будинки, дороги. Необхідна постійна відкачка рудникових, дренажних, артезіанських вод. При цьому осушуються породні масиви, знижується дзеркало ґрунтових вод, просідає поверхня. На Курській магнітній аномалії (КМА) відкритими розробками порушено більш 30 тис.га, біля кожного кар'єру депресійна вирва ґрунтових вод досягає в діаметрі 35 км, а площа осушення дорівнює 1 тис.$км^2$ (100 тис.га). Врожайність сільськогосподарських культур на землях у районі КМА зменшилася на 50%.

Площа території, що піддається несприятливому впливу, у 10-15 разів перевищує площу кар'єру з відвалами порід. Дим, пил, шкідливі гази з відвалів

розносяться вітром, дощі і талі води вимивають з відвалів шкідливі речовини (H_2S, SO_2, CH_4, CO ,CO_2) і дрібні частки порід. Після завершення робіт кар'єрні виїмки і відвали являють собою безжиттєві, мертві території, тобто виключаються з місцевих екосистем. Площа гірських робіт у Донбасі складає 15 тыс.км^2 з них із просіданнями – 8 тис.км^2.

Збільшення глибини і виробничої потужності кар'єру викликає різкий ріст довжини авто- і залізничних трас, ускладнює рух. До впливу, що надають на навколишнє середовище безпосередньо видобувні технології, додається вплив, спричиняємий транспортуючими машинами.

Таким чином, відкритий спосіб видобутку приводить до утрати великих площ землі, руйнуванню сільськогосподарських угідь, природних ландшафтів.

У Донбасі зараз існує близько 1100 відвалів, у тому числі більше 700 діючих. Вугільний Донбас щорічно видає на поверхню 90 млн.т вуглеутримуючих порід, із них лише близько 2% є продукцією, решта йде у відвали збагачувальних фабрик. Продуктивність видобутку вугілля в Донбасі в 3 рази нижче, ніж у Кузбасі, а кузнецьке вугілля (з урахуванням вартості перевезення) дешевше за донецьке навіть у самому Донбасі.

Кількість відходів Львівсько-Волинського вугільного басейну складає близько 100 млн.м^3 при щорічному приросту близько 3,5 млн.м^3. З палаючих териконів цього басейну 1 м^2 площі виділяє на добу 10,8 кг CO; 6,5 кг SO_2; 0,6 кг H_2S і NO_X.

Для розміщення породи, що видається шахтами України, необхідно щороку відчужувати більше 190 га родючої землі. Терикони вугільної промисловості вже займають на Україні більш 7 тис.га.

Нафто- і газовидобуток
(свердловинний, підземний видобуток корисних копалин)

Нафтовий промисел – це комплекс виробничих споруджень, роз'єднаних територіально, але взаємопов'язаних системами трубопроводів, енергопередач і організацією роботи. До основних споруджень нафтопромислу відносяться шпари (що свердляться; експлуатуються; нагнітальні і спостережні), компресорні станції, збірні пункти, нафтосховища, пункти первинної переробки нафти, трубопроводи, різні комори, відстійники, майданчики спалювання надлишків газу і конденсату, електропідстанції і деякі допоміжні споруди. Кожна з перерахованих споруд – одиничне потенційне джерело техногенного впливу на навколишнє середовище. Ці впливи можуть бути зроблені ізольовано чи перетинатися в часі і просторі, виходячи чи не виходячи за межі промислу.

Нафта і газ у покладах насичують порожнечі між зернами породи, тріщини і каверни порід, що складають шари. Звичайно нафтогазові родовища приурочені до осадових порід (піски, піщаники, вапняки, доломіти). Іноді нафту виявляють у тріщинах і порах вивержених порід, але ці накопичення зазвичай не мають промислового значення.

В залежності від умов залягання і кількісного співвідношення "нафта : газ" поклади поділяють на:

- чисто газові (накопичення природних газів не пов'язані з іншими корисними копалинами),
- газоконденсатні (газ збагачений рідкими вуглеводнями),
- газонафтові (газ розчинений у нафті чи знаходиться над нафтовим покладом у виді газової шапки),
- нафтові (без газової шапки з розчиненим у нафті газом).

Як правило, у продуктивній зоні шару крім нафти і газу присутня вода. Породи, що складають шари, в основному гідрофільні, тому органічна фаза не може витиснути воду. Вона залишається в шпаринах шару у виді найтонших плівок, крапель. Співвідношення "вода : нафта" може змінюватися від 1:100 до 100:1.

Рідини і гази в шарі перебувають під тиском, що залежить від глибини залягання і може бути приблизно оцінене по формулі:

$$P(\text{Па}) \approx 10^4 * H,$$

де P – початковий пластовий тиск, Па/м,

10^4 – перевідний коефіцієнт,

H – глибина залягання шару, м.

Зі зростом глибини залягання шарів підвищується температура. Відстань по вертикалі, на якій температура гірських порід підвищується на 1 градус, називається геотермальною ступінню, її середнє значення – 33м, для різних родовищ вона різна. Властивості нафти, газу і води на поверхні відрізняються від їхніх властивостей у пластових умовах, де вони знаходяться при підвищених тиску і температурі.

Видобуток нафти і газу здійснюється зі шпар. Звичайно розрізняють:

- неглибоке буравлення (до 1500 м),
- буравлення на середні глибини (до 4500 м),
- глибоке буравлення (до 6000 м),
- надглибоке буравлення (глибше 6000 м).

При глибокому буравленні вибій шпар звичайно очищається від вибуреної породи потоком безупинно циркулюючої промивної рідини (бурового розчину), рідше робиться продувка вибою газоподібним робочим агентом.

З екологічної точки зору вибурені породи являють собою серйозну проблему, тому що при середній глибині шпар 2500 м на поверхню виймається 350 $м^3$ ґрунту, а при глибині 5000-6000 м – 800 $м^3$. Ці породи складуються у вигляді відвалів поблизу свердловини, вони сильно забруднені буровими розчинами і нафтопродуктами.

Хімічні добавки в бурових розчинах:

Компонент	Макс.вміст, $мг/дм^3$	$ГДК_{р\text{-}госп}$, $мг/дм^3$	Кратність перевищення
Нітролігнін	10000	60,0	167
Карбоксиметилцелюлоза	30000	20,0	1500
Барит	60000	50,0	1200
$Ca(OH)_2$	10000	50,0	1200
Хромпік	2000	0,1	20000
Поліфенол	10000	7,0	1428
Вуглелужний реагент	30000	1000	30
Нафта	150000	0,05	3000000
Завислі речовини	2000000	800-1250	250

Основними джерелами забруднення при початковому періоді створення нафтогазового промислу є будівельна техніка й автотранспорт, пересувні генератори. Кількість вихлопних газів при буравленні глибоких шпар складає 2-3 $м^3/сек$ і більш, тобто 260 000 $м^3/добу$. У складі цих газів присутні CO (0,5%), альдегіди (до 0,008%), бенз(а)пірен (до 10 $мг/м^3$).

При розкритті нафтового родовища нафта може підніматися за рахунок:

- пластового тиску;
- тиску газової шапки; причому, при початковому зниженні її тиску, з нафти починає виділятися розчинений газ і підтримувати тиск;
- якщо перших двох факторів не вистачає для підняття нафти на поверхню, використовують системи розробки зі штучним заводненням шарів і/чи з нагнітанням у шар газу (повітря чи газ). Продуктивність газової (газоконденсатної) шпари підвищують нагнітанням у шар сухого газу (після відділення конденсату).

При сучасних методах розробки нафтових родовищ, навіть при порівняно сприятливих умовах (однорідні шари, невисока в’язкість нафти), нафтовіддача шарів при заводненні складає 50-60%. Якщо шари містять важку високов’язку нафту, то нафтовіддача не перевищує 15-20%.

Зараз застосовуються наступні методи підвищення нафтовіддачі шарів:

1 - методи удосконалення процесу заводнення. Застосовують для покладів нафти з підвищеною в’язкістю.

У воду, що закачується, додають різні хімічні реагенти (ПАРи, наприклад, ОП-10, чи лугу), що збільшують змочуваність породи водою. Це приводить до збільшення витиснення нафти водою на 6-8%.

Застосування високов'язких водорозчинних полімерів (типу поліакриламіду) приводить до збільшення в'язкості води в шарі і до зміни співвідношення рухливості нафти і води в шарі. Нафтовіддача при цьому збільшується на 10%.

Застосування вуглекислого газу при заводненні покладів в'язких нафт пов'язано з гарною розчинністю його в нафті і воді. При цьому в'язкість нафти, насиченої вуглекислим газом може знизитись на кілька сотень відсотків, а в'язкість води, насиченої вуглекислим газом, збільшується до 20%. Нафтовіддача може підвищиться на 15%.

2 – теплові методи впливу на поклади в цілому.

Застосування внутрішньопластового горіння знижує в'язкість нафти, приводить до випаровування її легких фракцій За таких умов нафтовіддача зростає до 50-60% всупереч нафтовіддачі без горіння (10-20%).

3 – накачування в шари розчинників приводить до відсутності границі розмежування фаз і виникненню зони змішуваності. Метод може застосовуватися тільки для легких нафт (із щільністю менше за 0,8 кг/м^3). Нафтовіддача зростає до 90%.

Для газових родовищ газовіддача складає 60-80%. Розробку родовищ припиняють у той момент, коли витрати на видобуток і транспортування газу дорівнюють витратам на видобуток і транспортування кам'яного вугілля.

При вмісті в нафті більше ніж 2-3% парафіну спостерігається його інтенсивне осідання в трубах (через зниження температури і переходу легких фракцій нафти в газову фазу). Основний компонент відкладень – гіпс. Солевідкладення видаляються хімічними реагентами: 10-15% розчинами $K(Na)_2CO_3$ і $K(Na)HCO_3$. При цьому SO_4^{2-} заміняється на CO_3^{2-} і нові осади вимиваються соляною кислотою. Для запобігання солевідкладенню використовують комплексонати (трилон Б та інші).

З метою збільшення продуктивності шпар застосовують штучний вплив на породи призабійної зони для збільшення їхньої проникності:

1 – обробка шпар соляною кислотою. Таку обробку засновано на спроможності кислоти розчиняти карбонатні породи з утворенням каналів. Це сприяє збільшенню проникності порід і з'єднує вибій шпари з ділянками шару, які слабко віддали газ чи нафту. Продукти реакції добре розчинні у воді, тому легко видаляються із шару:

$$MCO_3 + 2HCl = MCl_2 + H_2O + CO_2\uparrow$$

Залежно від пластових умов концентрацію соляної кислоти змінюють від 12 до 25%.

Для зменшення впливу кислоти на метал устаткування в неї додають інгібітори корозії. Оцтову кислоту в робочий розчин додають для уповільнення реакції і для попередження випадення $Fe(OH)_3$.

На 1 м товщини оброблюваної частини шару накачують від 0,4 до 1,5 $м^3$ соляної кислоти.

Для шпар, пробурених у некарбонатних породах, використовують суміш соляної і плавикової (фторводневої) кислот. Ця суміш розчиняє глинисті фракції і частково зерна кварцового піску.

2 – термокислотна обробка шпар. Доломіти й інші малопроникні породи погано розчиняються в холодній кислоті. Крім цього проходженню реакції можуть заважати осідання у вибої шпари парафіну, смол, асфальтенів. Для підвищення ефективності обробки варто застосовувати нагріту кислоту. Підігрів здійснюють хімічним шляхом, за рахунок екзотермічної реакції соляної кислоти з реагентами, що завантажуються в спеціальний резервуар, який опускають у шпару. Найбільш часто застосовують магній, при його розчиненні виділяється 19,1 МДж/(кг магнію), а продукти реакції розчинні у воді. Соляну кислоту використовують з розрахунку 100 $дм^3$ на 1 кг магнію. На одну обробку витрачається кілька десятків кілограмів магнію.

3 – термоакустична і електротеплова обробка призабійних зон застосовуються для очищення від парафіну і смол.

При термоакустичній дії шари одночасно опромінюються могутніми тепловими й акустичними полями. Акустичні коливання сприяють значному збільшенню теплопровідності порід, термоакустичний вплив розкладає гідрати природних газів у призабійній зоні й у шпарі (CH_4*6H_2O, $З2H_6*8H_2O$, $З3H_8*17H_2O$, $З4H_{10}*17H_2O$, H_2S*H_2O). Метод використовують, якщо зона засмічення шару складає 1 - 8 метрів. Якщо зона засмічення менша, застосовують електротеплову обробку. З-за того, що породи мають невелику теплопровідність, прогрів ведуть 3 - 7 діб (використовують три U-подібних елементи-електронагрівники потужністю 2 кВт, напругою 380 В. Процес прискорюється завдяки електроакустичній обробці.

Схеми нафто- і газозбору

Нафта, газ і вода від устя шпар, розосереджених по площі родовища, направляються в систему збирання і транспортування.

Система збирання і транспортування – це розгалужена мережа трубопроводів, прокладених на площі родовища на (під) землею чи над (під) водою (для

морських родовищ). Загальна довжина транспортної мережі досягає декількох тисяч кілометрів.

На старих родовищах застосовують негерметизовані самопливні системи збирання і транспортування (за рахунок різниці геодезичних оцінок). У таких системах низька швидкість руху, тому відбувається відкладення механічних домішок, солей, парафіну. Така система металоємна, важко автоматизується, оскільки вимагає великого числа обслуговуючого персоналу – операторів, лаборантів. Втрати нафти від випару легких фракцій і газу досягають 3%. В даний час такі системи вже не будують, але ще експлуатують. Сучасні нафтопромисли споряджені високонапірними герметизованими й автоматизованими системами збору. Втрати від випару зведені до мінімуму і не перевищують 0,2%.

У призабійній зоні і при просуванні нафти і води по трубопроводах можливе утворення емульсій. Емульсії бувають двох типів:

- нафта у воді (неполярна речовина в полярному – емульсія першого роду чи пряма емульсія),
- вода в нафті (полярна речовина в неполярному – емульсія другого роду чи зворотна емульсія).

На нафтопромислах емульсії зруйновують для:

- відділення води від нафти і виведення її із системи транспортування,
- знесолення нафти, що збільшує термін служби устаткування через зменшення корозії.

Для руйнування емульсій застосовують деемульгатори – численні ПАРи, а також електродегідратори.

На газопромислах до газозбірного пункту підключають 10-30 шпар. На одному родовищі функціонують 5 - 10 газозбірних пунктів, але їхня кількість може досягати 20 - 25 залежно від розмірів покладу. Добутий газ звільняється від механічних домішок, прохолоджується до 5 - 10^{o}C. Для запобігання утворення твердих гідратів газ осушується розчином етиленгліколю. Температура, вище якої утворення гідратів не відбувається, називається критичною. Для етану вона дорівнює 14,5, для пропану 5,6, для ізобутану 1,7^{o}C. Найвищу критичну температуру має сірководень (29,5^{o}C). У боротьбі з утворенням гідратів використовуються інгібітори гідратоутворення:

- метанол, найефективніший, витрата його складає 0,3 - 1кг/1000м^3 газу, але дорогий, отрутний, важко регенерується,
- діетиленгліколь, менш ефективний, дорожчий за метанол, але легко регенерується,
- $CaCl_2$ (30 - 35% розчин), дешевий, нетоксичний, піддається регенерації, але в місцях витоків газу створює осередки корозії, тому мало вживається.

Впливи на навколишнє середовище, що виникають при нафто- і газовидобутку

У результаті видобування з надр нафти, газу і підземних вод, що підтримують пластовий тиск, можливі деформації земної поверхні. Найбільш відома величина осідання – 8,8 м (родовище Ленг-Біч у Каліфорнії). Переміщення поверхні можуть бути значно більшими, ніж при тектонічних зрушеннях земної кори. Осідання можуть бути причиною зсувів. Можуть відбуватися раптові осідання, що по характеру протікання і по спричиненому ефекту мало відрізняються від землетрусів. Викликані змінення приводять до руйнування будівель, підземних і наземних комунікацій, доріг, мостів.

На ділянках з порушеним рослинним покривом збільшується глибина протанення ґрунту, утворюються тимчасові потоки і розвиваються ерозійні процеси. Швидкість зростання ярів у тундрі і лісотундрі досягає 20 м/рік.

Небезпечні протікання пластової рідини в підземній системі по збиранню нафти, які важко виявити і на які не діють процеси фотохімічного розкладання.

Взаємодія з гідросферою характеризується порушенням водооберту, викидами стічних вод, підвищенням їх температури, споживанням води буровими установками, компресорними станціями.

Середньодобова витрата води на одну свердловину, що буриться, складає 100 - 120 м^3. При цьому на добу утворюється 25 - 40 м^3 стічних вод. На видобуток 1 т нафти витрачається близько 2 т води.

При цьому використовується ряд хімічних реактивів:

- для бурових розчинів. Для «змащення» і промивання стовбурів шпар під час буравлення використовують розчини амінів, ПАВів, полімерних речовин;
- для обробки призабійної зони шару з метою збільшення нафтовіддачі використовують розчини кислот (соляна, плавикова, оцтова), ПАВів, полімерів, комплексонів, органічні розчинники;
- для боротьби з корозією, відкладенням солей, асфальтів, смол, парафінів використовують розчини лугів, фторорганічних сполук, органічні розчинники.

Характеристика бурових стічних вод (БСВ), відпрацьованих бурових розчинів (ОБР)і бурових шламів (БШ):

Показник	БСВ, мг/л		ВБР	БШ
	системи підтримки пластового тиску	системи скиду на рельєф місцевості		
Зважені речовини	-	2500 - 28000	+	+
pH		7,2 - 12,4		
Нафта та нафтопродукти	-	25 - 1100	+	+

Ca^{+2}	+	120 - 2500	+	+
Mg^{+2}	+	20 - 300	+	+
Fe загалом	+	5 - 75	+	+
Sn^{+2}	-	+	+	+
Pb^{+2}	-	+	+	+
Ba^{+2}	-	+	+	+
Na^{+}, K^{+}	-	300 - 18000	+	+
Cl^{-}	+	270 - 19000	+	+
SO_4^{-2}	+	200 - 2900	+	+
Азот амонійний	-	+	-	-
P_2O_5	-	+	-	-
H_2S	+	-	-	-

Стічні води нафтопромислів містять:

- механічні домішки – до 11,5 г/дм^3,
- нафта – до 5 г/дм^3,
- загальна мінералізація – до 180 г/дм^3,
- хлор-іон – до 124 г/дм^3.

Основні пункти забруднення – збірні пункти. Відділена від нафти вода високомінералізована. Її намагаються утилізувати, накачуючи в шари, для підтримки пластового тиску. Вплив таких стічних вод згубний для екосистем, тому що вони додають воді у водоймах запах, присмак, забарвлення, мутність, викликають піноутворення, впливають на самоочищуваність води і справляють токсичну дію. Один об'єм пластової води робить непридатними до вживання 40-60 об'ємів чистої води.

Нафто- і газодобувна промисловість споживає атмосферний кисень і викидає побіжні гази, продукти їхнього спалювання і продукти згоряння палива, тобто у викидах містяться C_mH_n, H_2S, CO_x, SO_x, NO_x, продукти неповного згоряння важкі вуглеводні – ПАВ (поліциклічні ароматичні вуглеводні), зокрема, бенз(а)пірен.

Типи викидів:

- фонові постійні (викликані нещільністю устаткування – при нормальній роботі один насос виділяє 1 кг газів і парів нафтопродуктів на годину, компресор – до 3 кг/год.);
- технологічні неминучі епізодичні (продувка шпари супроводжується викидом до 150 тис.м^3 газу, при ремонті трубопроводів і апаратів відбуваються попускання газу і нафти);
- технологічні неминучі постійні пов'язані з димовими трубами і смолоскипами. При температурі повітря 0 - 6^{o}C підвищення температури фіксується на

відстані 200 м від смолоскипу, порушення сніжного покриву – до 100 м, а мінералізація снігових вод – до 1 км;

- аварійні, пов'язані з розривами й ушкодженнями основного устаткування.

Природний газ окремих родовищ може містити токсичні речовини. Наприклад, вміст сірчистих сполук у газі деяких родовищ завеликий, вартість сірки як товарного продукту, одержуваного з газу, покриває витрати на очищення газу.

Основні групи техногенних навантажень і відповідні їм полютанти в районах видобутку нафти:

Види робіт	Джерела впливу, що відповідають даному етапу розробки родовища	Можливі групи полютантів, що відповідають запровадженій технології
Пошуково-розвідні, обладнання промислів	Підготовчі роботи (знищення рослинності, прокладення доріг, обвалування майданчиків), буріння свердловин. Джерела впливу: свердловини, комори, циркуляційні системи рідин, важка техніка. Причини впливів: аварійні викиди пластової рідини, низька герметичність обладнання, скиди неочищених стоків, прориви та переповнення комор.	Пластові та промивні рідини, бурові шлами, реагенти впливу на пласт: нафтопродукти, цементні, гіпсові, силікатні, содові, вапняні, сольові та інші види бурових та промивних розчинів, водонафтова емульсія, інгібітори корозії, ПАР, глина, барит, графіт та ін.
Експлуатація родовища	Видобування і транспортування нафти, закачування води для підтримання пластового тиску. Джерела впливу: відстійники, кустові насосні станції, видобувні і нагнітальні свердловини, трубопроводи. Причини впливу: корозія металів, погана герметичність, руйнування трубопроводів, несумісність складу пластових вод і тих, що закачуються.	Нафта при аварійних викидах і витратах під час транспортування, стічні води різної мінералізації, вуглеводні, феноли, ПАР, інгібітори корозії, сірководень, залізо, механічні домішки, солі (особливо багато хлоридних), рідкісні і розсіяні елементи, полімери (поліакриламіди, полісахариди), луги.
Збирання і	Збирання сирої нафти, сепарація, утилізація супутніх газів та кон-	Теплові впливи, продукти неповного згоряння супутніх га-

первинна переробка нафти на промислі	денсату. Джерела впливу: нафтові резервуари, трубопроводи, факельні системи. Причини впливу: витрати легких фракцій при зберіганні, піроліз вуглеводнів, корозія трубопроводів.	зів і конденсату (викиди ПАВ, включно б(а)п), нафта, мастила і ін. нафтопродукти, феноли, азотисті, сірчисті сполуки, включно сірководень, ПАР, одоранти, інгібітори корозії, деемульгатори, солі (хлоридні, сульфатні), рідкісні та розсіянні елементи.

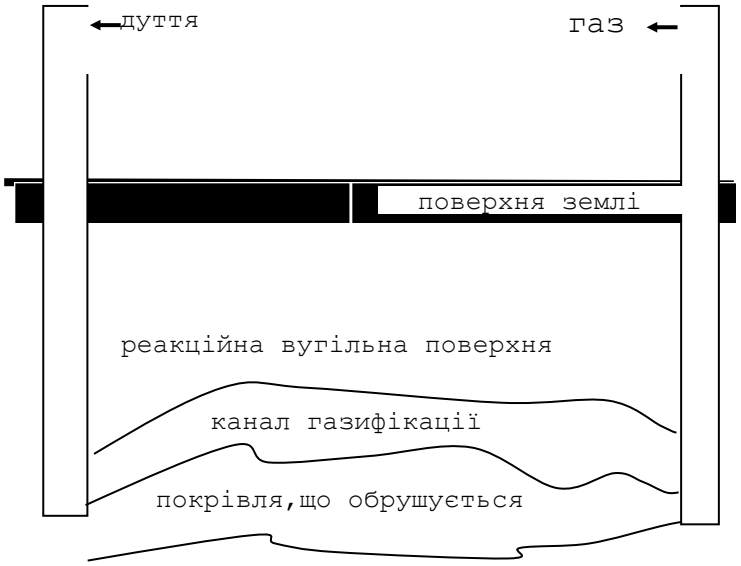
Контрольний список агрегованих техногенних навантажень, джерела і види впливу в нафтогазовидобувних районах

Етапи впливу		Види виробництва, технічні об’єкти та інші типи впливу на довкілля
Обладнання промислів		Будівництво мереж зв’язку та електромереж, доріг та мостів, житла і виробничих приміщень, продуктопроводів, очисних споруд і полігонів для складування та поховання відходів. Будівництво кар’єрів з видобутку піску та гравію, буріння свердловин (включно підготовку майданчиків, комор та ємностей для бурових розчинів, пластових рідин і шламів)
Експлуатація промислів	При нормальному режимі експлуатації	Випробування та промислові дослідження свердловин. Експлуатація і ремонт свердловин, трубопроводів різного призначення. Кустові насосні станції. Центральні пункти збирання і підготовки нафти, газу і води. Факельні пристрої. Компресорні станції. Бази виробничого обслуговування та матеріально-технічного забезпечення. Транспортне господарство. Складування та поховання відходів, скидання очищених та неочищених стоків. Нафтосховища (резервуарні парки). Установки комплексної підготовки газу та газопереробне обладнання.

	При аварійному режимі експлуатації	Розливи нафти та нафтопродуктів різного складу. Розливи пластових та стічних вод різного складу. Розливи бурових розчинів та буферних рідин. Розливи хімічних реагентів. Викиди нафти та газу через факельні пристрої. Відкрите фонтанування свердловин. Пожежі на бурових та експлуатаційних свердловинах. Перетікання нафти та мінералізованих вод у підземні горизонти з-за поривів.

Нові способи видобутку підземних копалин

1 - Підземна газифікація – видобуток корисних копалин переведенням їх у газоподібний стан. Наприклад, з вугілля одержують газ, використовуваний для хімічних і енергетичних цілей.



У процесі газифікації формуються три основні зони: окисна, відбудовна і сухої перегонки.

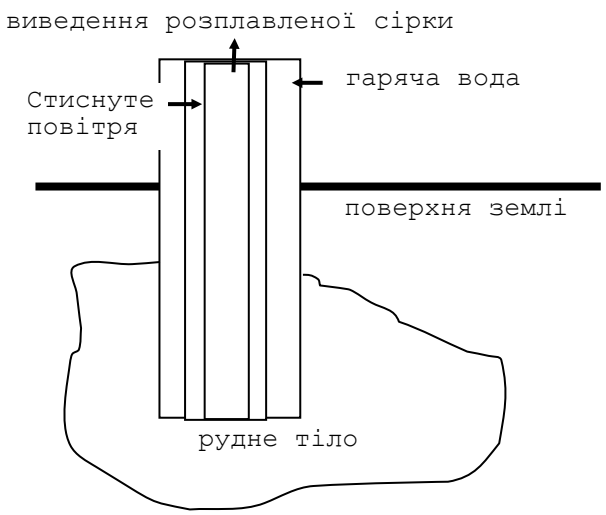
Використовують різні види дуття: повітряне, збагачене киснем (35-65%), повітряно-парове та парокисневе (60% кисню і 230 г/м^3 пари).

При цьому одержують газ, що містить CO_2, CO, H_2, CH_4, N_2 і має теплоту згоряння до 7 МДж/м^3.

Можлива одночасна газифікація і перегонка нафти. При цьому спалюють 10-12% нафти, одержувані при цьому газоподібні і рідкі продукти виводяться на поверхню через шпари.

Відсутні витрати на прокладення виробокь, немає металовитрат, полегшується праця шахтарів.

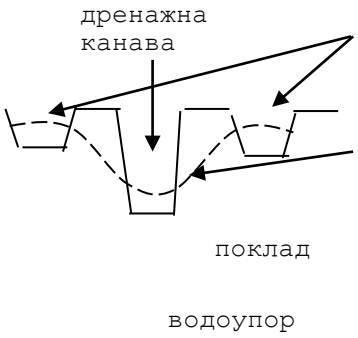
2 – Підземна виплавка речовин з рудного тіла здійснюється подачею через труби гарячої води і стиснутого повітря. Наприклад, температура плавлення сірки дорівнює 114-119°С. При цьому одержують сірку чистотою 99,99% без домішок селену, телуру, миш'яку.

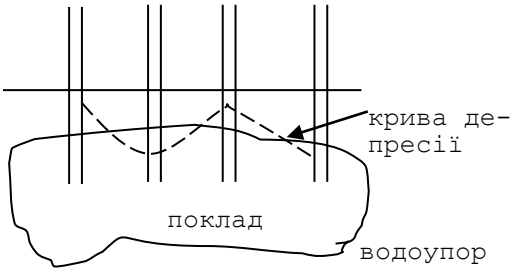


Таким способом можна добувати мінерали з низькою температурою плавлення: буру ($Na_2B_4O_7*10H_2O$), озокерит (гірський віск, парафінові вуглеводні), асфальт. Усі ці речовини плавляться при 80-90°С.

3 – Вилуговування руд.

Вилуговування руд може бути відкритим, коли розчин, що вилуговує, вводиться і виводиться системою дренажних канав, чи підземним,





коли розчин вводиться і виводиться системою вертикальних нагнітальних і розвантажувальних шпар, з'єднаних у ряди.

Види вилуговування:

- просте розчинення (протікає без хімічних реакцій). У цьому випадку речовина вилучається в продуктивний розчин у виді тієї сполуки, що міститься у вихідній руді. Наприклад, NaCl, $NaNO_3$, KNO_3, NaCl+KCl (сильвініт), NH_4Cl, $KCl*MgCl_2*6H_2O$ (карналіт), $MgCl_2*6H_2O$ (бішофіт), а також сульфати, карбонати.
- вилуговування, що протікає за наявності хімічнизх реакцій. Його проводять у рудах, компоненти яких знаходяться в поганорозчинних сполуках. У результаті реакції вони переходять у добре розчинну форму, наприклад:

$$2Me + 2H_2SO_4 + O_2 = 2MeSO_4 + 2S + 2H_2O$$

чи

$$Cl_2 + H_2O = HOCl(\text{гіпохлоритна кислота, окислювач}) + HCl,$$

потім

$$3Me + HOCl + HCl = Me_2(SO_4)_3 + MeCl_2 + H_2O$$

Застосовувані розчинники:

- природні поверхневі і підземні прісні води,
- природні води з додаванням газів (повітря, O_2, CO_2, Cl_2),
- кислі розчинники (H_2SO_4, HCl, HNO_3),
- кислі розчини з додаванням окислювачів (наприклад, розчин H_2SO_4 з добавками NO_3^-, $Fe_2(SO_4)_3$),
- лужні розчини (NH_4OH – для вилуговування бромаргіриту AgBr, W, Co; NaOH – для вилуговування Al),
- розчини Na_2SO_3 $FeCl_2$ для вилуговування сполук Sb,
- 0,05-0,15% розчин KCN – для вилуговування сполук Au.

Взаємодія цих способів видобутку з навколишнім середовищем поки не вивчена.

Питання для самоперевірки:

1. Класифікація запасів корисних копалин.
2. Основні закономірності видобутку корисних копалин.
3. Підземні гірські роботи. Об’єкти впливу на навколишнє природне середовище.
4. Відкриті гірські роботи. Об’єкти впливу на навколишнє природне середовище.
5. Вплив на навколишнє природне середовище підземних гірських робіт.
6. Вплив на навколишнє природне середовище відкритих гірських робіт.
7. Вплив на навколишнє природне середовище відвалів і териконів.
8. Об’єкти впливу нафто- і газовидобутку на навколишнє природне середовище.
9. Класифікація нафтогазових родовищ.
10. Способи збільшення нафтовіддачі шарів.
11. Способи збільшення продуктивності свердловин.
12. Схеми нафтогазозбору.
13. Впливу нафто- і газовидобутку на навколишнє природне середовище.

2.4. Металургія

Металургія – галузь промисловості, що охоплює процеси одержання металів, їхніх сплавів і виробів.

До чорної металургії відноситься: підготовка руди, палива, одержання чавуну і сталі.

До кольорової металургії відноситься: підготовка руд, одержання з них кольорових металів і їхніх сплавів.

Металургійні підприємства поділяють на 4 види:

1 – підприємства повного металургійного циклу, до складу яких входять три основних ланки виробництва чорної металургії: доменне, сталеплавильне та прокатне;

2 – підприємства неповного металургійного циклу зі сталеплавильним і/чи прокатним виробництвами;

3 – металургійні комбінати, до складу яких крім основних виробництв входять гірничорудні цехи, агломераційні фабрики, коксохімічні заводи та заводи по переробці основних продуктів;

4 – комбіновані підприємства, до складу яких крім основних виробництв входять металообробні, машинобудівні підприємства, ТЕС, транспортні підприємства тощо.

Чавун – це сплав заліза з вуглецем, марганцем, кремнієм, сіркою та фосфором, у якому вуглецю більш 2,14%.

В Україні основними металургійними підприємствами з повним циклом виробництва є: «Криворіжсталь», «Запоріжсталь», «Азовсталь», «Дніпроспецсталь».

Загальні запаси залізних руд України складають 27,4 млрд.т. Майже 80% усіх запасів знаходиться в Криворізькому залізорудному басейні. Вміст заліза в руді – 25-70%.

Виробництво агломерату

Вихідною сировиною для металургійних процесів служить продукт збагачення руд – однорідний дрібнодисперсний концентрат. Цей продукт готують до використання шляхом агломерації – окусковування концентрату спіканням чи одержанням окатишів.

Процес відбувається в агломераційній машині.

Основні компоненти шихти при виробництві агломерату:

- концентрат руди – 40-50%,
- вапняк – 12-20%,
- повернення (дрібна фракція агломерату) – 20-30%,
- коксовий дріб’язок (коксик) – 4-6%.

Розмір шихти впливає на процес агломерації, тому розміри часток не повинні перевищувати 3 мм.

Шихту подають на колосникову решітку агломераційної машини шаром 250-400 мм на шар дрібного агломерату, що носить назву «постіль». Під решіткою створюється зона розрідження 7-10 кПа, у результаті чого з поверхні через шар шихти надходить повітря. Верхній шар нагрівають і при 750-858^{o}C запалюють Горіння поширюється вниз, температура в палаючому шарі досягає 1300-1500^{o}C. Зона горіння в шарі переміщується вниз зі швидкістю 10-40 мм/хв. Досягши постелі, процес горіння припиняється. Його тривалість складає 10-15 хв, а особливість полягає в тому, що в кожний із даних моментів часу горіння відбувається у вузькому шарі шихти. Хоча процес проводиться з надлишком повітря, але біля палаючих часток палива створюється відновне середовище. Відбувається часткове відновлення оксидів заліза ($Fe_2O_3 \rightarrow Fe_3O_4$). Крім того, відбувається відновлення сульфідів ($Fe_2 \rightarrow Fe+SO_2$), вигоряє 98% сульфідної і до 80% сульфатної сірки, сублімується As.

Таким чином, у процесі агломерації відбуваються окускування руди і видалення шкідливих домішок – сірки і миш'яку.

У результаті спікання одержують розплав, який після охолодження дроблять і направляють на просівання: шматки розміром 13-50 мм йдуть на виробництво металів, 8-13 – постіль, менше 8 – повернення (компонент шихти).

Продуктивність однієї агломераційної машини 1,3-1,5 т/(м^2*год), тобто при площі агломераційної решітки 50 м^2 продуктивність складає 1600-1800 т/добу.

Викид відхідних газів, що утворюються в процесі горіння органічного палива й інших компонентів шихти, складає 2500 м^3/т шихти. Склад газів (%):

- CO_2 – 5-7,
- O_2 – 12-16,
- CO – 0,7-14,
- SO_2 – 1-13 г/м^3,
- NO_x – 0,3-0,9 г/м^3,
- HCl– 4 г/м^3.

Питомий викид SO_2 складає 190 кг/т руди. Одна агломераційна машина виділяє більш 700 т SO_2 на добу.

На агломераційній фабриці разом з відхідними газами, виноситься в атмосферу у вигляді пилу 6-8% виробленого агломерату, що складає 9-13 г/м^3. Частки діаметром менш за 10 мкм складають близько 10%, від 10 до 100 мкм – 40%, вище 100 мкм – 50% викиду.

Виробництво 1 т агломерату супроводжується утворенням 5-9 $м^3$ стічних вод. Із них 1,5-2,5 $м^3$ умовно-чиста, що має лише теплове забруднення, решта води забруднена шламами.

Виробництво коксу

Як паливо в металургії використовується кокс. Одержання коксу складається з трьох стадій:

- підготовка вугільної шихти перемішуванням вугілля різних марок (розмір часток не повинен перевищувати 3 мм);
- нагрівання шихти без доступу повітря в спеціальних печах до 1100-1200°С. Печі складаються з камер прямокутного перетину 14х0,4х5 м, з'єднаних у коксові батареї по 40-80 печей. У печі зверху завантажують вугілля. У кожну піч завантажують 22 т шихти. Продуктивність коксової батареї досягає 1500 т/добу. Між печами розташовані опалювальні простінки, у яких спалюють газ. На торцях камер розташовані знімні двері для виштовхування коксу. Тривалість коксування – 14-16 годин. Передача тепла здійснюється від стінок камери до центру. Тому в кожен момент часу на різних відстанях від стінок відбуваються різні стадії коксування:
  - до 250°С – випаровування вологи, виділення CO та CO_2;
  - при 300°С – починається виділення парів смоли;
  - вище 350°С – спечене вугілля переходять у пластичний тістоподібний стан;
  - з 500°С починається бурхливе розкладання пластичної маси з виділенням газів, смоли й утворення твердого напівкоксу;
  - з 700°С – подальшому розкладанню піддається напівкокс, виділяється, головним чином, H_2, напівкокс дає усадку;
  - вище 700°С відбувається зміцнення коксу.

Леткі продукти, стикаючись з поверхнею стінок камери і розпечених часток коксу, піддаються піролізу і дають суміш газів (H_2, CH_4) і парів поліциклічних ароматичних вуглеводнів;

- коксовиштовхувачем кокс подається до гасильного вагону. Гасіння (охолодження) коксу супроводжується виділенням в атмосферу бенз(а)пірену – 616, H_2S – 3,7, ціанідів – 4,6, NO_x – 20, CO - 317 г/сек. Гасіння буває мокрим (стічні води, що утворилися, містять аміак, феноли, ціаніди, піридини, пірокатехіни, ПАВ) і сухим (проводиться інертним газом, що циркулює в системі охолодження).

У результаті коксування з 1 т шихти одержують:

- 650-750 кг коксу,

- 140 кг коксового газу (після уловлювання бензолу, фенолу, смоли, аміаку одержують суміш 55-60% H_2 і 20-25% CH_4 – паливо, що має теплоту згоряння 17,5-18,5 МДж/м^3),
- 30 кг кам'яновугільної смоли,
- 10 кг сирого бензолу,
- 3 кг аміаку,
- сірководень.

На сучасному коксохімічному заводі при виробництві 1 т коксу утворюється 4-7м^3 стічних вод. Витрата свіжої води дорівнює 1,15-1,55м^3 (при використанні конденсованої і пірогенної води для гасіння коксу). Стічні води містять феноли, Cl^-, CNS^-, SO_4^{2-}, CO_3^{2-}, H_2S, піридин, бенз(а)пірен, що може накопичуватися в донних відкладеннях очисних споруджень чи усереднювачів.

Металургійний переділ

В основі виробництв чорної металургії лежать багатотонажні високотемпературні процеси виплавки чавуну і сталі.

Виробництво чавуну

Залізна руда містить оксид заліза, що відновлюється вуглецем до металу. Звичайно цей процес проводять у доменних печах. Це шахтні печі (печі з витягнутим нагору робочим простором), висота яких досягає 30 м, а об'єм – 6000 м^3. Доменна піч працює безупинно 6-8 років. Добова продуктивність печі досягає 11000 т чавуну. У процесі доменної плавки здійснюється зустрічний рух низхідного потоку агломерату, флюсів, коксу і висхідного потоку газів, що утворяться в нижній частині печі – горні.

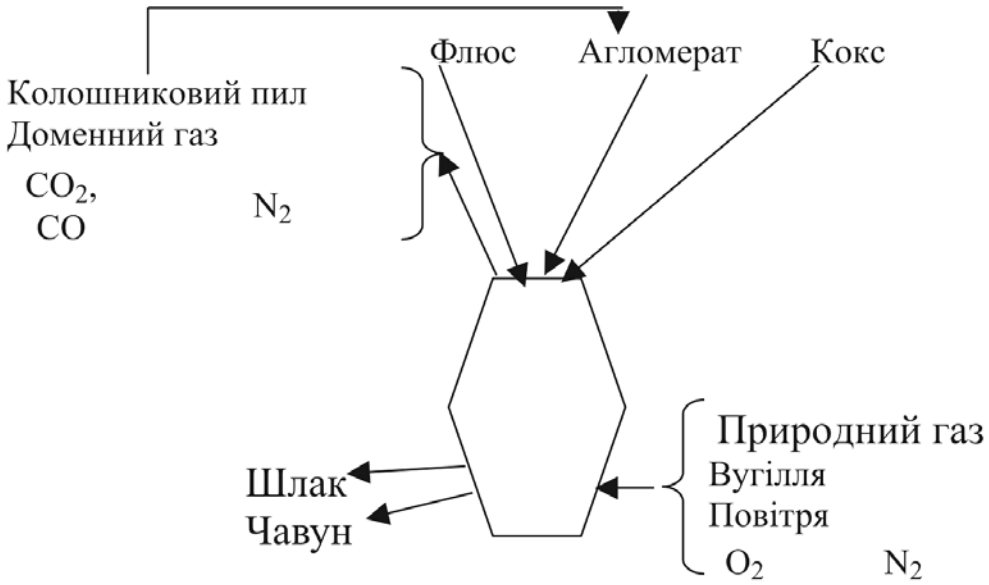
Виплавлюване залізо взаємодіє з коксом, розчиняє в собі домішки з породи і флюсу, розчиняє вуглець, утворює чавун, що у рідкому стані стікає у горн. Розплавлена порожня порода, зола коксу і флюси утворюють шлак, що спливає на поверхню чавуну через різницю щільностей.

Продукти плавки (%):

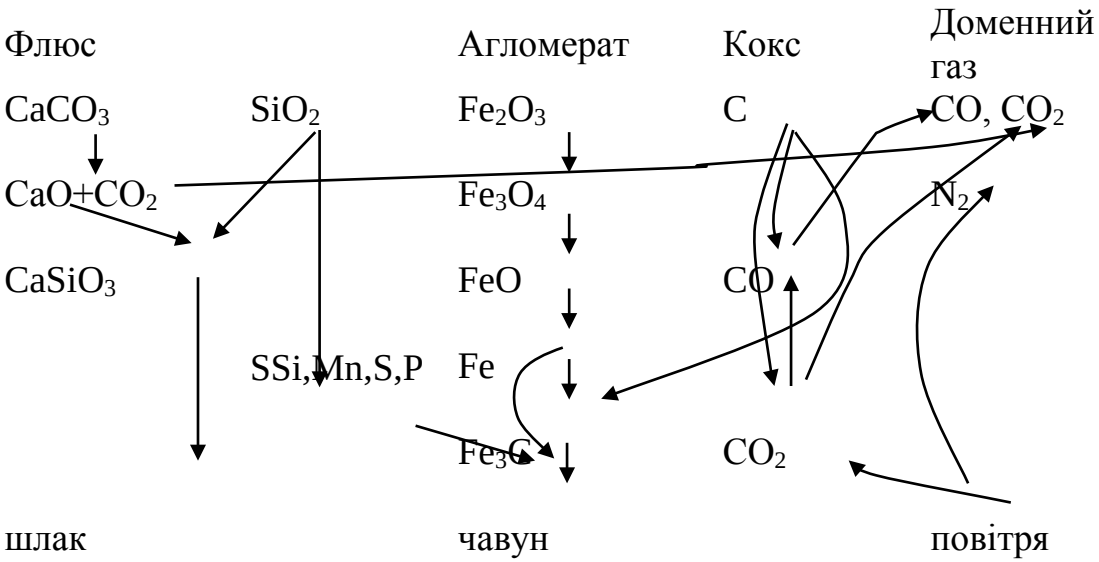
- чавун – 16,5
- шлак – 9
- доменний газ – 69,5
- колошниковий пил – 5.

Для виробництва 1 т чавуну необхідно 1,7-2 т руди, 500-700 кг коксу, 300-700 кг флюсів, 3,3 т повітря.

Функціональна схема виробництва чавуну:



Хімічна схема виробництва чавуну:



При збагаченні дуття киснем у викиді зменшується частка азоту. Колошниковий газ містить 200-300 мг/м^3 ціаністих сполук. Після очищення від пилу (20 г/м^3) він може бути використаний як паливо (теплота згоряння 3,6-4,6 МДж/м^3).

Питомі викиди процесу одержання чавуну:

- CO – 30-40г/с,
- NOx – 6г/с,

- пил – 260г/с.

Більше 20% тепла процесу розсіюється в навколишньому просторі.

Для охолодження корпуса домни використовується вода. При цьому утворюються стічні води, основний вид забруднення яких – тепловий. Крім цього, в системі гідравлічного збору пилу утворюється потік стічних вод, забруднений завислими речовинами (частки руди, флюсу, коксу). Питоме утворення таких стічних вод – 300-360 $м^3$/г від кожної доменної печі.

Понад 85% усього виплавлюваного чавуну приходиться на переробний (білий) чавун, у якому вуглець знаходиться у виді Fe_3C. Цей чавун твердий, крихкий, використовується у виробництві сталей.

Ливарний (сірий) чавун характеризується підвищеним вмістом Si (до 4%), що сприяє виділенню вуглецю у виді графіту. Такий чавун характеризується гарними ливарними властивостями.

Високоміцні чавуни одержують із сірого модифікацією його Mg чи Cs (0,01-0,03% від маси рідкого металу). Вуглець у цих чавунах має вид графітових кулястих включень.

Зносостійкий, жароміцний чавун одержують легуванням сірого чавуну невеликими кількостями Ni, Cr, Mo і інших елементів.

Спеціальні чавуни – це сплави з високим вмістом одного чи двох неосновних компонентів. Наприклад, феросиліцій містить більше 13% Si, феромарганець – до 75% Mn.

Виробництво сталі

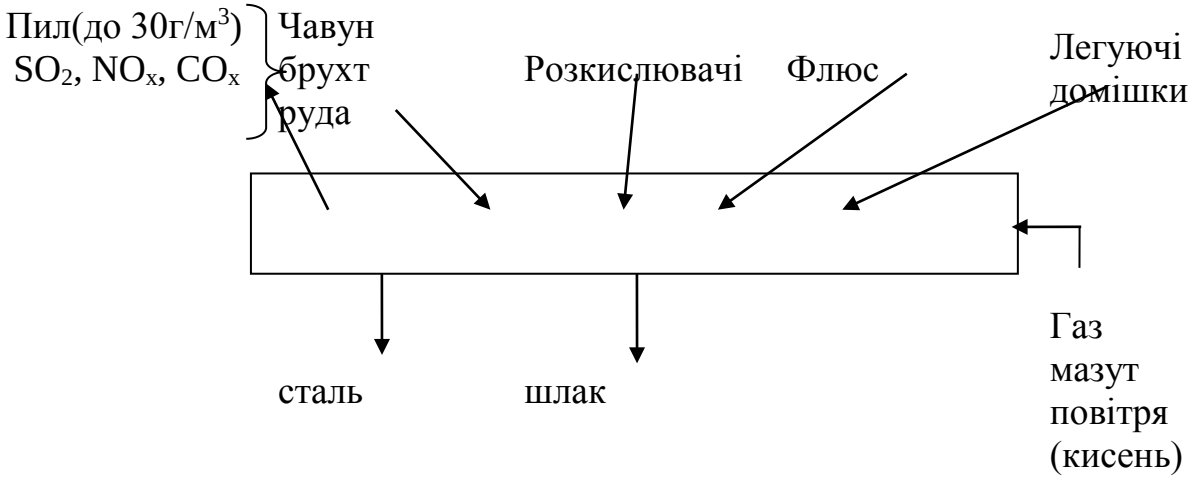
Сталь – це сплав заліза з вуглецем, кремнієм, марганцем, сіркою та фосфором, у якому вуглецю менше 2,14%.

Сталь одержують з чавуну, руди і залізного брухту в мартенівських печах, конверторах і електропечах.

Мартенівський процес проходить у мартенівських печах ємністю до 900т (25х6х1,3 м).

Частка чавуну, що завантажується, руди і брухту міняється в залежності від сорту одержуваної сталі. Мартенівський процес полягає в розплавлюванні шихти, зниженні вмісту в ній C, Si, Mn, видаленні небажаних елементів (S, P) і уведенні відсутніх елементів (легуванні). Температура в печі повинна забезпечувати перебування металу в рідкому стані (наприкінці плавки – близько 1600°C). Як паливо використовують газ (коксовий, доменний, природний); рідке (мазут); пилоподібне (вугілля). Здійснюється роздільне подання палива і повітря; горіння відбувається в довгому смолоскипі. Для інтенсифікації горіння в дуття додають кисень.

Функціональна схема виробництва сталі мартенівським методом:



Для одержання 1 т сталі необхідно 1050-1250 кг шихти, 100-200 кг умовного палива.

Продукти мартенівської плавки (%):

- сталь – 83, шлак –10, гази, що відходять – 7.

Питомі викиди процесу одержання сталі мартенівським методом:

- пил –12,5 г/с, SO_2 – 3 г/с, NO_x – 25 г/с, CO_x.

З відхідними у навколишнє середовище газами виноситься 41% тепла, конвективні втрати тепла складають 34%, тобто сумарні втрати енергії складають 75%!!!

Одержання сталі конверторним способом відбувається без витрачання палива, тому конверторний спосіб одержання сталі витісняє мартенівський. У конвертори (ємністю близько 30 0т) завантажують брухт (20-25%), рідкий чавун і продувають повітря, або повітря, збагачене киснем, або чистий кисень. Кисневе дуття дозволяє одержувати сталь з низьким вмістом азоту (0,002-0,006%). Доданий флюс зв’язує фосфор і сірку в шлак. У результаті окислювання небажаних домішок (C, S, P, Si, Mn) виділяється тепло в кількості, достатній для підтримки металу в рідкому стані протягом усього процесу без надходження тепла з інших джерел.

Виробництво 1 т сталі супроводжується виділенням 1600 м^3 газів. Питомі викиди: пил – 4,8г/с, SO_2 – 1,7г/с, NOx – 4,5г/с.

У просторі розсіюється від 20 до 50% тепла (4-18% зі шлаками, 28-30% - з відхідними газами).

Електрометалургійний спосіб включає виплавку сталі в дуговій і індукційній електричних печах.

Зараз використовують електродугові печі ємністю до 350 т. Піч виготовлено із сталі у вигляді циліндру. Зі склепіння печі опускаються вугільні чи гра-

фітові електроди. До складу шихти входять сталевий брухт, відходи сталеплавильного виробництва (близько 90%), чавун (5-10%), залізна руда й окалина, флюси. Температуру 2500°С одержують від електричної дуги, що горить поміж електродом і розплавом металу. Виплавка сталі супроводжується утворенням великої кількості термічних оксидів азоту і значних втрат тепла.

Кількість тепла, виділювана електропечами, % від загальної витрати тепла на розплавлювання металу:

Піч	Місткість, т	Чавун	Сталь
Електродугова	0,5	25	32
	3	22	30
	10	14	22

Добова продуктивність електродугових печей складає 12-15 т на кожні 1000 кВт потужності трансформатора, витрата електроенергії – 2,34-2,7 кДж (500-600 кВт*год на 1 т сталі), витрата графітових електродів на 1 т сталі 6,5 кг.

Індукційна піч – це вогнестійкий тигель, на якому розташований індуктор – мідна трубка у вигляді спіралі. Плавка йде за рахунок вихрових струмів, що виникають в індукторі. Ємність печей – від 5 кг до 25 т, продуктивність – близько 40 т на 1000 кВт установленій потужності, витрата енергії на 10% вища, ніж у дугових печах.

Основні техніко-економічні показники способів виробництва сталі:

Показники	Спосіб виробництва		
	конверторний	мартенівський	електричний
Ємність агрегату, т	250-400	400-600	200-300
Вихід сталі, %	90-92	91-95	92-98
Термін плавки, год	0,4-1	6-10	6-10
Річна продуктивність, тис.т	›1500	370-490	400-600
Витрати на виробництво 1т сталі:			
технологічного палива, кг	-	100-200	-
кисню, $м^3$	50-55	40-50	8-17
електроенергії, кВт*год	-	-	500-600
електродів, кг	-	-	6,5
Частка металобрухту у шихті, %	20-25	30-60	до100

У середньому щорічно на 1 млн.т продуктивності підприємства чорної металургії виділяють:

- пилу – 350 т,
- SO_2 - 200 т,
- NO_x -42 т,
- CO - 400 т.

Питомі викиди (т/добу), що супроводять виробництво 1млн.т сталі:

Виробництво	тверді частки	SO_2	CO
Агломераційне	91	14,5	250
Коксохімічне	1	1,3	14,2
Доменне	11	3,3	10,6
Мартенівське	14	1,2	0,7
Конверторне	7	1,2	1,5
Електросталеплавильне	1,1	0,3	-

Чорна металургія – один із значних водопоспоживачів (60-70% стічних вод забруднені лише термічно)(%):

- охолодження устаткування - 49,
- очищення газів і повітря – 26,
- гідротранспорт – 11,
- обробка металу – 12,
- інші процеси –2.

Безповоротні втрати 6-8%.

Металургійні підприємства з великою кількістю цехів і допоміжних служб займають до 1000 га.

Утворення твердих відходів по видах продукції (кг/т):

- виробництво чавуну – 7-10,
- виробництво сталі – 35-40,
- виробництво прокату – 280,
- виробництво сталевого лиття – 530,
- виробництво чавунного лиття – 350,
- виробництво сталевих труб – 110-120,
- виробництво виливків чавунних труб – 170-200,
- виробництво кувань і штампувань – 175-180.

Джерела утворення брухту та відходів основних переділів металургійного підприємства:

Виробництва	% від загальної кількості відходів	Операції
Доменне	1	Випуск та розлив чавуну (залишки, брак)
Сталеплавильне	5	Випуск та розлив сталі (литники, недоливи, браковані злитки, залишки металу у ковшах), зачистка злитків (стружка)
Прокатне	30	Різка (обрізі, стружка), прокат (недокат), зачистка заготовок (стружка)
Ливарне	9	Розлив (залишки у ковшах, литники), литво (брак)

Пряме одержання заліза з руд.

На Оскольському металургійному комбінаті (замість традиційних методів) залізо одержують прямим шляхом з руд, що пройшли підготовку в цеху окатишів і металізації. При цьому зі складу заводу виключені найбільш потужні джерела забруднення (виробництво коксу, аглофабрика, доменний цех).

Фізико-хімічна відмінність безкоксової металургійної схеми в тому, що вміст кисню в залізорудному матеріалі знижується поступово. За традиційної схеми одержання металу вміст кисню падав від ~ 20% у руді до 0,001% у чавуні, а потім підвищувався до 0,1% у сталі. У безкоксовій схемі кількість кисню знижується від 20% до 1% у металізованій сировині, а потім, після плавлення в електропечі, знижується до 0,1% у готовій сталі.

Схема виробничого процесу: залізорудний концентрат після збагачення у виді пульпи надходить до угрудкувателя для виробництва окатишів, а потім у шахтну піч для відновного випалення. Одержують металізовані окатиші, що містять до 95% заліза, їх спрямовують на переробку в електродугові печі.

Загальна кількість викидів пилу, SO_2, NO_x, CO при прямому одержанні заліза в 6 разів менше, ніж при традиційному. Якщо враховувати, що немає виробництва коксу з виділеннями поліциклічних ароматичних речовин, то сумарна токсичність викидів за новою технологією в 300 разів менша за традиційну.

Кольорова металургія

Кольорові метали широко використовуються в сучасному машинобудуванні, ракетній техніці, атомному машинобудуванні, радіоелектроніці. Їх широке застосування засноване на особливих властивостях: високих електро- і теп-

лопровідності, корозійній стійкості, жароміцності, малій щільності тощо. Крім того, кольорові метали утворюють сплави між собою та з чорними металами. Однак вони дуже дорого коштують і там, де можливо, використовують чорні метали.

Кольорові метали можна розділити на групи:

- важкі (Cu, Ni, Pb, Zn, Sn, Bi, Cd, Sb, Co, Hg),
- легкі (Al, Mg, Ti, Na, K, Ba, Be, Li, Ca),
- благородні (Au, Ag, Pt і метали платинової групи),
- тугоплавкі (W, Mo, Nb, Ta, Cr, Zr),
- рідкоземельні (Sc, Y, La і лантаноїди),
- радіоактивні (Th, Fr, Tc, Ra, Po, Ac, U і трансуранові).

Підприємства кольорової металургії одержують більше 70 металів, багато з яких використовуються в новій і космічній техніці. Структура виробництв кольорової металургії дуже різноманітна. Руди кольорових металів поліметалеві, тому потрібна їхня комплексна переробка.

Основні способи переробки руд кольорових металів:

- пірометалургійні (високотемпературні), до них відносяться випал і плавка;
- гідрометалургійні (умови проведення - температура 20-300^{o}C, звичайний чи підвищений тиск). Включають обробку водяними розчинами кислот, лугів чи солей. При цьому метал, що видобувається, переходить до складу розчинної солі;
- електрометалургійні, проходять із застосуванням електричного струму для проведення окисних чи відновних реакцій. Електроліз проводять у розчинах чи розплавах солей.

Усі види металургійного виробництва кольорових металів дуже енергоємні.

Специфіка кольорової металургії полягає в тому, що всі одержувані елементи і їхні сполуки високотоксичні.

Основними забруднюючими речовинами виробництв кольорової металургії є пил (утримуючий токсичні речовини) і SO_2.

Викиди в атмосферу по галузі (%):

Виробництво	Тв.частки		SO_2	
Кольорова металургія в цілому	100		100	
Ni и Co	33,6		42,8	
Al	29,1	94,4	0,6	99,6
Cu	28,6		50,8	
Pb и Zn	3,1		5,5	

При випалі руд кольорових металів у навколишнє середовище виділяються пил і діоксид сірки.

У ґрунті біля підприємства з виробництва кольорових металів присутні (мг/кг):

Глибина шару ґрунту, см	Відстань від підприємства, км			
	0,8	1,5	0,8	1,5
	Pb (ГДКґ = 20мг/кг)		As (ГДКґ = 2мг/кг)	
1-20	1010	410	11	5
35-40	32	63	3	1
95-100	32	32	2	1

Виробництво кольорових металів споживає великі кількості води. Вода виконує роль охолоджувального середовища, розчинника реагентів, транспортує домішки.

Стічні води пірометалургійного виробництва нагріті і забруднені механічними домішками.

Стічні води гідрометалургійного виробництва містять вилуговуючі реагенти, іони кольорових металів, дрібнодисперсні домішки.

На виробництво 1 т металу витрачається води ($м^3$):

Al – 146	Pb і Zn – 360
Cu – 775	Ti – 960
Ni - 2420	Mo - 2480

Виробництво алюмінію

За об'ємами виробництво металевого алюмінію перебуває на другому місці після виробництва заліза.

Головне джерело одержання – боксити, що містять 40-70% $A1_2O_3$. У природі боксити містять у виді домішок Fe_2O_3, TiO_2, $CaCO_3$, $MgCO_3$, SiO_2.

Боксити очищують від домішок двома методами:

1 – вологий лужний.

Схема метода	Умови проведення
$Al_2O_3*SiO_2*NiO_2*Fe_2O_3$ - боксит	+ 40% розчин NaOH, 160-230°C, 6-30атм
↓ →	відход (червоний шлам) $[TiO_2+Fe_2O_3+2NaAl(SiO_3)_2*H_2O]$
$NaAlO_2*nH_2O + Na_2SiO_3$	+ вода (гідролиз) при температурі 40-70°C протягом 2-5 днів
↓ →	відходи: $Na_2SiO_3*SiO_2$ + NaOH (на регенерацію)
$Al(OH)_3$ ↓	промивання, сушіння 1200°C

2 – метод сплавлення. Розмелені боксити змішують з Na_2CO_3 і вапном (CaO чи $CaCO_3$) і прожарюють при 1100-1200°C. Проходить комплекс твердофазних реакцій:

$$Al_2O_3 + Na_2CO_3 = 2NaAlO_2 + CO_2$$
$$Fe_2O_3 + Na_2CO_3 = 2NaFeO_2 + CO_2$$
$$SiO_2 + Na_2CO_3 = Na_2SiO_3 + CO_2$$
$$TiO_2 + Na_2CO_3 = Na_2TiO_3 + CO_2$$
$$Al_2O_3 + CaO = Ca(AlO_2)_2$$
$$Fe_2O_3 + CaO = Ca(FeO_2)_2$$
$$SiO_2 + CaO = CaSiO_3$$
$$TiO_2 + CaO = CaTiO_3$$

Отриманий плав прохолоджують, розмелюють, додають воду. У розчин переходять $NaAlO_2$ і Na_2SiO_3. Інші речовини залишаються в осаді.

За допомогою вапняного молока під тиском 1,5-2,5 атм і при температурі 150-160°C від розчину відокремлюють кремній:

$$Na_2SiO_3 + Ca(OH)_2 = CaSiO_3\downarrow + 2NaOH$$

$NaAlO_2$, що залишився в розчині, карбонізують, пропускаючи через розчин при температурі 75-80°C вуглекислий газ:

$$NaAlO_2 + CO_2 + 3H_2O = 2Al(OH)_3\downarrow + Na_2CO_3$$

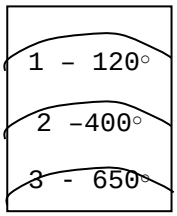
Осад промивають, сушать, прожарюють при 1200-1300°C.

Для одержання 1 т Al_2O_3 необхідно:

- 3,5-3,7т бокситів,
- 0,45т Na_2CO_3,
- 1,1 т $CaCO_3$ (для одержання $Ca(OH)_2$),
- 650 кВт*год електроенергії.

Металевий алюміній одержують електролізом Al_2O_3 у розплавленому Na_3AlF_6 з додаванням фториду кальцію CaF_2. Кріоліт є розчинником Al_2O_3, добавки фториду кальцію знижують температуру плавлення Al_2O_3 з 2050 до 900-960°С.

Електролізер для одержання алюмінію – це сталева ванна з футерівкою з вогнетривкої цегли, обкладена графітовими блоками. Дно ванни з розплавленим металом є катодом. Анод – вугільний, частково опущений в електроліт. Анод розміщено в алюмінієвому кожу, який у міру розплавлювання нарощується зверху. Анод складається з вуглецевої маси, в якій можна виділити три зони:



1 – рідка анодна маса,
2 – тістоподібний коксований шар,
3 – закоксована частина аноду, якою струм потрапляє у робочий простір.

У ванні підтримується температура 950-970°С, робоча напруга 4-4,5 В, сила струму близько 75 кА.

У ванні проходять реакції дисоціації:

$Al_2O_3 \leftrightarrow Al^{+3} + AlO_3^{-3}$

$Na_3AlF_6 \leftrightarrow 3Na^{+} + AlF_6^{3-}$

На електродах розряджаються:

K $\left|\right.$ $4Al^{+3} + 12e \rightarrow 4Al$ A $\left|\right.$ $4AlO_3^{-3} - 12e \rightarrow 3O_2\uparrow + 2Al_2O_3$

Добова продуктивність ванни – близько 350 кг металу, тривалість безупинної роботи ванни 2-3 роки.

Вугільні аноди взаємодіючи з киснем, що виділяється, утворюють CO_2 і CO. Крім цього на аноді виділяється F_2, утворюючи CF_4 і HF. Аноди, що самовипалюються, виділяють в атмосферу (мг/м^3):

- пил – 300-700,
- HF – 200-350,
- смолисті речовини – 30-40.

Для одержання 1 т металевого алюмінію необхідно:

- 1,9-2 т Al_2O_3,
- 0,1 т Na_3AlF_6,

- 40 кг Ca_2,
- 0,7 т анодної маси,
- 17-22 МВт*г електроенергії.

У структурі собівартості алюмінію витрати на електроенергію складають більше 30%, близько 50% приходиться на сировину й основні матеріали.

Виробництво міді

Мідний концентрат, одержуваний із сульфідних руд, містить 10-35% Cu, 30-35% Fe і 20-24% S. Вміст порожньої породи (SiO_2, Al_2O_3, $CaCO_3$) складає 3-15%.

Основний метод одержання міді – пірометалургійний. Отриманий концентрат піддають плавці в електричній або відбивній печі з одержанням штейну (сплаву сульфідів Cu і Fe: 15-55% Cu, 15-50% Fe, 20-30% S) і шлаку (сплаву SiO_2, Fe, Ca, Al_2O_3 + 0,1-0,5%Cu). Гази, що виділяються при цьому, містять S, CO, CS_2, H_2S, оксиди As, Sb, P.

Потім штейн піддають плавці в конверторі, що продувається повітрям. Конвертування складається з двох періодів:

1 – окислювання Fe з одержанням білого штейну (тривалість 6-25 годин):

$2Fe + 3O_2 \rightarrow 2Fe + 2SO_2$

$2Cu_2S + 3O_2 \rightarrow 2Cu_2O + 2SO_2$

У присутності Fe оксид Cu(1) нестійкий і розкладається:

$Cu_2O + Fe \rightarrow Cu_2S + Fe$

Fe шлакується (зв'язується) кварцовим піском:

$Fe + Si_2 \ FeSi_3$

У конверторі залишається білий штейн Cu_2S.

2 – реакційний, тривалістю 2-3 години, під час якого утвориться чорнова мідь, що містить 98-99,5% Cu:

$Cu_2S + O_2 \rightarrow 2Cu + SO_2$

і у виді домішок Se, Te, Bi, Zn, Co, Ni, Au, Ag.

Отримана чорнова мідь йде на рафінування – насичується киснем у рідкому стані. При цьому домішки переходять в оксиди (шлак). Після видалення шлаку мідь, що частково окислилася, відновлюють зануренням у розплавлений метал сирої деревини:

$2Cu_2O + C \rightarrow 4Cu + CO_2$

Питання для самоперевірки:

1. Технологія одержання агломерату, впливи на навколишнє природне середовище.

2. Коксохімічне виробництво, впливи на навколишнє природне середовище.
3. Одержання чавуну, впливи на навколишнє природне середовище.
4. Одержання сталі мартенівським способом. Впливи на навколишнє природне середовище.
5. Одержання сталі конверторним способом. Впливи на навколишнє природне середовище.
6. Одержання сталі електродуговим способом. Впливи на навколишнє природне середовище.
7. Класифікація технологій одержання кольорових металів.
8. Технологія виплавляння алюмінію, вплив на довкілля.
9. Технологія виплавляння міді, вплив на довкілля.

2.5. Машинобудування

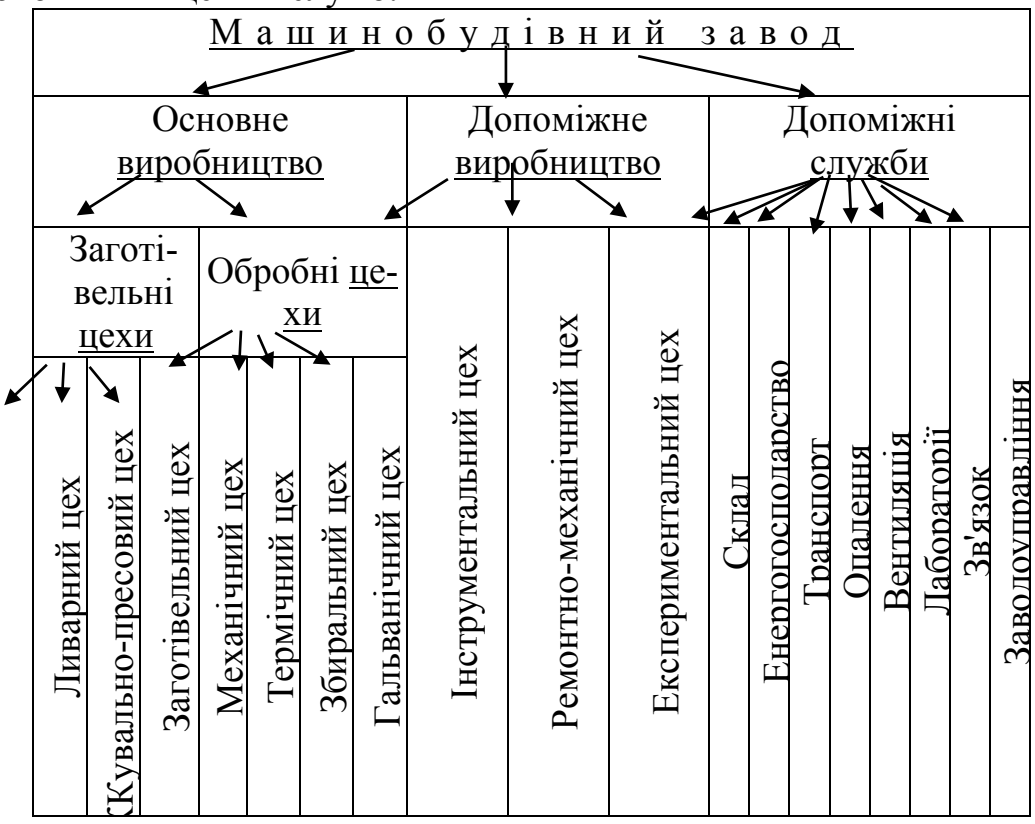
Машинобудування – комплекс галузей промисловості, що виготовляють знаряддя праці для народного господарства, транспортні засоби, предмети вжитку й оборонну продукцію.

Для машинобудування характерна розмаїтість знарядь виробництва і номенклатури продукції: верстати, транспорт, енергетичне, сільськогосподарське устаткування, устаткування для атомної промисловості, тобто кожне виробництво має свої специфічні технології. У той же час для машинобудівних підприємств характерна спільність сировинних матеріалів (чорні і кольорові метали і їхні сплави), ідентичність основних технологічних принципів перетворення їх у деталі (лиття, кування, штампування, оброблення різанням та ін.), а деталей – у вироби (зварювання, складання та ін.).

Процес створення і виробництва виробів охоплює ряд взаємозалежних етапів, так званий «життєвий цикл виробу», починаючи з розробки конструкції і технології, вироблення деталей, складових одиниць і механізмів і закінчуючи власне виготовленням виробів, їх обробленням, випробуваннями і відправленням споживачеві.

Структура машинобудівного підприємства.

Середньостатистичний машинобудівний завод складається з низки основних і допоміжних цехів і служб.



Основні цехи – заготівельні, обробні і випускаючі. До заготівельних цехів відносяться чавуно- і сталеливарні, ковальсько-пресові, цехи для різання заготовок. До числа обробних цехів належать механічні, термічні, складальні, цехи металопокриттів (гальванічні) та інші. Випускаючі цехи забезпечують вихід промислової продукції.

До допоміжних цехів відносяться інструментальні, ремонтно-механічні, експериментальні й інші.

На кожному підприємстві діє ряд служб, до яких входять складські приміщення, енергогосподарство, внутрішньозаводський транспорт, опалення, вентиляція, каналізація та ряд інших.

Всі підгалузі машинобудування можна поділити на дві групи:

- ресурсоємкі,
- наукоємкі.

Особливості наукоємких підгалузей машинобудування (виробництво засобів зв'язку, обчислювальної техніки і периферійного устаткування, електронно-обчислювальних приладів, оптичних і інших точних приладів): невелика матеріало- і енергоємність,незначне водоспоживання і, відповідно, значно менше виділення викидів, скидань і відходів у навколишнє середовище порівняно з ресурсоємкими, вплив яких на навколишнє середовище досить значний.

Вплив машинобудівних підприємств на атмосферу

Заготівельні цехи

Ливарні цехи – одержання фасонних виливків за допомогою заливання рідкого металу чи сплаву у форми. Близько 40% деталей до машин і механізмів та до 80% до металообробних верстатів виготовляють у такий спосіб. Литтям можна одержувати деталі будь-якої форми і маси - від декількох грамів до сотень тонн. Найбільш розповсюдженим ливарним сплавом є чавун (75%), інше – сталь і сплави кольорових металів.

До складу даного підрозділу входять:

- плавильні агрегати,
- шихтовий двір,
- ділянки підготовки формувальних сумішей,
- ділянки розливання металу,
- ділянки очищення литва.

Як плавильні агрегати використовуються вагранки. Вагранка – шахтна піч діаметром до 3 м і висотою до 5 м. Зовні закрита сталевим кожухом, зсередини обкладена вогнетривкою цеглою. Зверху вагранку заповнюють шихтою, що складається з коксу, чавунних чушок, залізного брухту і флюсів. У нижню частину подається дуття (повітря). На 1 т литва витрачається близько 270 кг коксу.

Розплавлений чавун збирається в нижній частині вагранки, відкіля зливається у ківш, а потім розливається у форми.

При плавці 1 т чавуну у вагранках утворюється 900-1200 $м^3$ газу, до складу якого входять:

- близько 22 кг пилу (оксиди Fe, Al, Ca, Mg, Mn, шихта, дрібнодисперсний SiO_2 – до 60%)),
- близько 200 кг CO,
- близько 2 кг SO_2,
- близько 3 кг C_mH_n,
- 15 кг NO_x.

З закритих вагранок при виплавці 1 т чавуну виділяється:

- близько 11,5 кг пилу,
- близько 193 кг CO,
- близько 0,4 кг SO_2,
- близько 0,7 кг C_mH_n.

При випуску 1 т чавуну з вагранок у ковші в атмосферу неорганізовано виділяється до 130 г CO і до 22 г пилу.

Виплавлення сталі проходить в електродугових печах потужністю від 0,5 до 40 т/г. Склад і кількість забруднюючих речовин залежить від марки виплавлюваної сталі, режиму ведення технологічного процесу й інших показників. Процес виплавлення протікає в три стадії: плавлення, окислювання, відновлення. При орієнтовних розрахунках рекомендується приймати об'ємну витрату газів у період виплавлення 80-100 $м^3$/г на 1 т сталі, при підсмоктуваннях повітря – 350-450 $м^3$/г.

Для печі ємністю 0,5 т при виплавленні 1 т сталі в навколишнє середовище надходить:

- 9,9 кг пилу (58,6% Fe_2O_3, 10% Mn_2O_3, 5% Al_2O_3, 6,9% SiO_2, 6,9% CaO, 5,8% MgO, а також хлориди й оксиди Cr і P),
- 1,4 кг CO,
- 0,27 кг NO_x.

Робота індукційних печей супроводжується виділенням пилу (0,75-1,5 кг/т металу). При виплавленні 1 т кольорових металів і їхніх сплавів виділяється до 3 кг пилу (оксиди кольорових металів), до 25 кг CO і 1 кг NO_x.

На ділянках ливарних цехів, пов'язаних із складуванням і переробкою шихтових матеріалів і формувальних сумішей (шихтовий двір, сумішопідготовчі ділянки і ділянки формування) спостерігаються значні виділення забруднюючих речовин:

- до 4 кг/год (1 г/с) пилу,
- 0,5 кг/год (0,2 г/с) CO,

- 0,15 кг/год SO_2.

При виготовленні 1 кг формувальної суміші виділяється близько 7,5 г вуглеводнів (фенол, формальдегід, метанол, ацетон).

Значними пилогазовими викидами супроводжуються процеси зливання металу з печей у ківш і розливання у форми, причому величина питомих викидів шкідливих речовин не залежить від ємності печей.

У місцях розливання металу у форми навколишнє середовище потрапляє оксид вуглецю, кількість якого залежить від маси виливків:

m = 8 - 30 кг q = 1,2 кг/т

m = 2000 кг q = 0,7 кг/т

На ділянках очищення литва при витягуванні виливків та звільненні їх від відпрацьованих формувальних сумішей використовується вибивне устаткування. Процес витягування виливків супроводжується виділенням пилу, згорілої землі й окалини в кількості до 30 кг/т відлитого металу. При витягуванні гарячих (200°С) виливків кількість виділень збільшується на 10-15%. При очищенні виливків механічним способом з 1 $м^2$ виробу виділяється:

- до 60 кг/год пилу, що містить як частки SiO_2, так і частки металу,
- 6 кг/год CO,
- 3 кг/год NH_3.

При дрібометному очищенні інтенсивність пиловиділення складає 50-80 кг/т, при механічному очищенні абразивним інструментом – 2,5 кг/год, сухе піскоструминне очищення заборонене. При очищенні виливків у барабанах вміст SiO_2 у пилу доходить до 94,3%, а при вибиванні виливків – до 99,2%.

Характеристика неорганізованих викидів:

Джерела викидів	Температура газів, °С	Концентрація, мг/$нм^3$				Питомі викиди (на 1 т сталі)				
		пил	NOx	SO_2	CO	гази, $нм^3$	Пил, г	NO_x, г	SO_2, г	CO, г
Навколоелектродний простір	150	2000-8000	42,0	9,0	6,25	125	250-1000	5,2-5,3	1,1	0,8
Ківш при зливанні металу	150	1500-3500	9	22,5	-	78	120-270	0,7	1,8	-
Форми при розливанні	50	2000	сліди	-	-	2-3	5	-	-	-

Ковальсько-пресові цехи – одержання металевих виробів куванням, штампуванням чи пресуванням.

Кування – багаторазовий переривчастий вплив інструменту на нагріту заготовку, у результаті чого вона, деформуючись, поступово здобуває завдану форму і розміри.

Штампування – обробка матеріалів тиском шляхом пластичної деформації заготовки в штампах. Формоутворення відбувається без зняття стружки. Розрізняють холодне (при кімнатній температурі) і гаряче (при температурі, значно вищій за кімнатну), а також листове й об'ємне штампування виробів.

Пресування – обробка матеріалів на пресах з одержанням заготовок і виробів з металів.

На цьому етапі обробки в атмосферу виділяються:

- мастильний аерозоль, що утворюється при змазуванні штампів,
- продукти згоряння мастильних матеріалів,
- пил.

Концентрація пилоподібних часток окалини і графіту, при здуванні стисненим повітрям з поверхонь матриць, штампів та поковок, у повітрі робочої зони складають 3,9-4,1 мг/м^3, за пресами можуть досягати 22-138 мг/м^3.

Виділення токсичних газів від нагрівальних печей у молотових і пресових прольотах досягають:

- при спалюванні 1 кг природного газу – 3- 7г CO,
- при спалюванні 1 кг мазуту – 2,2-5,2 г SO_2, 58 г CO, 0,33 г NO_x,
- при спалюванні 1 м^3 природного газу – 0,42 г NO_x.

У ковальсько-штампувальному виробництві вода витрачається на охолодження заслінок печей, ковальського інструменту, штампів гарячого штампування, пресів, для створення водяних завіс. Потреба у воді, що йде на охолодження устаткування при виробництві 1 т поковок масою до 1,5 т складає 13 м^3 оборотної і 2 м^3 свіжої прямоточної, для поковок масою більш 1,5 т – 35 м^3 оборотної і 10 м^3 свіжої прямоточної, при штампуванні – 105 м^3 оборотної і 8 м^3 свіжої.

У стічних водах ковальсько-пресових цехів міститься 0,4-1г/л суспендованих речовин, 0,01-0,06 г/л мастил. Температура 30-40°С, режим скидання – періодичний.

Частка чавуну, що завантажується, руди і брухту міняється в залежності від сорту одержуваної сталі. Мартенівський процес полягає в розплавлюванні шихти, зниженні вмісту в ній C, Si, Mn, видаленні небажаних елементів (S, P) і уведенні відсутніх елементів (легуванні). Температура в печі повинна забезпечувати перебування металу в рідкому стані (наприкінці плавки – близько 1600^{o}C). Як паливо використовують газ (коксовий, доменний, природний); рідке

(мазут); пилоподібне (вугілля). Здійснюється роздільна подача палива і повітря; горіння здійснюється в довгому смолоскипі. Для інтенсифікації горіння в дуття додають кисень.

Цех різання заготовок. У ряді випадків для виготовлення деталей використовують заготовки, отримані не з ливарного чи ковальсько-пресового цехів, а прокат, вироблений металургійним комбінатом.

Прокат – це довгі стержні різного діаметра і форми. Для здійснення механічного оброблення деталі, габаритні розміри заготовки для неї повинні задовольняти робочим розмірам верстата. Цього добиваються за допомогою зварювання чи розрізання заготовок.

Зварювання – технологічний процес одержання нероз’ємних з’єднань, близьких за властивостями матеріалам, що зварюються, шляхом встановлення міжатомних зв'язків між зварюваними частинами при їхньому нагріванні, або пластичному деформуванні, чи спільній дії того й іншого.

За видами енергії, необхідної для утворення зварювального з'єднання, і умовам введення її в метал, зварювання підрозділяється на:

- дугове,
- газове,
- термічне,
- електрошлакове,
- електронно-променеве,
- контактне,
- тертям,
- ультразвукове,
- плазмове,
- лазерне.

За ступінем автоматизації зварювання підрозділяється на:

- ручне,
- напівавтоматичне,
- автоматичне.

Процес зварювання складається з наступних стадій:

- нагрівання і розплавлення основного й електродного матеріалів,
- змішування рідких основного й електродного матеріалів у зварювальній ванні,
- охолодження і процес кристалізації зварювального шва (металу з'єднання).

Сукупність процесів, що протікають, називається металургійними процесами зварювання.

Залежно від виду зварювання, марок електродів або складу газокисневої суміші, флюсів та захисних газів, а також композиційного складу матеріалу, що зварюється, атмосферне повітря забруднюється зварювальним аерозолем і газо-

подібними сполуками. До складу зварювального аерозолю входять оксиди як основного, так і електродного матеріалів. Звичайно це оксиди Fe, Mn, Cr, V, W, Al, Zn, Cu, Ni. Обмазка наноситься на електрод за допомогою рідкого скла, тому до складу зварювального аерозолю входять сполуки кремнію (звичайно SiO_2). Газоподібними забруднювачами є CO, NO_x, O_3 та інші.

Більш за все шкідливих речовин надходить в атмосферу при ручному дуговому зварюванні. При витраті 1 кг електродів утворюється:

- до 40 г пилу,
- 2 г HF,
- 1,5 г CO і NOx.

При напівавтоматичному й автоматичному зварюванні загальна маса виділюваних шкідливих речовин в 2 рази менша, а при зварюванні під флюсом – менша у 4-5 разів.

Термічне різання – це поділ листового чи профільного металу на частини за допомогою концентрованого джерела тепла. Процес поділу матеріалу відбувається при його розплавлюванні чи інтенсивному окисленні (спалюванні) по лінії розрізу. Як джерело тепла використовують газокисневе полум'я чи електричну дугу, у зв'язку з чим розрізняють газове і плазмово-дугове різання металів. Процес кисневого різання металів заснований на здатності металу згоряти в струмені технічного кисню. Видалення утворених в зоні різання оксидів і шлаків відбувається як під дією власної ваги, так і за рахунок видування газовим струменем.

При газоелектричному різанні використовують як нагрівач електричну дугу, яка горить між вольфрамовим електродом, що не плавиться, і виробом, що розрізається. Температура дуги складає 4000-6000°С. Газ, яким заповнено стовп дуги, містить велику кількість позитивно і негативно заряджених часток (загальний заряд дорівнює нулю), Такий стан речовини називається низькотемпературною плазмою. Інтенсивне плазмоутворення досягається продувкою неіонізованого газу через стовп дуги. Видалення розплавленого металу з зони різання при такому типі термічного різання відбувається під дією струменя плазми, який утворюється в дузі.

Різання металів супроводжується виділенням пилу – зварювального аерозолю (оксидів металів), склад якого залежить від композиційного складу металів, що розрізаються. Крім того, в атмосферу надходить CO, NO_x, O_3. При різанні легованих сталей і сплавів титану інтенсивність виділення забруднюючих речовин підвищується у 2 рази.

Обробні цехи

Механічний цех. Механічною обробкою деталей називається сукупність процесів різання металів, обумовлюючих набуття виробом необхідної геомет-

ричної форми, заданих розмірів і чистоти поверхні. Основними методами обробки матеріалів різанням є точіння, свердління, фрезерування, стругання та шліфування.

Залежно від специфіки технологічного процесу обробки деталей механічні цехи оснащуються токарними, свердлильними, фрезерними, стругальними, шліфувальними й іншими металообробними верстатами.

При механічній обробці металів основними забруднюючими речовинами є пил і аерозолі мастил і емульсій. Джерелом мастильних і емульсійних туманів є рясне змочування оброблюваних поверхонь мастильно-охолоджуючими рідинами(МОР). Ці рідини дозволяють зменшити спрацювання різальних інструментів і зберегти структуру оброблюваного матеріалу, який нагрівається в результаті тертя в робочій зоні до 400-500^{o}С.

У якості МОР застосовують нафтові мінеральні мастила і їхні емульсії, лужні, мильно-лужні рідини, гас, скипидар і т.д. Емульсії являють собою 3-10% розчини мастил, нафтенових і олеїнових кислот і лугів з добавками кальцинованої соди (до 0,3-0,5%). У процесі використання склад емульсії істотно змінюється, збільшується вміст солей і мастил, металевих домішок.

При обробці деталі на токарному верстаті за 1 годину в атмосферу потрапляють:

- 30г пилу,
- 2,8г аерозолю мастила чи 0,08г аерозолю емульсолу.

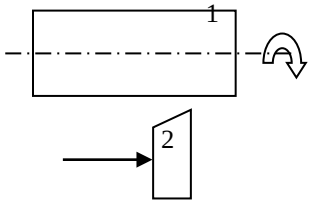
Процес шліфування супроводжується виділенням:

- 30г/сек пилу (метал + абразив),
- 12г/сек аерозолю мастила (0,7г/сек аерозолю емульсолу).

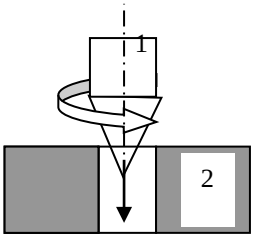
До складу пилу, що утворюється в процесі шліфування деталі входить 60-70% матеріалу оброблюваного виробу і 30-40% матеріалу абразивного інструменту.

Схеми основних методів обробки матеріалів (1 - головний рух – обертання, 2 – подача):

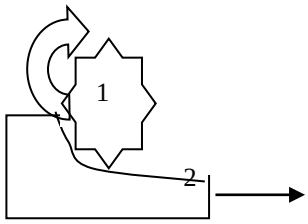
1. Точіння



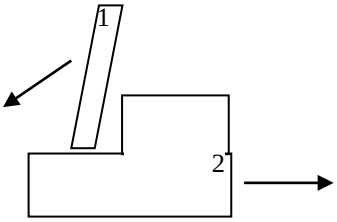
2. Свердлування



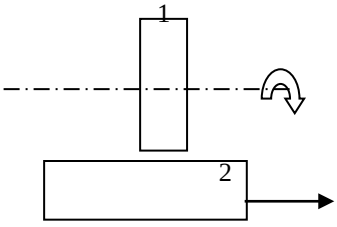
3. Фрезерування



4 Стругання (1 – зворотно-поступальний рух)



5 Шліфування



Термічний цех. У процесі термічної обробки відбувається змінення структури металу, у результаті досягаються необхідні фізико-хімічні властивості матеріалу. Процеси термічної обробки підрозділяються на:

- процеси, що спричиняють структурні змінення металу (як поверхневі, так і об'ємні),
- процеси, що викликають змінення хімічного складу металу в поверхневих шарах.

До змінення структури металу приводять наступні процеси:

- відпал – нагрів металу до температури понад 700^{o}C, витримка при цій температурі і повільне охолодження (приводить до зменшення твердості, зростання пластичності і в’язкості металу),
- загартування – нагрівання, витримка при досягнутій температурі, швидке охолодження (приводить до зростання твердості матеріалу),
- відпуск – нагрівання до температури нижче 700^{o}C, витримка, повільне охолодження (приводить до зняття внутрішніх напружень),
- старіння – нагрівання до температури 150-180^{o}C, охолодження протягом 5-20 годин (приводить до стабілізації розмірів, підвищення твердості матеріалу).

Зміну хімічного складу металу в поверхневих шарах проводять для підвищення межі витривалості конструкційних сталей, зносостійкості тертьових поверхонь, збільшення корозійної і жаростійкості металів. Процес хіміко-термічної обробки здійснюється при взаємодії зовнішніх газових або рідких середовищ з поверхнею металу при абсорбції (чи дифузії) активного елементу в атомарному стані всередині металу. До таких процесів відносяться:

- азотування - насичення поверхневих шарів металу азотом при 500-650^{o}C. Ціль азотування – підвищення твердості, міцності до спрацювання і корозійної стійкості (використовується для обробки поверхонь деталей, які працюють при 500-600^{o}C – гільзи циліндрів, колінчасті вали, деталі паливної апаратури двигунів і т.д.). Проводиться із застосуванням NH_3 чи в розплаві солей на основі карбаміду (рідинне азотування);
- цементація – насичення поверхневих шарів металу вуглецем при 900-950^{o}C. Ціль цементації – підвищення твердості, міцності до спрацювання й втомленої міцності металу. Середовищем насичення вуглецем (карбюризатором) звичайно служать $BaCO_3$ чи $CaCO_3$ (твердий карбюризатор), газова суміш, що складається з метану CH_4, оксиду вуглецю CO і негранічних вуглеводнів (газовий карбюризатор), розплав вуглекислих солей чи SiC (рідинний карбюризатор);
- ціанування – насичення поверхневих шарів металу одночасно вуглецем і азотом. У результаті підвищується зносостійкість, поверхнева

твердість і втомлена міцність металу. Середовищем служить розплав NaCN чи $Ca(CN)_2$. При газовому ціануванні середовищем служить суміш газів - NH_3 (20-30%) і газ, отриманий піролізом гасу чи мазуту (70-80%).

Таким чином, забруднюючими речовинами процесів термічної обробки металів є оксиди металів, CO, NO_x, аерозолі мастил, у яких охолоджують деталі, які загартовуються.

При проведенні хіміко-термічних процесів виділяється ціанистий водень HC і аміак NH_3.

При ціануванні одна установка за 1 годину виділяє до 6г HC, при загартовуванні в масляних баках в атмосферу попадають пари мастил, маса яких дорівнює 1% маси оброблюваного металу.

Складальний цех. У складальних цехах виконуються слюсарно-доводочні роботи. Основними забруднюючими речовинами є металевий пил і пари органічних розчинників, які використовують задля очищення поверхонь деталей.

Гальванічний цех (цех металопокриттів). Нанесення металопокриттів забезпечує підвищення корозійної стійкості, вирівнювання поверхні, поліпшує зовнішній вигляд виробів.

Нанесення металопокриттів складається з 3-х етапів:

1- механічна підготовка поверхні,

2- хімічна і/чи електрохімічна підготовка поверхні,

3- хімічне і/чи електрохімічне нанесення покриттів.

Механічна підготовка поверхні може здійснюватися:

- очищенням сипучими абразивними матеріалами (чавунний чи сталевий дріб, наждаковий пісок) галтівкою (повільне перекочування деталей разом з абразивним матеріалом в обертових барабанах) чи віброгалтівкою (механічний вплив підсилюється вібрацією),

- шліфуванням і поліруванням.

При механічній підготовці поверхні з неї видаляються поверхневі дефекти (задирки, окалина, раковини, жужільні залишки і неметалічні включення). В атмосферу попадає металевий і абразивний пил.

Етап хімічної й електрохімічної підготовки складається з операцій знежирення і травлення поверхні, тобто видалення органічних і неорганічних забруднень поверхні.

Знежирення здійснюється шляхом занурення деталі у ванну з органічним розчинником (бензин, гас, уайт-спірит, $CC1_4$, трихлоретилен, перхлоретилен) або водяними слабо лужними миючими розчинами. Як миючі агенти використовують кальциновану соду (Na_2CO_3),їдкий натр (NaOH), тринатрійфосфат (Na_3PO_4), додають поверхнево-активні речовини (ПАР). Лужні розчинники ви-

користовують при електрохімічному знежиренні для утворення емульсії масляних забруднень. При цьому способі очищення жирова плівка видаляється за допомогою бульбашок H_2 і O_2, які утворилися на електродах. У процесі знежирення в атмосферу попадають пари органічних розчинників і тумани лугів. Пари органічних розчинників пожежно- і вибухонебезпечні. Нижня межа вибуховості парів бензину – 137 г/м^3.

Хімічне й електрохімічне травлення поверхонь необхідне для видалення плівки оксидів (яка може бути невидима неозброєним оком), що перешкоджає міцному зчепленню металевого покриття з поверхнею. Для травлення поверхні деталі поміщують у розчини кислот (H_2SO_4, HCl, HNO_3, HF), концентрованих лугів, розплави солей. Для прискорення процесу застосовують електрохімічне травлення в тих же середовищах. У процесі травлення в атмосферу попадають аерозолі кислот і лугів, HCN, HF та NO_x, краплі розчинів, що містять іони важких металів, H_2.

Залежно від виду покриття розрізняють наступні гальванічні операції:

- цинкування – гальванічне осадження на поверхні виробу атомів цинку шляхом електролізу з метою захисту сплавів заліза від атмосферної корозії. Електролітом служать солі цинку ($ZnSO_4$, $Zn(BF_4)_2$, ціаністі сполуки Zn+NaCN, $Na_2Zn(CN)_4$),
- кадміювання – захист сталей від корозії в морській воді й атмосфері. Електроліти – $CdSO_4$ і $Cd(BF_4)_2$),
- лудіння,
- свинцювання,
- міднення,
- нікелювання,
- хромування,
- сріблення,
- золотіння,
- оксидування,
- фосфатування.

Усі ці процеси здійснюються зануренням деталей у ванни, заповнені електролітом (розчини кислот, лугів, солей і їхніх сумішей), і пропусканням через них електричного струму, що приводить до формування поверхневих захисних плівок відповідних сполучень. У повітря при цьому виділяються аерозолі кислот, лугів, пари HF, HCN, краплі розчинів, що містять іони важких металів, H_2.(нижня межа вибуховості для водню дорівнює 3,8% об'ємних).

Фарбувальні цехи (ділянки). Основними операціями є:

- знежирення поверхонь (механічним, хімічним і термічним методами)

- підготовка лакофарбових матеріалів,
- нанесення покриттів,
- сушіння оброблених поверхонь.

На всіх етапах обробки в атмосферу надходять пари органічних розчинників.

Нанесення покриттів може проводитися такими способами: пневматичним, розпиленням під тиском (безповітряний), електростатичним, зануренням, струминним поливом, електроосадженням, у фарбувальних машинах, порошковим.

У процесі фарбування і сушіння в атмосферу виділяється 100% розчинника і до 80% усього фарбувального матеріалу.

Розчинники, що використовуються для нанесення лакофарбових покриттів за хімічною природою можна розділити на:

1- вуглеводневі, у тому числі аліциклічні (циклогексан), ароматичні (бензол, толуол, ксилол),
2- терпени (скипидар),
3- кетони (ацетон, діацетоновий спирт),
4- прості і складні ефіри (бутилацетат, етилацетат, етилцелозольв),
5- спирти (етиловий, бутиловий, пропиловий),
6- галогенмісткі розчинники (хлорбензол).

При фарбуванні електроосадженням, зануренням і у фарбувальних машинах виділення фарбувального аерозолю не відбувається.

Характеристика викидів шкідливих речовин з фарбувальних і сушильних камер при різних методах фарбування:

Спосіб фарбування	Аерозолі (% від продуктивності при фарбуванні)	Пари розчинників (% від загального вмісту розчинника у фарбі)	
		при фарбуванні	при сушінні
Розпилення:			
пневматичне	30	25	75
безповітряне	2,5	23	77
гідроелектростатистичне	1,0	25	75
пневмоелектричне	3,5	20	80
електростатичне	0,3	50	50
гаряче	20	22	78
Електроосадження	-	10	90
Занурення	-	28	72
Струминний облив	-	35	65

Покриття лаком у лаконаливних машинах:			
металеві вироби	-	60	40
дерев'яні вироби	-	80	20

Основні речовини, шкідливо впливаючі на працюючих:

1- високонебезпечні (2 клас небезпеки) – бензол, гексаметилдіамін, діхлоретан, фенол, формальдегід;
2- помірнонебезпечні (3 клас небезпеки) – бутилакрилат, вінілацетат, ксилол, спирти (бутиловий, пропиловий, ацетопропиловий, метиловий, діацетоновий), стирол, толуол, триетиламін, хлорбензол, циклогексанон, етилендіамін;
3- малонебезпечні (4клас небезпеки) – аміак, амілацетат, ацетон, бензин-розчинник, діетиламін, ізопропилбензол, метилацетат, метилетилкетон, скипидар, сольвент, спирт етиловий, уайт-спірит, етилцелозольв.

Забруднення гідросфери машинобудівними підприємствами.

Промислові стічні води машинобудівних підприємств умовно можна розділити на кілька потоків:

- стічні води ливарних, ковальсько-пресових, термічних, механічних, інструментальних і складальних цехів,
- стічні води гальванічних цехів.

У першому випадку основними забруднюючими речовинами є механічні домішки:

- окалина,
- пісок,
- металева стружка,
- пил,
- флюси.

Концентрація твердих домішок досягає 3000мг/дм^3.

Крім цього в стоках присутні:

- мастила, МОР (мастильно-охолоджувальні рідини),
- нафтопродукти.

Ці домішки потрапляють до стоку як від основних технологічних процесів, так і за рахунок протікань у системах змащення і мастильного господарства. Вміст цих домішок може досягати 2000-3000мг/дм^3.

Заміна МОР при механічній обробці різанням пов'язана із втратою технологічних властивостей через нагромадження в МОР металевого пилу, термічного розкладання, окислювання й утворення смол. Витрата МОР при роботі з охолодженням від 0,5 до 10-12дм^3/хв.

Характеристика стічних вод, що містять МОР:

Компонент стічних вод	Забруднюючі речовини	Концентрація, мг/дм^3
Вуглеводневі МОР (мастила, гас)	нафтопродукти	3000
Емульсії	-«-	60000
Синтетичні МОР на основі ПАР, мила, полімерів	органічні речовини	до 100
МОР на основі електролітів	солі	до 200000

На травильних ділянках і в гальванічних цехах утворюється два потоки стічних вод: концентровані відпрацьовані травильні розчини та електроліти і промивні води. Промивні води утворюються на всіх етапах хімічної й електрохімічної підготовки поверхні і нанесення покриттів, тому що всі процеси супроводжуються обов'язковим промиванням поверхні водою для видалення залишків травильних розчинів і продуктів травлення, а також залишків гальванічних електролітів. У загальному водоспоживанні підприємства на гальванічне виробництво приходиться 30-50%, з яких 80% складають промивні води.

У свіжому травильному розчині міститься 15-20% H_2SO_4, у відпрацьованому – 4-5%. Травильний розчин вважається непридатним, якщо концентрація $FeSO_4$ досягла 300-400г/дм^3. Для HCl ті ж значення відповідно 12-18%, 2-4% і концентрація $FeCl_2$ дорівнює250-350г/дм^3.

Об’єм відпрацьованих травильних розчинів дорівнює 0,6 м^3/т металу, об’єм промивних стічних вод дорівнює 50 м^3/т металу. З промивними стічними водами виноситься 50-75% металу, на покриття йде 25-50%.

Характеристика стічних вод після процесу травлення сталі у розчинах H_2SO_4 і HCl:

Показник	Розчин H_2SO_4		Розчин HCl	
	відпрацьований травильний розчин	промивні стічні води	відпрацьований травильний розчин	промивні стічні води
Температура, °С	30-80	15-25	20-30	15-25
pH	1-2	4-5	1-2	4-5
Концентрація $FeSO_4$ ($FeCl_2$), г/дм^3	300-400	0,5-5	250-350	0,5-5
Концентрація H_2SO_4 (HCl), г/дм^3	30-100	0,5-3	20-60	0,1-2

Кислотне травлення не забезпечує достатньої якості обробки високолегованих сталей і сплавів на основі Ti, Ni, Cr і довготривале за терміном. Цих не-

доліків позбавлене лужне травлення, для якого в якості травильного середовища використовують розчини чи розплави лугів або карбонатів лужних металів:

$Fe_2O_3 + 2NaOH = 2NaFe_2 + H_2O$
$Cr_2O_3 + 2NaOH = 2NaCr_2 + H_2O$
} розчинення поверхневої оксидної плівки

Солі, що утворяться, легко гідролізуються.

Нецільова витрата реагенту відбувається в наступних процесах:

$SiO_2 + 2NaOH = Na_2Si_3 + H_2O$ — очищення поверхні виливка

$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$ — взаємодія травильного середовища з повітрям.

Зменшення концентрації травильного середовища і збільшення в ній концентрації солей уповільнює швидкість травлення, тобто періодично необхідно змінювати середовище. У відпрацьованих концентрованих стічних водах від лужного травлення наявні солі лужних металів, що гідролізуються з утворенням відповідних оксидів.

Стічні води з ділянок нанесення гальванічних покриттів поділяються на 3 потоки:

- стічні води, які містять ціанисті сполуки (стічні води цинкування, міднення, сріблення, кадміювання), що утворюються в результаті електрохімічного виділення металів з їхніх ціанистих солей;
- стічні води, що містять сполуки хрому (стічні води хромування, хромової пасивації) - 40% усіх стічних вод цехів гальванічних покриттів;
- стічні води, які мають кислу чи лужну реакцію (стічні води процесів травлення, знежирення), що містять кислоти, луги, ПАР.

Тверді відходи машинобудівних підприємств

На машинобудівних підприємствах у відходи йдуть до 250 кг на кожну тонну металу (іноді 50%) оброблюваних заготовок (при листовому штампуванні збитки досягають 60%). Втрати металу розподіляться таким чином:

- 0,6% - обдирання, розпилювання, шліфування,
- 0,3% – кування, гаряче штампування, термообробка (окалина),
- 1,5% – травлення металу,
- 1,6% – неповний збір відходів.

Зразковий склад відходів середнього машинобудівного підприємства:

- металобрухт чорних металів – до 8750т/рік,
- металобрухт кольорових металів – 400 т/рік,
- шлак, окалина, зола – 40000 т/рік,
- згоріла формувальна суміш – 3800 т/рік,
- шлами, флюси – 600 т/рік,
- абразиви – 0,5-48 т/рік,

- відходи деревини – 100-1500 т/рік,
- сміття - 150-20000 т/рік,
- усі види пилу (металургійний, формувальний, абразивний і т.д.), затримуваного установками пиловловлення.
-

Питання для самоперевірки

1. Структура машинобудівного підприємства.
2. Ливарне виробництво машинобудівного підприємства. Впливи на навколишнє природне середовище.
3. Ковальсько-пресове виробництво машинобудівного підприємства. Впливи на навколишнє природне середовище.
4. Процеси різання металу. Впливи на навколишнє природне середовище.
5. Механічне виробництво машинобудівного підприємства. Впливи на навколишнє природне середовище.
6. Зміна структури металу термічною обробкою поверхні металу.
7. Зміна хімічного складу термічною обробкою поверхні металу.
8. Мастильно-охолоджуючі рідини. Причини використання, склад, можливий вплив на навколишнє природне середовище.
9. Тверді відходи машинобудівного підприємства.

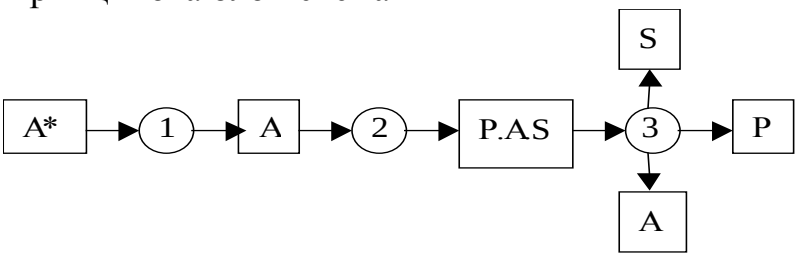
2.6. Хімічна промисловість

Хімічна промисловість виробляє різні види продукції: гірничо-хімічну сировину, основні хімічні продукти (аміак, неорганічні кислоти, соду, хлоропродукти, зріджені гази і т.д.), синтетичні смоли, пластмаси, хімічні волокна, лаки і фарби, побутову хімію і т.д.

Хіміко-технологічний процес (ХТП) – різновид виробничого процесу, що включає стадію хімічного перетворення речовин. Будь-який ХТП складається з трьох стадій:

- підготовка сировини,
- хімічне перетворення,
- виділення цільового продукту.

Принципова блок-схема ХТП



A* - сира вихідна сировина,
A – вихідна сировина,
P і S – цільовий і побічний продукти,
1 – стадія підготовки сировини,
2 – стадія хімічного перетворення,
3 – стадія виділення цільового продукту.

Класифікація хіміко-технологічних процесів

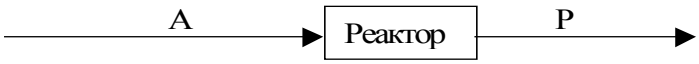
Основою класифікації можуть бути:

- спосіб організації процесу,
- кратність обробки сировини,
- вид використовуваної сировини,
- тип основної хімічної реакції.

За способом організації ХТП можуть бути:

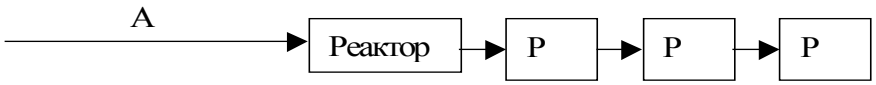
- періодичними. У періодичних процесах сировина вводиться в реактор визначеними порціями і так само дискретно з реактора видаляється цільовий продукт після завершення циклу.

- безперервними. У таких процесах сировина подається в реактор постійним потоком. За час перебування її в реакторі вона перетворюється в цільовий продукт, який безперервно виводиться з реактора.

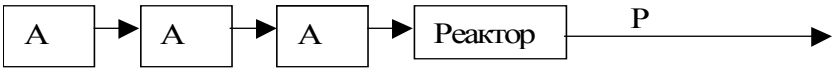


- комбінованими. Комбіновані процеси можуть характеризуватися:

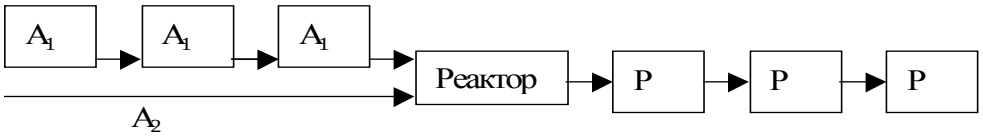
  - безупинним надходженням сировини і періодичним відводом продукту,



  - періодичним надходженням сировини і безупинним відводом продукту,



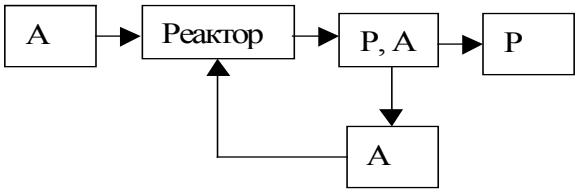
  - періодичним надходженням одного з вихідних видів сировини і безупинним – іншого.



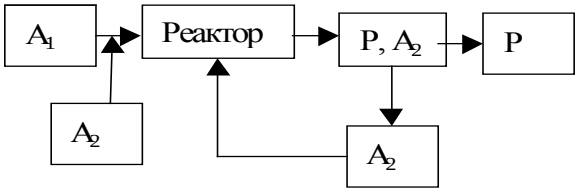
За кратністю обробки сировини розрізняють процеси з розімкненою (відкритою), замкненою (закритою) і комбінованою схемами.

У процесах з відкритою схемою сировина за один цикл перебування в реакторі перетворюється на цільовий продукт.

У процесах із закритою схемою потрібно багаторазове перебування сировини в реакторі до того, як вона цілком перетворитися на кінцевий продукт.



У комбінованих процесах основна сировина може перетворюватися на цільовий продукт за один цикл, а допоміжні матеріали використовуватися багаторазово.



За видом використовуваної сировини ХТП можуть бути розділені на процеси по переробці рослинної, тваринної і мінеральної сировини.

Основу ХТП складають різні хімічні реакції: прості і складні, оборотні і необоротні, гомогенні і гетерогенні, екзотермічні й ендотермічні.

За умовами протікання реакції поділяють на:

- високотемпературні, що протікають при температурі вище 500°С;
- електрохімічні, що відбуваються під дією електричного струму;
- фотохімічні, викликані дією світла;
- радіаційно-хімічні, що протікають під дією іонізуючих випромінювань;
- каталітичні, що протікають за участю каталізатора.

При розробці ХТП, а також при аналізі існуючих процесів широко використовуються матеріальний і енергетичний баланси виробництва.

Матеріальний баланс – це речовинне вираження закону збереження маси, відповідно до якого у всякій замкнутій системі маса речовин, що вступили у взаємодію, дорівнює масі речовин, що утворилися в результаті цієї взаємодії.

Для реакції

$$aA + bB + cC = pP + sS + Q,$$

де A, B, C – вихідні реагенти,

P, S – цільовий і побічний продукти,

рівняння матеріального балансу буде мати вид

$$mA + mB + mC = mP + mS.$$

Матеріальний баланс найчастіше складають на одиницю маси цільового продукту (Р), тобто одержують залежність, що показує, яка маса вихідних реагентів А, В, С необхідна для отримання одиничної маси Р, а також масу утвореного при цьому побічного продукту S.

В основу енергетичного балансу покладений закон збереження енергії: кількість енергії, підведеної в ході процесу, дорівнює кількості енергії, що виділяється в ньому.

ХТП зв'язані з перетворенням різних видів енергії – теплової, механічної, електричної. Оскільки у цих процесах найбільше значення відіграє теплова енергія, для них звичайно складають теплові баланси. У цьому випадку закон збереження енергії формулюється так:

надходження теплоти($Q_{надход}$) у даній технологічній операції дорівнює витраті теплоти ($Q_{витр}$) у тій же операції

$$\sum Q_{надход} = \sum Q_{вит\,р}$$

У загальному виді тепловий баланс записують рівнянням

$$Q_т + Q_{рід} + Q_г + Q_ф + Q_р + Q_п = Q'_т + Q'_{рід} + Q'_г + Q'_ф + Q'_р + Q'_п,$$

де $Q_т$, $Q_{рід}$, $Q_г$ – кількість теплоти, привнесеної в апарат з надходженням відповідно твердих, рідких і газоподібних речовин,

$Q_ф$, $Q'_ф$ – теплота, що виділяється і поглинається при фізичних процесах,

$Q_р$, $Q'_р$ – теплота екзо- і ендотермічних реакцій,

$Q_п$, $Q'_п$ – теплота, що підводиться ззовні і відведена з апарату,

$Q'_т + Q'_{рід} + Q'_г$ – теплота, що виноситься вихідними матеріалами.

Деякі з зазначених статей витрат в реальних процесах можуть бути відсутніми, тоді рівняння відповідно спроститься.

Моделі хіміко-технологічної системи (ХТС)

Хімічну модель (схему) представлено основними реакціями (хімічними рівняннями), що забезпечують переробку сировини на продукт. Наприклад, синтез аміаку з водню й азоту представлений одним хімічним рівнянням:

$$3H_2 + N_2 = 2NH_3.$$

Виробництво аміаку з природного газу (метану) вимагає проведення декількох хімічних реакцій:

$CH_4 + H_2O = CO + 3H_2$ – конверсія метану з водяною парою,

$CO + H_2O = CO_2 + H_2$ – конверсія оксиду вуглецю,

$$3H_2 + N_2 = 2NH_3 – синтез аміаку.$$

Операційна модель процесу представляє основні стадії (операції) переробки сировини в продукт. Виробництво аміаку буде описане наступною операційною моделлю:

1- очищення природного газу від сіркомістких сполук адсорбцією сірководню, що заважає подальшим перетворенням

$$H_2S + Zn = Zn = H_2O,$$

2- конверсія метану з водяною парою

$$CH_4 + H_2O = CO + 3H_2,$$

3- конверсія оксиду вуглецю

$$CO + H_2O = CO_2 + H_2,$$

4- одержання азоту з повітря «випалюванням» з нього кисню (цією ж реакцією одержують тепло для проведення процесу, продукти горіння задіяні на одержання аміаку)

$$3O_2 + 2CH_4 = 2CO + 4H_2O,$$

5- абсорбція діоксиду вуглецю, отриманого при одержанні водню, розчином моноетаноламіну

$$CO_2 + 2RNH_2 + H_2O = (RNH_3)_2CO_3$$

6- очищення газу від CO перетворенням на метан

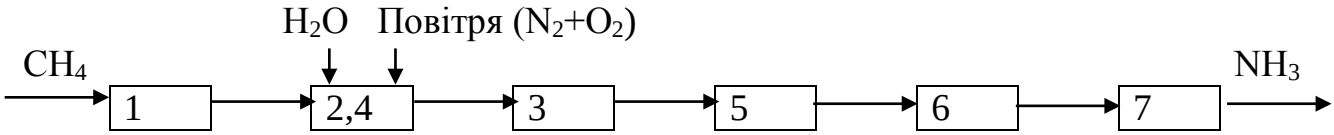
$$CO + 3H_2 = CH_4 + H_2O$$

7- синтез аміаку

$$3H_2 + N_2 = 2NH_3$$

Хімічна й операційна схеми дають початкове уявлення про виробництво і його основні стадії. Для подальшого розгляду ХТС зручніше використовувати графічні моделі.

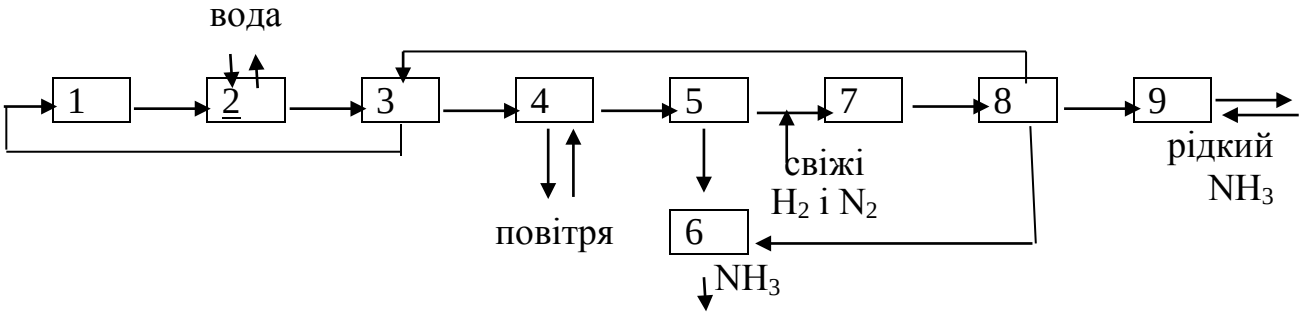
Функціональна модель (схема) будується на основі хімічної й операційної схем і наочно відображає основні стадії хіміко-технологічного процесу і їхнього взаємозв'язку. Кожна стадія представляється прямокутником, лінії між ними – зв'язки. Подання основних операцій у вигляді функціональної схеми зручне для розуміння процесу і служить передумовою для апаратурного оформлення і більш детальної розробки ХТС.



Функціональна схема виробництва аміаку (цифри відповідають стадіям операційної моделі).

Технологічна модель (схема) показує елементи системи, порядок їхнього з'єднання і послідовність технологічних операцій. У технологічній схемі кожен елемент (агрегат, апарат, машина) має загальновизнане зображення, що відповідає його зовнішньому вигляду. Зв'язки зображені лініями зі стрілками чи навіть у виді трубопроводів. Нерідко розташування апаратів відповідає їхньому зразковому розміщенню в цеху. На технологічній схемі стисло можуть бути приведені дані щодо параметрів процесу.

Структурна модель (схема) на відміну від технологічної включає елементи ХТС у вигляді простих геометричних фігур. Зображення апаратів знеособлене, але значно спрощується загальний вид структури ХТС.



Структурна схема синтезу аміаку (позначення – див.вище).

Приведені вище моделі (описи, схеми) дають загальне уявлення про ХТС. Для кількісних висновків про її функціонування необхідно мати математичну модель, що встановлює зв'язок параметрів вихідних і вхідних потоків. Параметри потоку – це хімічні, фізико-хімічні та фізичні дані про потік. До них відносяться:

- параметри стану – кількість потоку в одиницю часу (витрата), фазовий склад, хімічний склад, температура, тиск, тепломісткість,
- параметри властивостей – теплоємність, щільність, в'язкість і т.д.

Найбільш істотним фактором взаємодії хімічної промисловості з навколишнім середовищем є зростання виробництва великої кількості нових речовин, що не синтезуються і не засвоюються в природних кругообігах, у процесах саморегулювання навколишнього середовища.

Хімічні виробництва споживають з навколишнього середовища повітря і воду, а викидають різноманітні тверді, рідкі і газоподібні відходи виробництв.

Споживачами хімічної продукції є практично всі інші галузі промисловості, будівництво, сільське і комунально-побутове господарства, тому забруднення навколишнього середовища продукцією хімічних виробництв не обмежується місцем їхнього розташування.

В основній хімічній промисловості – промисловості важкого неорганічного синтезу – найбільший вплив на навколишнє середовище здійснюють виробництва основних продуктів, що є вихідними в багатьох інших галузях промисловості: виробництво сірчаної кислоти, мінеральних добрив, кальцинованої соди.

Виробництво сірчаної кислоти, вплив на навколишнє середовище

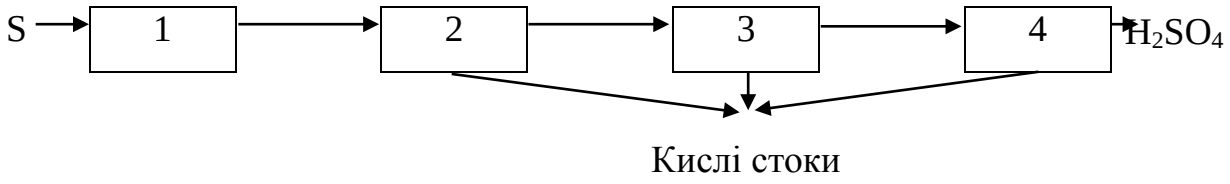
Сірчана кислота використовується для виробництва добрив, очищення нафтопродуктів, у кольоровій металургії, при травленні металів. Особливо чиста кислота використовується у виробництві барвників, лаків, фарб, лікарських речовин, пластмас, хімічних волокон, багатьох ядохімікатів, вибухових речовин, ефірів, спиртів і т.д.

Сировинна база виробництва сірчаної кислоти – сіркомісткі сполуки, з яких можна одержати діоксид сірки. У промисловості близько 80% сірчаної кислоти одержують із природної сірки і залізного (сірчаного) колчедану. Значне місце займають відхідні гази кольорової металургії, одержувані при випалі сульфідів кольорових металів, які утримують діоксид сірки.

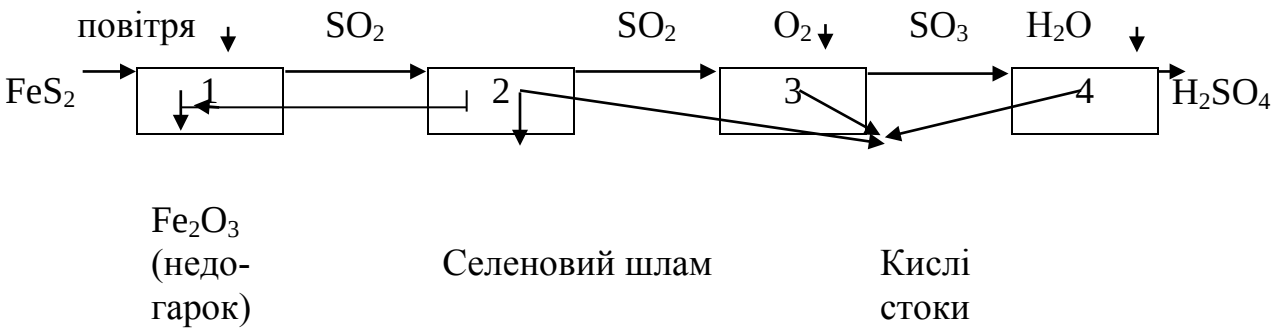
Чистий сірчаний колчедан містить 53,5% сірки і 46,5% заліза. Домішки (пісок, глина, карбонати, сполуки As, Se, Ag, Au і інші) зменшують вміст сірки до 32-40%.

А)

повітря ↓ SO_2 SO_2 O_2 ↓ SO_3 H_2O ↓



В)



Функціональні схеми виробництва сірчаної кислоти із сірки (А)і сірчаного колчедану (В):

1-випал сіркомісткої сировини,

2-очищення і промивання випалювального газу,

3-окислювання SO_2,

4-абсорбція SO_3.

Вихідний SO_2 з випалювальної печі забруднений огарковим пилом і іншими домішками. Вміст у ньому пилу залежить від якості і ступеня помелу сировини, конструкції печей і інших факторів і дорівнює 1-300г/м^3. Хімічний склад пилу практично не відрізняється від складу недогарка. Обсяги випалювальних газів дорівнюють сотням тисяч кубометрів на добу, вони несуть із собою десятки тонн огаркового пилу. Перед переробкою на H_2SO_4 гази очищають у циклонах і сухих електрофільтрах до вмісту пилу близько 0,1г/м^3. Додаткове очищення проводять послідовно промиванням охолодженою 60-75% (у порожніх вежах) і 25-40% (у насадочних вежах) сірчаною кислотою й уловлюванням туману, що утвориться, у мокрих електрофільтрах.

При випалі сірчаного колчедану відходи піритних недогарків складають до 70% від маси колчедану. На 1т виробленої кислоти вихід недогарка складає до 0,55т.

Таким чином, відходами виробництва H_2SO_4 із сірчаного колчедану є піритні недогарки, пил циклонів і сухих електрофільтрів, шлами промивних веж і шлами мокрих електрофільтрів, а також відхідні гази, що містять 0,02-0,03% SO_3.

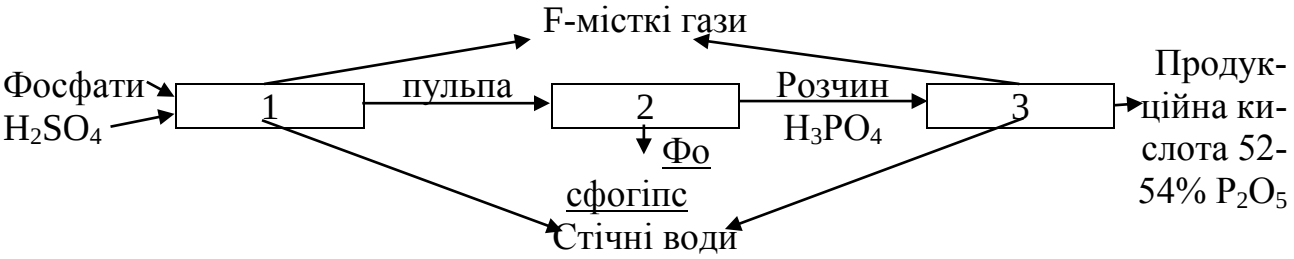
Для виробництва 1т H_2SO_4 необхідні:
S, т – 0,34 (Fe_2S – 0,82),
електроенергія, кВт*год – 85,
вода, $м^3$ – 70,
каталізатор, кг – 0,1.

Виробництво фосфорної кислоти

Фосфорна кислота є найважливішим проміжним продуктом у виробництві фосфорних добрив, використовується у виробництві різних технічних солей, у тому числі інсектицидів, напівпровідників, іонообмінних смол, утворенні захисних покриттів на поверхні металів, очищена – у харчовій промисловості, при готуванні кормових концентратів, фармацевтичних препаратів.

Фосфатна сировина – апатити і фосфорити, що представляють собою складну суміш мінералів, що містять від 3-5 до 25-30% P_2O_5, загальною формулою $3Ca_3(PO_4)_2*CaX_2$, де X – F, Cl, OH^- (наприклад, $Ca_5F(PO_4)_3$ - фторапатит). Як домішки апатитові руди містять кварц, карбонати, глинисті частки.

Фосфорну кислоту одержують двома способами: екстракційним і термічним.



Функціональна схема виробництва екстракційної фосфорної кислоти:
1-екстракція,
2-фільтрування,
3-випарювання.

Екстракція H_3PO_4 полягає в обробці порошку природного фосфату сірчаною кислотою:

$$Ca_5F(PO_4)_3 + 5H_2SO_4 + nH_2O = 3H_3PO_4 + 5CaSO_4*nH_2O\downarrow + HF\uparrow + Q$$

Таким способом можна одержати кислоту тільки 30-35%, тому її концентрують випарюванням.

При виробництві H_3PO_4 екстракційним способом утворений HF реагує з породою:

$$4HF + SiO_2 = SiF_4\uparrow + 2H_2O$$

З підвищенням температури різко збільшується ступінь виділення F-містких речовин у газову фазу чи в осад у вигляді кремнійфторидів

$$6HF + SiO_2 + Na_2O = Na_2SiF_6\downarrow + 3H_2O,$$

причому, основна частина фосфору залишається в кислоті(0,5-2,1%), що не дозволяє використовувати її для виробництва кормових фосфатів.

При кристалізації гіпсу до його кристалічних решіток входять аніони HPO_4^{-2}, що приводить до утворення фосфогіпсу – багатотоннажного відходу виробництва фосфорної кислоти. На 1т P_2O_5 (у фосфорній кислоті) одержують до 8,5т фосфогіпсу дігідрату. Це сірий дрібнокристалічний комкуватий порошок вологістю до 40%. У перерахуванні на суху речовину містить до 94% $CaSO_4$. Основні домішки: фосфати, що не прореагували, сполуки F, Sr, не відмита H_3PO_4; крім цього - сполуки Mn, Mo, CO, Zn, Cu, рідкісноземельних і інших елементів. Основну масу утвореного фосфогіпсу зараз скидають у відвали. Вартість транспортування і збереження пов'язані з витратами, що досягають 40% (капітальні витрати – 30%, експлуатаційні витрати на утримання відвалів – 10%) від вартості виробництва екстракційної кислоти (тобто основного виробництва). У відвалах накопичено більш 150млн.т фосфогіпсу. Пилування відвалів поширюється в радіусі 10 км.

При випарюванні екстракційної фосфорної кислоти спостерігається сильна корозія устаткування і солевідкладення на їх нагрівних поверхнях ($CaSO_4$; фосфати Al, Ca, Fe; CaF_2, $CaSiF_6$). Вміст фтору падає до 0,3 - 0,8%.

Для одержання 1 т P_2O_5 у вигляді 54%-го розчину екстракційної фосфорної кислоти витрачається до 220 $м^3$ води. Близько 95% цієї кількості йде на охолодження. Однак у виробничому процесі утворюється велика кількість забруднених стічних вод – до 120 $м^3$/год.

Споживання води у виробництві екстракційної фосфорної кислоти ($м^3$/год):

Виробництво	Споживання води			Відведення води			
	свіжа	оборотна	з сировиною	в заводський водообіг	на станцію нейтралізації	термічно забруднений стік	з продуктами і відходами виробництва
H_3PO_4 (54% P_2O_5)	77,20	152,00	0,78	166,80	4,76	55,40	3,02
H_3PO_4 (37% P_2O_5)	25,90	-	0,50	-	23,90		2,50

Підготовка сировини для термічного способу одержання H_3PO_4 починається з сушіння сировини. У процесі сушіння в атмосферу виділяється пил:

	Фосфорит	Кварцит	Кокс
Кількість утворених газів, тис.м^3/год	19-23	16-18	40-45
Вміст пилу, г/м^3	20-28	25-32	6-20
Пиловинесення, кг/год	38	36	42

Термічний спосіб одержання H_3PO_4 заснований на відновленні фосфору з фосфатів в електродугових печах за допомогою вуглецю (коксу) і флюсу (SiO_2) при температурі 1400 - 1600^{o}C:

$$Ca_3(PO_4)_2 + 5C + 2SiO_2 = P_2 + 5CO + Ca_3Si_2O_7 + Q(\text{виділяється}).$$

Процес супроводжується побічними реакціями, найважливіші з яких:

$$Ca_3(PO_4)_2 + 8C = Ca_3P_2 + 8CO$$

$$Ca_3P_2 + 6C = 3CaC_2 + P_2$$

$$2Ca_2 + Si_2 = 2CaO + SiF_4\uparrow$$

$$Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO$$

$$3Fe + P_2 = Fe_3P_2$$

У газову фазу переходить 60% фтору, що міститься в сировині (у вигляді CaF_2 або SiF_4 з домішкою HF).

На 1т фосфору, одержуваного в електропечі, утворюється до 4000м^3 газу, що містить, об'ємн. %:

- P – 6 - 10,
- CO – 70 - 80, (з домішками N_2, H_2, CO_2, H_2S, SiF_4, PH_3 – фосфін (ГДКсс=0,001 мг/м^3),
- ферофосфор – 0,1 – 0,5т (70-73% Fe, 24% P),
- пил – 0,05-0,35т,
- силікатного шлаку 7,5-11т (силікати й оксиди Ca, Mg, Al, Fe),
- від5 до 120 г/м^3 полідисперсного пилу.

Отриманий фосфор сублімують, спалюють:

$$2P_2 + 5O_2 = 2P_2O_5 + Q(\text{виділяється})$$

і гідрують оксид з одержанням кислоти:

$$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4 + Q(\text{виділяється}).$$

При спалюванні 1 кг P виділяється 24,6 МДж тепла, при гідруванні – ще 3 МДж. У процесі гідратації утворюється туман H_3PO_4.

На одному підприємстві по одержанню фосфорної кислоти отримують до 2 млн.т на рік шлаків.

Для виробництва 1 т фосфору потрібні:

- фосфорит (21,5% P), т – 12,
- кварцит (95% SiO_2), т – 0,5-1,0,
- кокс, т – 1,5,
- електроенергія, кВт*год – 15500 = 15,5МВт*год,
- природний газ, $м^3$ – 100.

При цьому одержують у вигляді відходів:

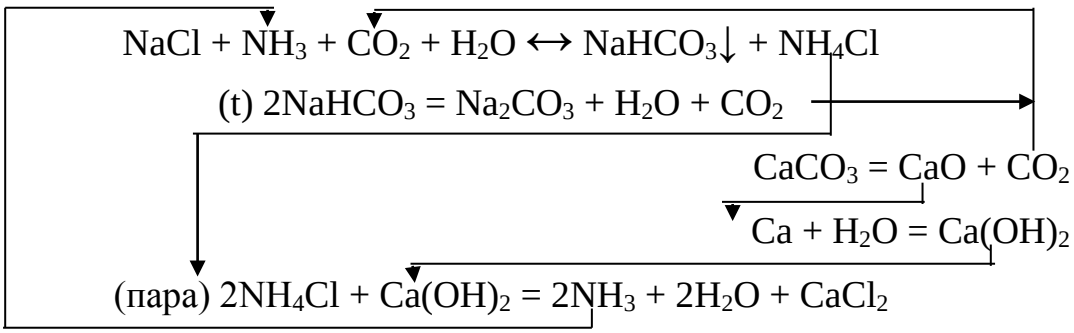
- шлак, т – 10-11,
- ферофосфор, кг – 40-100,
- пічний газ (CO), $м^3$ – до 4000.

Для одержання 1 т 100% термічної H_3PO_4 потрібні:

- P, т – 0,32,
- пара, МДж – 1,02,
- електроенергія, кВт*год – 120,
- вода, $м^3$– 200.

Виробництво кальцинованої соди Na_2CO_3

Схема технологічного процесу одержання кальцинованої соди:



Розсіл, що містить 300-310г/$дм^3$ NaCl насичують в абсорбційній колоні аміаком, а потім піддають карбонізації в барботажній колоні під тиском. Осад, що випав, ($NaHCO_3$), відфільтровують і прожарюють. З фільтрату регенерують аміак за допомогою $Ca(OH)_2$ і пари.

$Ca(OH)_2$ одержують гасінням CaO, отриманого при випалі вапняку. У цьому процесі одержують і CO_2, що йде на карбонізацію розчину.

Після регенерації NH_3 залишається розчин, що містить близько 100 г/$дм^3$ $CaCl_2$ і 50 г/$дм^3$ NaCl, що не прореагував, – дистилерна рідина.

- Для виробництва 1 т Na_2CO_3 потрібні:
- NaCl – 1,6 т,
- $CaCl_2$ – 1,1-1,2 5т,
- NH_3 – 2,5 кг,

- кокс – 90 кг,
- електроенергія – 40 кВт*год,
- умовне паливо – 120 кг,
- H_2O – 75 $м^3$.

При цьому як відходи утворюється 8-12 $м^3$ дистилерної рідини, що містить до 1 т $CaC1_2$ і 0,5 т NaC1 (концентрація сухого залишку 200-250 $кг/м^3$). Їх складують у спеціальних шламонакопичувачах («білих морях»), що займають більше 350 га біля содових заводів; там відбувається їхнє поступове зневоднювання. Щорічно площа шламонакопичувачів збільшується на 30-40 га.

Твердий залишок дистилерної рідини (дистилерний шлам) у сухому стані – світло-сіра маса щільністю близько 970 $кг/м^3$, склад якої залежить від якості використовуваної сировини і деяких технологічних факторів. Наприклад, склад шламу ПО «Сода» (Стерлітамак, 500 тис.т/рік):

$CaCO_3$ – 56,7-75,5%, NaCl – близько 6%,
$Ca(OH)_2$ – 5,2-15,7, SiO_2 – 4,75-15,0%,
$CaSO_4$ – 0,7-6,8%, R_2O_3 – 3,2-7,6% і інші компоненти.
$CaC1_2$ – 0,03-10,4%,

Крім дистилерної рідини відходами виробництва кальцинованої соди є шлами очищення розсолу, що складаються із $CaCO_3$ і $Mg(OH)_2$, газів карбонізаційних колон і колон-промивачів газу, що відходять; повітря фільтрів, що містить NH_3; газів, що відходять від обпально-вапняних печей і містять оксид вуглецю.

Виробництво добрив

Фосфорні добрива

Простий суперфосфат одержують сірчанокислотним розкладанням фторапатиту:

$$2Ca_5F(PO_4)_3 + 7H_2SO_4 + 3H_2O = 3Ca(H_2PO_4)_2*H_2O + 7CaSO_4 + 2HF.$$

Утворюваний монокальційфосфат перебуває спочатку в розчині, при пересичуванні якого починає кристалізуватися. Дозрівання суперфосфату йде повільно і триває 6-25 діб.

При розкладанні фосфатів сірчаною кислотою виділяється велика кількість HF, SiF_4, а також у результаті взаємодії - H_2SiF_6. Карбонати, що присутні у сировині, розкладаючись, утворюють CO_2.

При сушінні й грануляції порошок простого суперфосфату обробляють твердими добавками (фосфоритне борошно, крейда, вапняк). На цій стадії в газову фазу теж переходять HF і SiF_4.

Подвійний суперфосфат одержують дією екстракційної H_3PO_4 на фторапатит:

$$Ca_5F(PO_4)_3 + 7H_3PO_4 + 5H_2O = 5Ca(H_2PO_4)_2*H_2O + HF.$$

Виробництво його швидко зростає, тому що він містить у 3 рази більше P_2O_5, ніж простий. На стадії сушіння і грануляції виділяються основні кількості HF і SiF_4, велика кількість пилу.

Для виробництва 1 т P_2O_5 потрібні:

простий суперфосфат:	подвійний суперфосфат:
- апатитовий концентрат – 1,1 т,	- 0,28 т,
- H_2SO_4 (100%) – 1,9 т,	H_3PO_4 – 0,8 т.
- $CaCO_3$ (100%) – 0,3 т,	
- H_2O – 6,8 м^3,	
- електроенергія – 77 кВт*год,	
- умовне паливо – 0,2 т.	

Стічні води у виробництві суперфосфатів утворюються при очищенні відхідних газів, конденсації пара H_2SO_4, H_3PO_4, промиванні устаткування і фільтрувальної полотнини. Вони містять сполуки фтору, фосфати, сульфати, кремній-гель.

Споживання води у виробництві фосфорних добрив (м^3/год):

Виробництво	Споживання води		Відведення води	
	свіжа	з сировиною	на станцію нейтралізації	з продуктами і відходами виробництва
Подвійний суперфосфат	1,74	2,00	1,43	2,30

Азотні добрива

Аміачна селітра:

$$NH_3 + HNO_3 = NH_4NO_3 + Q \text{ (виділяється)}.$$

Рідинні викиди відсутні, тому що у відкритій системі існують тільки газові потоки. Атмосфера забруднюється частками NH_4NO_3, NH_3, HNO_3.

Для виробництва 1 т NH_4NO_3 потрібні:

- NH_3 – 214 кг,	пара – 214 кг,
- HNO_3 (100%) – 786 кг,	електроенергія – 25 кВт*ч.

При гранулюванні отриманого плаву на 1 т NH_4NO_3 подають до 10-12 тис.$м^3$ повітря. Після грануляційної вежі вміст NH_4NO_3 у повітрі, що відходить, складає близько 0,3 г/$м^3$. Втрати продукції з пиловиносом складають від 3,0 до 3,6 кг/т продукції через невисокий ступінь очищення (60-80%).

Карбамід (сечовина):

$$NH_3 + CO_2 = (NH_2)_2CO + H_2O.$$

Процес йде при температурі 200°С і тиску 20 МПа.

У газах, що викидаються, може міститися NH_3 та CO_2, оскільки використовуються газові цикли.

Для виробництва 1 т $(NH_2)_2CO$ потрібні:

NH_3 – 580 кг, електроенергія – 150 кВт*год,

CO_2 – 770 кг, пара – 1,5 т (під тиском 1,2 МПа).

H_2O – 100 $м^3$,

Процес грануляції карбаміду аналогічний процесу грануляції аміачної селітри.

Калійні добрива

Найчастіше як добрива застосовують природні речовини (KCl, сильвініт - mKCl*nNaCl) чи продукти їхньої переробки (KCl, K_2SO_4).

KCl одержують методами галургії, що засновані на різній розчинності хлоридів Na і К. З підвищенням температури розчинність різко зростає, а NaCl – падає. Розчин KCl відокремлюють, охолоджують, при цьому з нього випадають кристали KCl.

Видаткові коефіцієнти по сировині і матеріалам на 1 т кристалічного 100%-го KCl (галургійний метод):

Сильвініт (22% КС1), кг	4834,00
Поліакриламід, г	12
Аміни, м	184
Кислота соляна, г	72
Сода кальцинована, г	181
Мазут, кг	7
Електроенергія, кВт*год	21,08
Пара, ГДж	1,6
Вода, $м^3$	8,62

Вихід КС1 складає 85,9%

При збагаченні сильвінітових руд у відходи іде до 80% руди. При цьому одержують глинясто-сольові шлами (до 0,32т/т KCl або 0,6$м^3$/т KCl), що складують у шламосховища На 1т KCl, виробленого із сильвінітових руд, у відвалах

утвориться 3-6т галітових відходів. Крім основного компонента – NaCl – вони містять KCl, $CaSO_4$, $MgCl_2$, Br і інші речовини.

Флотаційний метод засновано на різній змочуваності кристалів NaCl і KCl за наявності флотореагентів, що підсилюють селективність розділення. Для флотації застосовують:

- депресор – КМЦ (карбоксиметилцелюлоза),
- збирач - суміш аліфатичних амінів,
- піноутворювач – соснова олія,
- регулятор піноутворення – відхід виробництва капролактаму (спиртова фракція).

Видаткові коефіцієнти на 1 т 95%-го КС1:

Калійна руда (22% КС1), т	5,17
Аміни, г	500
Na-КМЦ, кг	2,5
Соснова олія, г	62
ПАА (100%), г	78
Вода технічна, $м^3$	0,6
Електроенергія, кВт*год	74

Вихід КС1 складає 84,5%.

При флотаційній переробці карпатських сильвінітових руд галітові відвали містять:

- 89-90% NaCl,
- 4,5-5,0% KCl,
- 1,1% $CaSO_4$,
- 0,1% $MgCl_2$,
- 4,4-4,8% нерозчинного осаду.

Вологість галітових відходів, що надходять у відвали, складає 10-12%, у відвалах вона знижується до 5-8%.

Пилогазові викиди калійних виробництв складаються з димових газів сушильних відділень, вони містять пил KCl, HCl, пари флотореагентів і антизлежувачів (в основному, амінів).

Шкідливий вплив цих виробництв на навколишнє середовище виражається в засоленні ґрунтів, підземних і поверхневих вод, забрудненні атмосфери пилом, HCl, SO_2. Ореоли засолення під шламосховищами і солевідвалами калійних підприємств поширюються на відстань до 1000м.

Стебниківський калійний завод (м.Калуш) має шламосховища площею 130 га. У шламосховищі №1 накопичено більш 9млн.$м^3$ відходів, у тому числі більше 2млн.$м^3$ рідких. Частина шламосховищ розташована в заплаві ріки Кропивник. Через недостатню гідроізоляцію дна вихід солоних вод з мінералізацією

до 50г/дм^3 відзначений на відстані 200 м від шламосховища. У річковій воді концентрація солей перевищує 1 г/дм^3.

Питання для самоперевірки

1. Для чого використовуються матеріальний і енергетичний баланси в хіміко-технологічних процесах?
2. Впливи на навколишнє середовище технологічного процесу виробництва сірчаної кислоти.
3. Впливи на навколишнє середовище технологічного процесу виробництва фосфорної кислоти.
4. Впливи на навколишнє середовище технологічного процесу виробництва кальцинованої соди.
5. Впливи на навколишнє середовище технологічного процесу виробництва фосфорних добрив.
6. Впливи на навколишнє середовище технологічного процесу виробництва азотних добрив.
7. Впливи на навколишнє середовище технологічного процесу виробництва калійних добрив.

2.7. Нафтопереробка

Нафта є основним джерелом сировини для нафтопереробних заводів при одержанні моторних палив, мастил і мазуту. Нафта і продукти її переробки є сировиною для синтезу численних хімічних продуктів: полімерних матеріалів, пластичних мас, синтетичних каучуків і волокон, розчинників і т.ін.

Нафти різних родовищ помітно відрізняються за складом, за густиною, за температурою кипіння.

Більшість нафт містить до 25% бензинових фракцій, що википають до 180^{o}С і до 55% фракцій, що переганяються до 350^{o}С. Загальний вміст алканів (парафіни) у нафтах досягає 30-50%, циклоалканів (циклопарафіны, нафтени) – 25-75%, арени (ароматичні вуглеводні) містяться, як правило, у меншій в порівнянні з алканами і циклоалканами кількості: 10-20%. Крім того, нафта, що надходить на переробку, містить до 1,5% солей і 30% води. Для переробки придатна нафта, що містить не більш 0,0005% солей і 0,1% води.

Основні хімічні елементи, що входять до складу нафти: вуглець 82-87%), водень (11-14%), сірка (0,1-7%), азот (0,001-1,8%), кисень (0,5-1%).

Густість - фізична константа, маса одиниці об'єму, що виражається в кг/м^3, т/м^3, числом барелей у метричній тонні, числом галонів у метричній тонні. Густість істотно залежить від температури. Густість деяких товарних нафтопродуктів наведено в таблиці:

Нафтопродукт	Густість, т/м^3	Кількість барелів у т
Нафти	0,80 – 0,97	8,0 - 6,6
Авіаційні бензини	0,70 – 0,78	9,1 – 8,2
Автомобільні бензини	0,71 – 0,79	9,0 – 8,1
Гаси	0,78 – 0,74	8,2 – 7,6
Газойлі	0,82 – 0,90	7,8 – 7,1
Дизельні палива	0,82 – 0,92	7,8 – 6,9
Мастила	0,85 – 0,95	7,5 – 6,7
Мазути	0,92 – 0,99	6,9 – 6,5
Бітуми	1,0 – 1,1	6,4 – 5,8

Підготовка нафти до переробки.

Знесолення і зневоднювання нафти здійснюють на установках ЕЛЗУ (електричного зневоднення/знесолення установка). Вихідна нафта може містити 200-300кг води і 10-15 кг солей в одній тонні. До нафти додають промивну воду, деемульгатор і луг, суміш підігрівають до 120-150^{o}С і подають у ЕЛЗУ, в якій після відстоювання і розшаровування суміші відокремлюється основна маса води і солей. Води, що містить солі, нафту, сірчисті сполуки, відводяться в

спеціальну мережу каналізації. На ряді заводів концентрація нафти у воді, що відводиться, досягає 125 дм^3, при гранично припустимому вмісті її в таких водах 10 г/дм^3.

Первинна (фізична) переробка нафти.

Первинна (фізична) переробка нафти заснована на відміні фізичних властивостей фракцій, що складають нафту, зокрема, температурі кипіння. До первинної (прямої) перегонки відносяться процеси атмосферної перегонки нафти і вакуумної перегонки мазуту. Ці процеси проходять відповідно в атмосферних трубчастих (АТ) і вакуумних трубчастих (ВТ) чи атмосферно-вакуумних (АВТ) установках. На першій стадії перегонки (установки АТ) здійснюють неглибоку переробку нафти при атмосферному тиску в інтервалі температур 80-350^{o}С з одержанням таких продуктів (%):

- бензин –14,5,
- лігроін – 7,5,
- гас – 8,5
- соляровий дистилат – 5,5,
- мазут – 55.

Залишок від першого ступеня перегонки – мазут направляють на установки ВТ для поглиблення переробки нафти. На другій стадії переробка йде під вакуумуванням в інтервалі температур 200-370^{o}С з одержанням таких продуктів (мастил)(%):

- веретінне – 11-12,
- машинне – 5,
- легке циліндрове – 3,
- важке циліндрове – 7,
- залишок перегонки (гудрон)– 27-30.

Вторинна (хімічна) переробка нафти.

Для збільшення виходу бензину значну частину мазуту направляють на вторинну (хімічну) переробку, ціль якої – розкладення важких вуглеводнів на більш легкі.

У залежності від умов проведення розрізняють крекінг і риформінг (платформінг) і ін.

Крекінг – процес розкладення залишків первинної переробки нафти – мазуту і гудрону. Крекінг, що проходить при високій температурі і підвищеному тиску, називається термічним. Вихід легких рідких фракцій збільшується зі зростанням температури і тиску і досягає максимуму (35%) при тиску 6 МПа і 470-540^{o}С. Крекінг, що проходить за наявності каталізаторів (Al-Si) при 550^{o}С називається каталітичним. Вихід бензинових фракцій зростає до 70%. У процесі каталітичного крекінгу сировина перетворюється на бензин, газ, кокс і солярові фракції. Каталітичні перетворення проходять за умов контакту вихідної сирови-

ни в газоподібному стані з твердим дрібнодиспергованим каталізатором. Каталізатор являє собою сипучий матеріал, що легко переноситься потоками повітря чи парою сировини. Крекінг супроводжується відкладенням коксу на розвиненій поверхні каталізатора. Каталізатор регенерують, випалюючи кокс у потоці повітря в регенераторі.

Газ і пари бензину, що залишають апарат, у якому проходила каталітичне перетворення сировини, виносять частки каталізатора. Запиленість парів досягає 500г/м^3. У пиловловлювачах частки каталізатора відокремлюють, направляють на регенерацію і повертають у процес. У процесі пропарювання регенерованого каталізатора утворюються найзабруднені стічні води у кількості 8-10 м^3/ч, що містять нафтопродукти, NH_4S, феноли, розчинену органіку.

Октанове число бензину, отриманого каталітичним крекінгом – 78-85. (Октанове число – характеристика якості палива, умовний показник антидетонаційних якостей палива. Паливо порівнюється із сумішшю ізооктану (о.ч.=100) і н-гептану (о.ч.=0). Відсоток ізооктану в суміші, еквівалентний за детонаційною стійкістю випробовуваному паливу, називається октановим числом палива).

Для отоимання високоякісних бензинів з високим октановим числом, а також для одержання індивідуальних ароматичних вуглеводнів використовується процес риформінгу. Вихідною сировиною для цього процесу є низькооктанові бензини термічного і каталітичного крекінгу. Каталітичний риформінг здійснюють у воденьутримуючому середовищі під тиском. Водень у каталітичному риформінгу одержують за рахунок дегідрування важких вуглеводнів. Дія водню перешкоджає коксоутворенню, тому тривалість роботи каталізаторів зростає до декількох місяців. Водень насичує неграничні вуглеводні, гідрує сіркоутримуючі сполуки, що сприяє стабілізації й знесіркуванню отримунавого бензину.

По використовуваному каталізатору розрізняють кілька видів риформінгу:

- платформінг проводять за наявності платинового каталізатору, нанесеного на фтороірований оксид алюмінію при 480-510^{o}С і тиску водню 2-4 МПа;
- гідроформінг ведуть за наявності алюмо-молібденового каталізатора при тиску водню 1,7-1,9 МПа.

Очищення нафтопродуктів.

Нафтопродукти, одержувані при переробці нафти містять домішки: олефіни, сірко-, азот-, кисеньутримуючи сполуки. Ці домішки – причина нестабільності властивостей нафтопродуктів, полімеризації й окислювання вуглеводнів з утворенням осаду, нагару в циліндрах двигунів, корозії їхніх металевих частин. Очищення нафтопродуктів – завершальна стадія їхнього виробництва.

Очищення лугами (їдким натром, переважно) застосовуються для видалення кислот і сіркоутримуючих сполук (нафтенових і жирних кислот, фенолу, сірководню).

Сірчанокислотне очищення ведуть концентрованою сірчаною кислотою (90-93% H_2SO_4) для видалення олефінів (неграничних вуглеводнів), смолистих, азот- і сіркоутримуючих сполук. У результаті сірчанокислотного очищення, а також у деяких інших процесах переробки нафтопродуктів як відхід утворяться кислі гудрони – основний твердофазний відход нафтопереробної і нафтохімічної промисловості

Очищення нафтопродуктів методом гідрування проводять за наявності алюмо-кобальт-молібденового каталізатора при підвищених температурі і тиску. Водень взаємодіє із сірко-, азот-, кисеньутримуючими сполуками, утворює сірководень, аміак і воду, що легко звільнюються. Одночасно відбувається гідрування ненасичених сполук, що підвищує стабільність продукту. Таке очищення дозволяє використовувати високосірчисті нафти для одержання якісних нафтопродуктів.

До фізико-хімічних методів очищення нафтопродуктів відносяться:

- адсорбція – поглинання поверхнею твердого тіла шкідливих домішок, що містяться в нафтопродуктах. Як поглиначі використовують природні глини, через які нафтопродукт фільтрують, або глину перемішують з нафтопродуктом, відстоюють і відокремлюють;

- абсорбція – поглинання домішок рідким реагентом (нітробензол, форфурол, діхлоретиловий ефір). Очищення дороге, тому застосовується досить рідко.

Робота нафтопереробних заводів спричиняє такі впливи на навколишнє середовище.

Організовані викиди в атмосферу відводяться на уловлювання речовин і знешкодження або на допалювання в смолоскипі. Неорганізовані викиди пов'язані з «диханням» резервуарів, викидами каналізаційних колодязів, нафтовловлювачів, а також із нещільностями і розгерметизацією основного технологічного процесу.

Стічні води нафтопереробних заводів мають склад (мг/дм^3):

Процес (установка)	Нафта і нафтопродукти	Завислі речовини	Інші	
			назва	концентрація
ЕЛЗУ	15000	350	хлориди феноли ПАРи	15000 5 120
Крекінг	300	400	Na_3PO_4	5000
Риформінг	300	70		

У сирій нафті і нафтопродуктах містяться поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ). Вміст б(а)п у нафтах українських родовищ досягає 50-5000 мкг/м^3. У процесі термічної переробки його концентрація зростає до 300 мкг/м^3 (0,03%). Канцерогени в процесі переробки можуть надходити в навколишнє середовище, у першу чергу, на проммайданчик.

До твердих відходів нафтопереробки відносяться кислі гудрони. Цей відхід являє собою смолоподібні високов'язкі маси, що містять сірчану кислоту, воду та різні органічні речовини. Вміст органіки змінюється від 10 до 93%. За вмістом основних компонентів кислі гудрони поділяють на два види:

- з великим вмістом кислоти (більш 5-% моногідрату),
- з високим вмістом органічної маси (більш 50%).

Об’єми цих відходів дуже значні. У країнах СНД їхній вихід оцінюється в 300тис.т на рік. Ступінь використання не перевищує 25%, що приводить до накопичення їх у заводських ставках-нагромаджувачах (коморах).

Крім того для цієї галузі промисловості характерне утворення нафтового шламу, вихід якого складає близько 7 кг на 1 т нафти, що переробляється. Це важкі нафтові залишки, що містять від 20 до 80% нафтопродуктів, 30-60% води і до 45% твердих домішок. При збереженні в шламонагромаджувачах відбувається розшарування таких відходів з утворенням верхнього (в основному, водяна емульсія нафтопродуктів), середнього (забруднена нафтопродуктами і завислими речовинами вода) і нижнього (тверда фаза, насичена нафтопродуктами) шарів. На Надворянському НПЗ (Україна) зібралося більш 40тыс.т таких шламів.

У нафтошламах і важких залишках відбувається концентрування важких металів, що входять до складу нафт.

Концентрація важких металів у нафтошламі:

Компонент	Концентрація, мг/кг		
	У складі мех.домішок	У перерахунку на нафтошлам	У золі
Cu	967,6	116,11	2938
Zn	671,4	80,5	1434
Cd	16,1	1,9	не визн.
Cr	770,1	92,4	2387
Co	200,9	24,1	78
Ni	1698,3	203,8	8342
Mn	566,8	68,0	не визн.
Mo	2835,0	340,1	не визн.
Pb	805,7	96,6	не визн.
V	не визн.	не визн.	374

Вміст деяких металів у дизельному паливі, мазуті і гудроні, %•10^{-4}

Нафто-продукт	Метали									
	V	Ni	Fe	Cu	Mn	Cr	Zn	Ba	Pb	Co
Мазут	59-288	13-100	40-70	до 1,2	0,3-0,6	0,2-5	1,2	до 2	2	до 1
Гудрон	88-400	85-200	до 800	до 3,2	до 2,0	до 1,4	3,4	до 10	10	2,2

Сумарна потужність по первинній переробці нафти в Україні досягає 52млн.т/рік.

	Атмосферна перегонка	Вакуумна перегонка мазуту	Катал.и терм.кре-кінг	Гідроочи-стка	Катал. рифор-мінг	Вироб-ництво бітуму	Виробни-цтво мас-тил
Лукойл-Одеський НПЗ	3500	1100	-	1500	420	191	-
Всього (Україна)	52063	17100	4073	9722	5302	1120	362

Динаміка нафтопереробки в Україні, млн.т:

	1990	2001	2005	2010	2020	2030
Переробка нафти	58,5	15,0	24,0	31,0	40,0	45,0
Виробництво нафтопродуктів:						
бензин	8,4	3,7	5,7	8,0	10,4	11,5
дизельне паливо	12,7	4,6	8,12	10,6	15,0	17,2
мазут	26,1	5,3	6,9	7,3	7,3	5,7
Глибина переробки, %	54,3	65,7	70,0	75,0	80,0	85,0

У 2002 році в Україні на нафтопереробних заводах (НПЗ) перероблено 15,4 млн.т нафти з вмістом сірки в 1,3%. При цьому отримано 44 тис.т товарної сірки, а приблизно 200 тис.т сірки викинуто в атмосферу:

	Об'єм переробки нафти, тис.т	Випуск, тис.т		
		бензин	ДТ	мазут
Лукойл-Одеський НПЗ	2243,8/64,1	302,2	621,5	1057,7
Всього (Україна)	15385,5/29,6	3610,1	4587,4	5298,3

- у знаменнику - %використання потужності.

В усьому світі глибина переробки нафти наближається до 80%, у США – до 90%, тобто одержують незначні кількості палив, в основному нафта підда-

ється крекінгу, риформінгу, практично всі нафтові фракції піддаються вторинній переробці.

Модернізація нафтопереробного комплексу в Україні повинна пройти в 2 етапи:

1 етап (2002-2010), у ході якого глибина переробки повинна бути доведена до 73-75%,

2 етап (2008 – 2010), у ході якого глибина переробки повинна бути доведена до 77-80%.

Для здійснення цієї модернізації Україні необхідні інвестиції в 1,5 млрд.дол., у тому числі для Одеського НПЗ – 415 млн.дол. Знайти їх складно, коштів немає, тому модернізація підприємств може розтягтися на першу чверть XXI ст.

Сучасні нафтохімічні комплекси – це складні підприємства, до яких можуть входити до десятка різних паотужних заводів і біля сотні самостійних цехів.

Крім нафтопереробного виробництва на нафтохімічному комплексі ведучими є виробництво сірчаної кислоти, заводи гідрування, хімічного синтезу (полімерів, спиртів і т.д.). Для технологічних потреб необхідні значні кількості електроенергії і тепла, тому будують ТЕС, а також виробництва необхідних каталізаторів.

Питання для самоперевірки

1. Підготовка нафти до переробки. Впливи цього процесу на навколишнє природне середовище.
2. Первинна переробка нафти. Умови проведення процесу, одержувані продукти.
3. Вторинна переробка нафти. Умови проведення процесу, одержувані продукти.
4. Крекінг, його різновиди. Мета проведення процесу, впливи на навколишнє природне середовище.
5. Риформінг, його різновиди. Мета проведення процесу, впливи на навколишнє природне середовище.
6. Шляхи підвищення виходу бензину при переробці нафти. Впливи цих процесів на навколишнє природне середовище.
7. Очищення нафтопродуктів. Впливи на навколишнє природне середовище.
8. Тверді відходи нафтопереробки.

2.8. Лісообробна промисловість

Лісообробна промисловість поєднує усі види обробки і переробки деревини: механічну, хімічну, біологічну, гідротермічну. До неї входять деревообробна, целюлозно-паперова, лісохімічна і гідролізна промисловість. В даний час із розглянутих виробництв діють різні типи підприємств.

Спеціалізовані підприємства — це підприємства, що спеціалізуються на випуску певної продукції. Лісопильні заводи випускають продукцію лісопиляння, фанерні — шаруваті клеєні матеріали. До них відносять меблеві фабрики, фабрики музичних інструментів тощо.

Комбінати — це підприємства, на яких поєднуються різні виробництва: лісопильне, фанерне, меблеве, стружкових плит. Така комбінація крім більш раціонального використання деревини дозволяє краще використовувати робочу силу, електричну енергію, паливо, транспорт.

Лісопромислові комплекси — це підприємства, на яких поєднуються виробництва не тільки по обробці деревини, але й по її переробці і повному комплексному використанню на целюлозно-паперових, лісохімічних і гідролізних виробництвах. У сферу діяльності лісопромислових комплексів входять не тільки заготівля і переробка деревини, але й поновлення її запасів. Крім того, тут можлива переробка гілок, кори, хвої, пнів, що дозволяє комплексно використовувати всю біологічну масу дерева.

Традиційну технологію лісосічних робіт засновано на операціях валяння дерев на землю і їх трелювання. При виконанні цих операцій і при чисельних перевантаженнях губиться і забруднюється вся крона дерев, ушкоджуються тонкомірні дерева, верхова частина великих дерев.

У лісопромисловому виробництві використовується стовбурна деревина, що складає 60-65% усієї маси дерева. Інша частина – суччя, верховіття, пні і корені – у процесі виконання первинних лісозаготівель переходить у відходи. При механізованих лісозаготівлях і первинній механічній обробці деревини на складах ліспромгоспів загальна кількість деревних відходів досягає 25% від об’єму товарної продукції, причому майже половина відходів приходиться на суччя. При лісопилянні і деревообробці загальна кількість відходів досягає 45% від об’єму переробленого круглого лісу.

Деревообробна промисловість

Деревообробна промисловість поєднує велику групу деревообробних виробництв, пов'язаних з обробкою і переробкою деревини. За споживаною сировиною і продукцією, що випускається, їх можна умовно розділити на три підгрупи:

- по випуску напівфабрикатів (сировина — колоди, кряжі, цурки;

продукція — напівфабрикати);

- по випуску виробів з деревини (сировина — напівфабрикати; продукція — готові вироби складної конструкції);
- спеціальні виробництва.

Група виробництв по випуску напівфабрикатів.

Вивезена з лісу деревина переробляється на деревообробних підприємствах. До цієї групи входять такі виробництва:

1. Тартаки (лісопильні), на яких з колод виготовляють дошки, бруски, заготовки, технологічну тріску. Основний вид обробки— пиляння, фрезерування, сушіння; основна продукція — деревні напівфабрикати.

2. Виробництва, що виготовляють деталі дерев'яних будинків. Основний вид обробки — пиляння, фрезерування, сушіння; продукція — брускові і щитові елементи дерев'яних будинків.

3. Виробництва шаруватої клеєної деревини. До цієї групи відносяться виробництва, що виготовляють шпон, фанеру, фанерні плити, деревинно-шаруваті пластики, фанерні труби, столярні плити, клеєні заготовки. Основні види обробки — лущення, сушіння, склеювання; основна продукція — напівфабрикати.

4. Виробництва деревностружкових і деревноволокнистих плит. Основний тип обробки — здрібнювання деревини, сушіння, пресування; продукція — напівфабрикати.

Відмінною рисою виробництв, що займаються первинною обробкою деревини, є споживана сировина — продукція лісозаготівельних підприємств. Для перших трьох виробництв сировиною служить ділова деревина, для виробництв, що випускають плити, — низькоякісна деревина і технологічна тріска.

Група виробництв по випуску виробів з деревини.

Подальшу переробку основної частини напівфабрикатів виконують на підприємствах, що відносяться до групи виробництв по випуску виробів з деревини. Споживана сировина — продукція виробництв по випуску напівфабрикатів: дошки, деревостружкові та деревоволокнисті плити, фанера, шпон, клеєні заготовки. Продукція, що випускається — вироби, придатні до безпосереднього використання (меблі, музичні інструменти, столярні вироби, спортивний інвентар і інше).

Вироби, що випускаються цими виробництвами, відрізняються складною конструкцією і багатодетальністю. Основний спосіб поєднання дерев'яних деталей у вузли — столярні в'язання і склеювання. Готові вироби в більшості випадків мають захисно-декоративні покриття.

Група спеціальних виробництв.

До групи спеціальних відносять виробництва по переробці відходів

деревини і виготовленню деревного борошна, фіброліту, арболіту й інших плитних матеріалів, деталей зі стружково-клеєвої суміші.

Відходи в деревообробній промисловості

Процес обробки і переробки деревини у всіх виробництвах пов'язаний з одержанням великої кількості відходів. Починаючи з першої стадії — вирубування лісу і вивозу хлистів, і кінчаючи останньою стадією — обробкою деревини, процес супроводжується відходом частини деревини, що не використовується у подальшому виробництві. Об’єм відходів не тільки порівнюється з об’ємом виробленої продукції, але найчастіше і перевершує його. Так, при зрубуванні і вивезенні деревини з лісу близько 20% деревної сировини складають відходи у вигляді гілок, пнів, коренів, а з вивезеної - близько 20% складає неділова деревина (дрова). У лісопильному виробництві кількість відходів складає 35—42%, в меблевих - 53—65 % від пиломатеріалів, що надійшли. При виробленні фанери відходи складають 52—54%, струганого шпону 30—45%.

Відходи — цінна вторинна сировина для виробництва різноманітних матеріалів, виробів, продуктів.

Класифікація відходів

Деревні відходи можна класифікувати по видах і етапах обробки деревини. По видах усі відходи поділяються на:

- тверді: обапіл, рейки, обрізки, гілки, верховіття, пні, корені;
- м'які: стружки, тирса, деревний пил, кора і луб;
- деревну зелень — хвоя, листя.

По етапах обробки деревини відходи поділяються на:

- відходи, пов'язані з заготівлею лісу,— гілки, верховіття, пні, корені, кора (частково), обрізки, неділова деревина (дрова);
- відходи первинної обробки деревини в лісопилянні, фанерному виробництві — рейки, обаполи, обрізки, стружки, тирса, кора;
- відходи вторинної обробки в меблевих виробництвах — обрізки, стружки, тирса.

Причини виникнення відходів

Відходи утворюються:

- у зв'язку з біологічними особливостями виростання дерев (листя, хвоя, гілки, верховіття, пні, корені, кора);
- внаслідок одержання матеріалів прямокутного перетину з матеріалів круглої форми (обапіл, рейки);
- через неправильну форму стовбура — овальності, відмінність перетину

стовбурів дерев;

- через дефекти деревини — сучки, тріщини (обрізки);
- через недосконаліть технологічних процесів обробки деревини (тирса, стружка, обрізки).

При обробці й переробці деревини крім відходів виникають безповоротні втрати на усушку деревини у всіх видах виробництва (6%) і пресування у виробництві клеєних шаруватих матеріалів.

Целюлозно-паперова промисловість

Целюлозно-паперова промисловість поєднує виробництва, що випускають целюлозу, папір, картон. Особливість цих виробництв — здрібнювання деревини до розміру волокна і виготовлення з волокна необхідної продукції.

Основна сировина целюлозно-паперового виробництва – спеціально підготовлена (балансова) деревина і відходи лісозаготівель, лісопиляння, деревообробки.

Головні складові частини деревини:

- целюлоза – 40-50% (клітковина, полісахарид, утворений залишками глюкози: $(C_6H_{10}O_6)_n$, де n = 5000-20000; головна складова частина клітинних стінок рослин, обумовлює їхню механічну міцність і еластичність рослинних тканин; у бавовнику – 95-98%, у льоні – 80-90%, у джуті – 75%);
- лігнін – 20-30% (аморфна речовина, органічний полімер, який складається з різних ароматичних спиртів, що міститься в клітинних оболонках рослин, викликає їх одеревеніння);
- геміцелюлози – 17-33% (гемі... – напів-, полісахариди, що мають розгалужені ланцюги і ступінь полімеризації менший, ніж у полісахаридах - n = 100-200)

Волокна целюлози в деревині зв'язані між собою лігніном. Для видалення лігніну і звільнення від нього целюлози проводять варіння деревини в присутності реагентів, що руйнують або розчиняють нецелюлозні компоненти.

Існує два способи виробництва целюлози як із хвойної, так і листової деревини: сульфатний і сульфітний.

За сульфатним способом тріску попередньо обробляють розбавленою сірчаною кислотою (передгідроліз) при підвищеній температурі, а потім – сумішшю розчинів 4-6% NaOH і Na_2S («біла рідина») при 170-175ºС і підвищеному тиску протягом 5-6 годин у спеціальних варильних казанах. При цьому відбувається розчинення лігніну, гідролізується і переходить у розчин частина геміцелюлоз з утворенням полісахаридів та з подальшим їх перетворенням в органічні кислоти (молочну, мурашину і т.п.). Смоляні і вищі жирні кислоти переходять у розчин у вигляді Na-солей («сульфатне мило»). Після закінчення варіння вміст

котла видувають чи виливають у видувний (чи вимивний) резервуар, відокремлюють целюлозу від лугу. Відфільтровану целюлозу промивають водою. Відпрацьовану варильну рідину і промивну воду змішують (утворюється «чорна рідина»), конденсують у випарній установці і подають у регенераційну топку. При згорянні розчиненої органіки виділяється тепло, відбувається перехід Na_2SO_4 у Na_2S. На дні топки збирається неорганічний сплав (Na_2CO_3 і Na_2S), що розчиняють у воді, додають CaO (переводять Na_2CO_3 у NaOH), тобто регенерують «білу рідину» і повертають її в процес варіння. Утворений $CaCO_3$ розкладають до CaO і також повертають у процес.

Сульфатну целюлозу застосовують для вироблення мішечних, обгорткових, технічних, писальних і типографських паперів.

Вихід целюлози при використанні сульфатного варіння високий, досягає 50-60%, але продукт містить велику кількість (12-18%) лігніну і зберігає форму тріски. Тому після варіння її піддають механічному розмелюванню.

За сульфітним способом деревину обробляють розчином, що містить 3-6% вільного SO_2 і близько 2%SO_2, що знаходиться у вигляді бісульфіту (HSO_3^{-2}) Ca, Mg, Na чи NH_4. Варіння йде під тиском при 130-150^oC протягом 4-12 годин. Варильні розчини при сульфітному варінні мають pH 1,5=2,5. У ході цього процесу лігнін сульфується, а потім переходить у розчин. Відбувається гідроліз геміцелюлоз до оліго- і моносахаридів, що разом зі смолистими речовинами розчиняються у варильному розчині. Після завершення варіння целюлозу ретельно промивають, на що витрачається велика кількість води.

Сульфітну целюлозу застосовують для одержання віскозного волокна і високоякісного паперу.

Варильні розчини, одержані при реалізації обох способів варіння, містять велику кількость вуглеводів, використання яких важливе як з погляду охорони навколишнього середовища, так і з погляду одержання цінних побічних продуктів (спирти, кормові дріжджі, білково-вітамінні концентрати).

Зварену сульфатну і сульфітну целюлози промивають, очищають від сучків і непровару, мінеральних домішок і згущають у згущувачах або вакуум-фільтрах.

Залежно від вимог споживача визначають характер обробки целюлози у вибільному цеху. Для вибілювання застосовують Cl_2, гіпохлорити Ca і Na - $Ca(OCl)_2$ і NaOCl, Cl_2, O_2 і H_2O_2. За хімічним складом відбілена целюлоза містить менше лігніну, геміцелюлоз і смоли, але вона має меншу міцність через часткове руйнування целюлозного волокна.

Застосуванням у вибільному процесі додаткової лужної обробки одержують облагороджену целюлозу, що по властивостях наближена до бавовняної. Вона надходить на хімічну переробку для одержання шовку, штапелю, корду.

Вплив целюлозного виробництва на навколишнє середовище

1. Деревинно-заготівельні цехи дають короутримуючі стічні води (до 10м^3/т целюлози). Стічні води містять кору, пісок, розчинні органічні і мінеральні речовини. Концентрація завислих речовин досягає 4500мг/м^3.

2. Сульфатцелюлозне виробництво. Потік стічних вод формується, в основному, за рахунок витікань і переливань. До складу стічних вод входить волокно, розчинена органіка і мінеральні речовини (SO_4^{-2}, SO_3^{-2}, S^{-2}, CO_3^{-2}, NaCl). При виробництві 1 т сульфатної невибіленої целюлози утвориться 101-116м^3 лужних стічних вод.

Основні потоки:

- лужні стічні води варильного, промивного, очисного і випарного цехів;
- стічні води вибільного і сушильного цехів;
- конденсати варильного цеху і випарної установки, що тхнуть.

Характеристика стічних вод:

Цехи	Норма водовідведення, м^3/т целюлози	Завислі речовини, г/дм^3	pH	Сухий залишок, мг/дм^3
Варильний, промивний, очисний	27	450	9,5-10,5	2000-45000
Конденсат варильного цеху	0,5-1,5	-	10	-
Вибільний	33	30	2,0-8,0	5800
Сушильний	12	170	9	500-1500

У процесі виробництва целюлози сульфатним способом утворюються конденсати від варіння целюлози і випаровування лугів. Вони дуже токсичні і мають стійкий неприємний запах. Основну їхню частину складає підскипидарна вода, що містить скипидар, метанол, етанол, ацетон, сірководень, метилмеркаптан (ММ), діметилсульфід (ДМС), діметилдісульфід (ДМДС). У конденсатах випаровування знаходиться скипидар, ММ, ДМДС.

Частина газів, що не скондесувалася, потрапляє в атмосферу: сірководень, ММ, ДМС, ДМДС, скипидар.

До складу пилу димових газів цеху регенерації лугів входять (%): Na_2CO_3 - 85, Na_2SO_4 – 12, Na_2S – 2.

У процесі виробництва відбуваються потрапляння реагентів у навколишнє середовище.

Втрати сірки і лугу в процесах сульфатного виробництва, кг/т целюлози

Процес	Витрати	
	сірка	луг
Варильний	3,0	3,1
Промивний	3,6	14,9
Випарний	2,6	6,0
Регенераційний	9,2	2,7
Розподіл витрат, %		
З газами	46,9	0
З конденсатом	14,1	12,8
З пилом	4,4	10,5
з витіканнями	34,7	76,7

3. Сульфітцелюлозне виробництво – джерело основної кількості забруднень, що скидаються зі стічними водами целюлозно-паперовим виробництвом через відсутність ефективної регенерації відпрацьованих розчинів. При виробництві 1 т сульфітної невибіленої целюлози утворюється 130-155м^3 кислих стічних вод, при виробництві 1 т сульфітної відбіленої целюлози утворюється 425-500м^3 нейтрально-лужних стічних вод.

Основні потоки стічних вод:

- води варильного, промивного, очисного цехів, що містять сульфітний варильний розчин, волокно, кислі солі сульфіту натрію або кальцію, мурашину, оцтову кислоти, метанол, фурфурол, формальдегід;
- кислі стічні води кислотних цехів;
- стічні води вибільних і сушильних цехів.

Характеристика стічних вод:

Цехи	Норма водовідведення, м^3/т целюлози	Завислі речовини, мг/дм^3	pH	Сухий залишок, мг/дм^3
Варильний	70-135	100-150	3,5	3100
Вибільний	63	350	2-10	9000
Кислотний	5	-	1-2	4400
Сушильний	11	75	4,5-6,0	2300

З варильного цеху в атмосферу викидаються гази, що містять SO_2 (близько 0,2%). Обсяги викидів – 30м^3/т целюлози.

У кислотному цеху спостерігаються викиди, що містять SO_2 (через нещільності устаткування) і аерозоль H_2SO_4 (об'єм – 300-400м^3/т целюлози).

4. Цех білильних розчинів і вибільний цех задіяні в обох способах виробництва целюлози. Через витяжні труби вибільних веж, вакуум-фільтрів, абсорберів для готування розчинів і баків для збереження готових розчинів в атмосферу потрапляють Cl_2, Cl_2, HCl, SO_2, луг:

Компонент	Концентрація, мг/м^3	Витрата, м^3/год	Викид, г/год
Cl_2	100	10	1000
ClO_2	20	20	400
SO_2	20	10	200

Виробництво паперу і картону

Папір – це матеріал, що складається з розмелених рослинних волокнин, безладно переплетених і зв'язаних між собою силами поверхневого зчеплення. Основною сировиною для виробництва паперу є целюлоза. Для виробництва паперу кращою є деревина хвойних порід. Міцність паперу з хвойної целюлози зазвичай в 1,3-2 рази вища, ніж з листової целюлози.

Утворення міцної, рівномірної за товщиною паперової полотнини досягається розмелом волокнин довжиною до 0,5-2,5мм, причому відношення товщини до довжини волокна повинно бути 1:300. Ступінь помелу паперової маси вимірюється градусами шкали Шоппер-Риглера (0-100^{o}ШР). Випускають папір більш ніж 200 видів. Для кожного виду паперу встановлено норму ступеня помелу маси, від якої залежать її фізико-механічні властивості: здатність розтягуватися, опір розриву, зламу, стиранню.

Характеристику розмеленого волокна в папері наведено у таблиці:

Вид паперу	Ступінь помелу, ^{o}ШР	Порівняльна довжина волокна, мм	Маса 1м^2, г
Найтонший	96-98	0,5-0,8	7-14
Тонкий	70-92	0,8-1,5	15-30
Вбираючий	24-40	1,0-2,2	60-70
Електроізоляційний	25-40	1,8-2,4	40-110
Писальний №1	35-45	1,2-1,6	65-80
Писальний №2	45-50	1,2-1,4	65
Писальний №3	50-55	1,0-1,3	60
Газетний	60-65	0,8-1,1	50

Після розмелу і змішування з водою волокниста маса целюлози, що містить лише 0,5% сухої речовини, подається на папероробну машину. Маса розміщується шаром на рухому сітку, на якій вона спочатку збезводнюється мимо-

вільно, а потім примусово за допомогою вакуум-відсмоктувачів. Після цього волога паперова полотнина, що утворюється, переноситься із сітки на сукняну рухому смугу, на якій відбувається подальше зневоднювання і сушіння. Кінцева вологість паперу складає 5-6%.

Після цього папір піддається поліруванню (лощінню). Таким шляхом роблять односторонньо лощений папір. При необхідності лощіння здійснюють і з іншого боку. Лощений папір фахівці також називають папером машинної гладкості. Далі папір у разі потреби піддається процесам облагороджування.

Необлагороджений папір складається з ущільнених волокон целюлози, що утворюють систему капілярів. Крім того, волокна целюлози мають властивість адсорбувати вологу (властивість гідрофільності). Завдяки капілярності і гідрофільності такий папір непридатний ні для писання чорнилами, ні для писання тушшю. Друкований текст на ньому також розпливається. Однак існують досить великі потреби в даному папері, наприклад, з нього виготовляють паперові рушники, дитячі простирадла, туалетні рулони.

До процесів облагороджування відноситься проклеювання і введення в папір наповнювачів. Проклейка буває по всій масі або поверхнева. Для цієї мети використовують різні природні і синтетичні клеї. Найбільш давні природні клеї - крохмаль і тваринні клеї. При проклейці порожнечі і проміжки між волокнами заповнюються клейовою масою і папір значною мірою втрачає здатність всмоктувати воду. Крім проклеювання в поверхневий шар паперу вводять мінеральні пігменти для додання поверхні гладкості і кращих вбираючих друковану фарбу властивостей. Мінеральні пігменти дозволяють приховувати або змінювати колір паперу і додавати йому непрозорість. Такий папір називають крейдованим. Іноді мінеральні речовини складають від 70 до 90% маси поверхневого шару.

Для забезпечення міцності з’єднання часток пігментів з папером використовують сполучні. Часто їхню роль виконують речовини, що забезпечують проклейку паперу. Як мінеральний пігмент широко використовують каолін – масу, близьку за складом до глин, що має знижену пластичність і підвищену білизну. Одним з найдавніших наповнювачів є карбонат кальцію (крейда), тому такі папери назвали крейдованими. До відомих пігментів також відносяться діоксид титану TiO_2 і суміш гидроксиду кальцію $Ca(OH)_2$ (гашеного вапна) і сульфату алюмінію $Al_2(SO_4)_3$.

Для виробництва картографічних, афішних, декоративних, обгорткових і етикетних паперів застосовують люмінесцентні пігменти (сульфіди цинку ZnS і кадмію CdS, сульфіди кальцію CaS і стронцію SrS).

Кашування паперу – нанесення полімерної плівки або алюмінієвої фольги. Кашовані папери широко використовують як пакувальний матеріал для харчових, косметичних і фармацевтичних товарів.

До складу газетного паперу входить лише 25-30% невибіленої сульфітної целюлози, а інші 70-75% займає дрібна деревна маса, одержана механічною обробкою. Деревна маса також вводиться в пакувальний, шпалерний папір та папір для санітарно-побутових потреб. Заміна целюлози на деревну масу робиться тільки з метою здешевлення паперу, якість його від такої заміни стає більш низькою.

Для виготовлення банківського, документного, картографічного, сигаретного й інших видів високогатункового паперу раніше використовувалася винятково ганчіркова сировина. Бавовна і луб'яні волокна льону складаються практично з чистої високоякісної целюлози. Целюлоза тканин забезпечує паперу високі фізико-механічні властивості, такі, як міцність на вигин, розтяжність, повітропроникність, стійкість до вологи і світла, тобто, забезпечує довговічність. В даний час до складу тканин часто вводять штучні волокна. Однак відходи таких тканин і відповідне ганчір'я непридатне для паперового виробництва, тому що погано піддається переробці. Тому значення ганчір'я в паперовому виробництві в даний час знизилося. Найбільш цінна ганчіркова маса виходить із льняного і прядив'яного волокна, це – майже чиста целюлоза, що добре розпускається при розмелі. Бавовняна маса, що складається з бавовняних волокон, погано розпускається при розмелі, тому застосовується для виробництва паперу з гарною вбираючою здатністю.

Усе більш важливе значення в паперовому виробництві як сировина набуває макулатура – відходи переробки паперу і картону, різні види використаного паперу і паперових виробів. Серед населення поняття "макулатура" майже цілком зведене до застарілих і, що прийшли в непридатність, книг, старих газет і набагато рідше - до використаних пакувальних матеріалів. Переробка макулатури на білий типографський і письмовий папір вимагає великих витрат. Це пов'язано з необхідністю знебарвлення типографських фарб, видаленням клеїв і наповнювачів. Тому на практиці з макулатури виготовляють пакувальний папір і внутрішні шари багатошарового картону. У цих випадках переробка макулатури зводиться до механічних операцій: макулатура у воді при високій температурі розбивається (розпускається) до необхідного ступеня здрібнювання і маса направляється на виготовлення картону. Підприємства по переробці макулатури коштують у 2-3 рази дешевше і менше забруднюють навколишнє середовище. 1т макулатури дозволяє заощадити 3,0-4,5м^3 деревини або 15 дорослих дерев.

Продукт масою до 250г/м^2 називається папером, вище – картоном.

За діючою технологією близько 50% сировини целюлозно-паперового підприємства потрапляє у відходи і скидання. Складовою частиною технологічних ліній є споруди для очищення стічних вод, транспортування і поховання відходів.

За одну добу на підприємстві утворюється до 100т відходів. З них половину складає деревина і кора, 3т шламів лігніну, 33т сухих речовин і до 20т шламів очисних споруд.

Стічні води виробництва паперу і картону містять (залежно від виду продукції): волокна целюлози, паперової маси, наповнювачі, барвники, клеї:

Джерело стічних вод	Норма водовідведення, $м^3/т$ продукції	Завислі речовини, $мг/м^3$	pH	Сухий залишок, $мг/дм^3$	Вміст $A1^{+3}$, $мг/дм^3$	Вміст SO_4^{-2}, $мг/дм^3$
Виробництво паперу для письма	50-60	1500	6,0	850	70	425
Виробництво газетного паперу	50-60	180	6,5	950	30	170
Виробництво картону	30-60	460	7,5-8,0	1500	сліди	500

Утилізація відходів целюлозного виробництва
(гідролізне виробництво)

Гідролізна промисловість займається мікробіологічною переробкою деревини. Основна її продукція — етиловий спирт, необхідний для виробництва синтетичного каучуку, кормові дріжджі, фурфурол, тверда вуглекислота (сухий лід) та інше.

При виробництві целюлози в рідку фазу переходять лігнін і геміцелюлози. Тому відходи целюлозної промисловості (рідкі і деревні) використовують для виробництва цільових (кінцевих) продуктів.

З розчинів моносахарів, отриманих у результаті гідролізу деревини чи виробництва целюлози одержують сорбіт, ксиліт, спирти (одно- і багатоатомні), білки і вітаміни.

Виробництво етилового спирту складається з 3-х стадій:

- підготовка сульфітного розчину до шумування (продувка повітрям, нейтралізація кислот, охолодження);
- зброджування розчину на спирт (з побіжним одержанням CO_2 у вигляді товарного продукту);
- перегонка отриманої бражки для одержання спирту.

Для проходження процесу шумування необхідні N- і P-місткі речовини. Їх вводять у вигляді $(NH_4)_2SO_4$ – $20кг/100м^3$ розчину і суперфосфату – 20-$25кг/100м^3$ розчину.

Під дією дріжджів розчин зброджується за загальним рівнянням:

$$C_6H_{12}O_6 = 2C_2H_5OH + 2CO_2;$$

Виходить бражка – низькопроцентний водяний розчин спирту (0,5-1,3%). Його переганяють з одержанням спирту-сирцю, у якому містяться метанол, ефіри, альдегіди, органічні кислоти, сивушні олії (основні компоненти – продукти специфічного дріжджового розпаду білків – ізоаміловий (основний токсикант і причина запаху), аміловий та ізобутиловий спирти).

Наступна розгонка спирту-сирцю дає 4 продукти:

- технічний спирт,
- ефірно-альдегідну фракцію,
- метанольну фракцію,
- сивушні олії.

При розгонці нелеткі розчинені речовини (невикористані при шумуванні цукор, дріжджі, мінеральні речовини) залишаються у водяному розчині, що відходить - сульфітно-спиртовій барді.

*Виробництво дріжджів і антибіотиків***.** З відходів спиртового виробництва одержують дріжджі й антибіотики ферментативним синтезом з використанням мікроорганізмів. Процес одержання дріжджів і білково-вітамінних концентратів складається з:

- підготовки барди (нейтралізація, очищення, збагачення N- і P-містких речовин, охолодження);
- вирощування дріжджів (одержання білка);
- відділення продукту і його сушіння.

Мікроорганізми, що розмножуються, переробляють розчинені органічні речовини. Накопичується 60-70% дріжджової (білкової) маси від кількості речовин, що переробляються. Отримані дріжджі містять до 50% засвоюваного білка, вітаміни і всі життєво необхідні амінокислоти. Вміст вітамінів можна підвищувати підбором штамів мікроорганізмів і зміненням умов їхнього вирощування. Наприклад, опромінення дріжджів УФ-промінням приводить до збагачення їх вітаміном D.

Вихід дріжджової маси – 3,5-4 кг/м^3 барди.

До складу атмосферних викидів гідролізної промисловості входять: фурфурол, метанол, органічні і мінеральні кислоти, аміак, деревний і дріжджовий пил, лігнін.

Істотним джерелом забруднення повітря дріжджовим пилом є викиди від дріжджовирощувальних апаратів і сушарок. У 1 м^3 парогазової суміші, що відводиться від дріжджовирощувальних апаратів, міститься 10^5-10^8 дріжджових клітин, 0,9-1,8 мг/м^3 кислоти, CO_2. При виробленні 1 т дріжджів в атмосферу викидаються 45-50 тис.м^3 пароповітряної суміші. Викид в атмосферу дріжджового пилу від сушарок досягає 20 кг/год із запиленістю від 0,1 до 0,5 г/см^3.

Найбільш забрудненим потоком стічних вод гідролізної промисловості є післядріжджова бражка. Вона містить 85-95% усіх забруднюючих речовин.

Склад стічних вод гідролізної промисловості:

Джерело стічних вод	Норма водовідведення, $м^3$/т продукту	Завислі речовини, $мг/дм^3$	Фосфор (P_2O_5) $мг/дм^3$	Азот амонійний, $мг/дм^3$	Специфічні речовини, $мг/дм^3$				
					фурфурол	фенол	метанол	оцтова кислота	етиловий спирт
Підприємства спиртового профілю	30	600-800	16-20	40-45	4-5	0,5-1,0	8-10	60-80	1,5-2
Підприємства дріжджового профілю	20	900-1350	30-35	55-70	9-13	1,0-1,3	13-18	110-135	-

Лісохімічна промисловість

Лісохімічна промисловість поєднує виробництва, що займаються хімічною переробкою деревини, випускає більше 80 видів продукції, у тому числі деревне вугілля, фенольні продукти, каніфоль, скипидар, ацетон, оцтову кислоту, формалін.

Піроліз деревини – нагрівання деревини до 400-500ºС без доступу повітря в печах безупинної чи періодичної дії. Вихід продукції:

32-38% деревного активованного вугілля,

14-15% газоподібного палива,

16-20% смоли (феноли, розчинники, скипидар, олії),

3-7% оцтової кислоти,

1-2% метилового спирту,

до 1% ацетону.

Питання для самоперевірки

1. Технологічний процес лісосічних робіт, впливи, що надаються навколишньому середовищу.
2. Структура деревообробної промисловості, відходи, що утворюються.
3. Сульфатний спосіб виробництва целюлози, впливи процесу на навколишнє середовище.
4. Сульфітний спосіб виробництва целюлози, впливи процесу на навколишнє середовище.
5. Впливи на навколишнє середовище процесів виробництва паперу і картону.
6. Впливи на навколишнє середовище технологічних процесів гідролізного виробництва.

2.9. Промисловість будівельних матеріалів

Природні будівельні матеріали

До природних будматеріалів відносяться природні кам'яні матеріали. Це матеріали і вироби, отримані з гірських порід без зміни їхніх основних властивостей: пісок, гравій, бутовий камінь, граніти, мармури, базальти. Їх добувають у кар'єрах або шахтах.

Пористі м'які породи (вапняки, черепашники, туфи) розробляють найчастіше відкритим способом, використовуючи каменерізні машини.

Для одержання бутового каменю, щебеню, кам'яної крихти, штучного піску гірські породи розробляють вибуховим способом. Добуті брили і шматки породи піддають дробленню, сортуванню і збагаченню.

Пухкі гірські породи (пісок, гравій) – продукт природного руйнування і переміщення скельних порід з обкатаною формою зерен розміром від 5 до 100мм, щебінь – матеріал із зерном від 3 до 70мм, отриманий дробленням природного матеріалу або шлаків) розробляють відкритим способом за допомогою машин і механізмів (екскаваторів). При наявності біля кар'єру водойми використовують гідровидобуток: за допомогою гідромоніторів на розроблювальну породу під великим тиском направляють струм води, що розмиває породу. З отриманої пульпи в спеціальних місцях осаджують пісок і гравій, сортують і відправляють на склад.

Для одержання плит і блоків великих розмірів вибуховий спосіб не застосовують, а випилюють чи виламують напівфабрикати з гірського масиву спеціальним устаткуванням або інструментами. Застосовують також реактивно-струминний метод: із сопла камери згоряння гасу в кисні подається з надзвуковою швидкістю (порядку 2000м/сек) високотемпературний (вище 2500^{o}C) газовий струмінь і руйнує породу. Отримані блоки розпилюють чи розколюють і піддають подальшій механічній обробці.

Таким чином, при видобутку природних матеріалів використовують бурові, вибухові, розпилювальні машини і дію високих температур. При цьому відбувається забруднення атмосфери пилом, продуктами згоряння палива, продуктами дії високих температур, вибуховими речовинами.

Для транспортування порожньої породи у відвали і видобутий камінь на дробильно-сортувальні фабрики використовують, в основному, автотранспорт (на відстанях 7-10км), рідше – залізничний (на необмежені відстані) і конвеєрний (на відстанях від 0,2 до 2-3км).

При гідровидобутку пил у викидах відсутній, але відбувається забруднення води суспендованими, мінеральними й органічними речовинами.

Штучні будівельні матеріали

Основа сучасного виробництва будматеріалів – виробництво в'яжучих матеріалів. В'яжучі – це такі матеріали, переважно порошкові, які при змішуванні з водою або іншою рідиною, дають пластичну масу, що перетворюється згодом (у результаті фізико-хімічних перетворень – гідратації, гідролізу, кристалізації, полімеризації) на міцне каменеподібне тіло. Цю властивість використовують для готування бетонів, будівельних розчинів, штучних кам'яних матеріалів, виробів і конструкцій.

Класифікація в'яжучих матеріалів:

Гідратаційні		Коагуляційні		Поліконденсаційні (полімерізаційні)		
Повітряні	Гідравлічні	Неорганічні	Органічні	Неорганічні	Органічні	Елементоорганічні
Гіпсові Вапно повітряне	Гідравлічне вапно Цементи	Глина	Бітум Дьоготь	Розчинне скло і в'яжучі на його основі	Фенол-формальдегідні епоксидні	Кремнійорганічні смоли

Гідратаційні – усі традиційні в'яжучі матеріали, що твердіють після змішування з водою. Повітряні – здатні твердіти, підвищувати і зберігати міцність тільки на повітрі. Гідравлічні – твердіють, підвищують і зберігають міцність не тільки на повітрі, але й у воді.

Коагуляційні – в'яжучі, що представляють собою колоїдні системи і твердіють за рахунок коагуляційного структуроутворення.

Поліконденсаційні – в'яжучі матеріали, що твердіють у результаті протікання реакцій полімеризації і поліконденсації.

В'яжучі з дрібним наповнювачем (піском) дають будівельні розчини, у суміші з дрібним і крупнозернистим наповнювачем (гравій, щебінь) – бетони.

Гіпс

Сировиною для виробництва гіпсових в’язких служить природний гіпсовий камінь $CaSO_4*2H_2O$, а також природний ангідрит $CaSO_4$. Це осадові породи. З кар’єрів на завод надходить сировина у вигляді шматків. Сировина вимагає попереднього розмелу і підсушування. Помольні агрегати виділяють в атмосферу пил (1 $м^3$ газів, що відходять, містить близько 1 кг гіпсового пилу).

Низькообпальні гіпсові в’яжучі одержують при нагріванні $CaSO_4*2H_2O$ до 150-160^oC. У результаті такої обробки одержують напівводний гіпс:

$$CaSO_4*2H_2O = CaSO_4*0{,}5H_2O + 1{,}5H_2O.$$

Процес проводять у котлах або в обертових барабанах, використовуваних в інших виробництвах як сушарки.

Техніко-економічні показники дегідратації гіпсу в різних апаратах:

Найменування обладнання	Продуктивність, т/год	Питома витрата		
		умовного палива, кг/т	електроенергії, кВт*ч/т	металу, кг/т
Котел (15м^3)				
тв.паливо	7,2	52	26,4	2,5
газ, мазут	7,2	40	27,0	2,5
Котел (25м^3)				
тв.паливо	11,2	52	29,0	2.4
газ, мазут	11,2	40	30,0	2,4
Сушильний барабан	8,0	42	30,0	3,8

Твердіння в'язкого полягає в поступовому перетворенні пластичної маси в каменеподібну. З хімічної точки зору твердіння напівгідрату – це його гідратація:

$$CaSO_4*0{,}5H_2O + 1{,}5H_2ПРО = CaSO_4*2H_2O.$$

Высокообпальні гіпсові в'яжучі одержують при випалюванні сировини при 700-800^{o}С. Вода при цьому втрачається повністю. Продукт подрібнюють і додають кристалізатор твердіння – CaO, суміш Na_2SO_4 з $FeSO_4$.

Вапно

Повітряне вапно – в'яжуче, яке одержують випаленням карбонатних порід (вапняку, крейди) до повного видалення CO_2 при температурах 1000-1200^{o}С:

$$CaCO_3 = CaO + CO_2.$$

Процес здійснюють у шахтних, обертових печах, у печах з киплячим шаром.

Тепловий баланс печей:

Тип печі	Витрати тепла, %				
	корисно використане	на випар H_2O	нагрів газів, що відходять	витрачається корпусом	відходить з продукцією
Шахтні					
Пересипна	77,7	3,5	6,9	10,2	9,2
З винесеною топкою	69,6	3,1	15,3	9,5	2,5
Обертові					
Коротка	59,0	8,7	18,7	12,8	0,8
Довга	44,0	8,2	28,2	19,0	0,6

Вапно можна одержувати як сухим, так і мокрим способом. При мокрому способі отриману сировину (крейду) подрібнюють з водою до одержання сметаноподібної маси з вологістю 37-44%. Після усереднення її подають насосами в довгу обертову піч на випал. Недолік методу – підвищена витрата палива на випар води.

Джерела виділення пилу у виробництві вапна: дробарки, вузли перевантаження, грохоти, випалювальні печі, млини, склади готової продукції.

Параметри аспіраційного повітря:

№ п/п	Виробничий процес	Витрата, тис.$м^3$/год	Вміст пилу, г/$м^3$	Температура, ^oC
1	Первинне дроблення сировини Перевантаження сировини Просівання	5-12 1,5-4 4-7	7,5-10 10-20 5-7	-30-+30
2	Випал у печах: шахтна обертова сухий спосіб мокрий спосіб с киплячим шаром	11-47 48-200 95-200 67-300	1-4 10-25 4-14 50-100	110-250 300-800- 150-300 450-500
3	Вивантаження з печі Перевантаження продукту	2,6-5 2-10	6 7-22	80

Склад викидів, %:

Процес	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Лужні оксиди	
							Na_2O	K_2O
1	3,9	1,9	0,2	52,4	1,1	0,1	0,08	0,04
2	7,9	2,3	0,4	63,1	3,9	0,1	0,01	0,05
3	8,8	1,1	0,6	75,5	0,9	0,9	0,05	0,15

Отримане вапно у вигляді шматків 5-10см називаються шматковим вапном або киплячим вапном.

Гідравлічне вапно – продукт, отриманий випалом (при температурі, нижчій за температуру спікання) вапняків, що містять від 6 до 25% глинистих і піщаних домішок. Сировина для виробництва такого вапна характеризується гідравлічним модулем, тобто відношенням вмісту CaO до вмісту кислотних оксидів:

$$m = \frac{C(CaO)}{C(SiO_2) + C(Al_2O_3)}.$$

Значення m може коливатися від 9 до 1,7.

Чим вище гідравлічний модуль, тим ближче за властивостями отриманий продукт до повітряного вапна.

Чим вище гідравлічний модуль, тим більш яскраво вираженими гідравлічними властивостями обладає вапно і тим більше в ньому CaO. Сильногідравлічне (m = 9 – 4,5) вапно інтенсивно гаситься водою, слабогідравлічне (m = 4,5 – 1,7) гаситься повільно, якщо m = 2,2 – 1,7, то вапно за властивостями наближається до цементу і називається цементним.

При взаємодії гідравлічного вапна з водою протікають процеси, характерні як для повітряного, так і для гідравлічного твердіння. Для перших характерний перехід (гідратація) CaO в $Ca(OH)_2$, для других – поступова гідратація силікатів, алюмінатів і феритів Ca, з утворенням гідратів. Через подвійне проходження процесів для гідравлічного вапна рекомендують комбінований режим твердіння: спочатку – повітряно-сухий, потім – вологий.

Витрата умовного палива для одержання гідравлічного вапна – 12-14% від його маси (120-140 кг/т вапна).

Гідравлічне вапно більш міцне за повітряне, але його міцність поступається іншим в’язжучим речовинам.

Цемент

Основне мінеральне в'яжуче – портландцемент. Це продукт тонкого помелу цементного клінкеру. При здрібнюванні в клінкер вводять 1,5-3,5% гіпсу, до 15% активних мінеральних добавок.

Для одержання клінкера використовують природні мергелі або суміші вапняку чи крейди з глиною. Доменні шлаки, паливні золи, нефелінові шлами і деякі інші виробничі відходи можна використовувати для часткової заміни карбонатних чи глинистих компонентів шихти. Склад клінкера: 62-67% CaO, 20-24% SiO_2, 4-8% Al_2O_3, 2-6%Fe_2O_3.

Процес одержання портландцементу складається з видобутку сировинних компонентів, підготовки суміші, випалу суміші до спікання (одержання клінкера), здрібнювання продукту (з добавками) у порошок (одержання цементу).

Існує 2 способи одержання цементу – сухий і мокрий. При мокрому способі суміш подрібнюють у млинах з додаванням води. При цьому одержують шлам, що містить 35-42% води.

При сухому способі компоненти висушують, подрібнюють і змішують (сировинне борошно).

Більш розповсюджений мокрий спосіб.

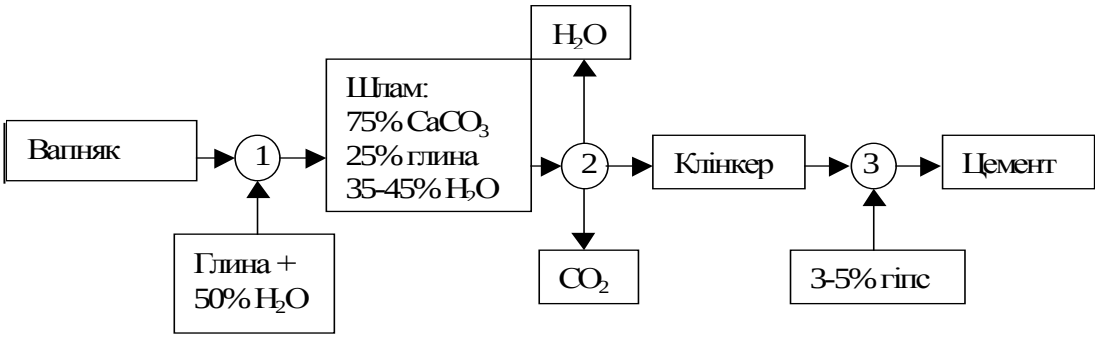


Схема виробництва портландцементу мокрим способом.

Технологічний процес одержання цементу складається з наступних технологічних операцій:

1 - підготовка суміші,

2 - випал суміші (одержання клінкера).

Випал суміші відбувається в обертовій печі (барабан з товстої листової сталі, нахилений під кутом 3-4^o, довжиною 185м, діаметром до 54м, футерований зсередини вогнетривами). У нижній розвантажувальній частині розташована форсунка, що працює на рідкому, пилоподібному чи газоподібному паливі. Піч рухається з частотою обертання 1,3 об/хв. Сировинна суміш рухається назустріч гарячим газам, обпікається і перетворюється на клінкер. У процесі випалу

при 100°С із суміші видаляється вільна вода, при 500-700°С (зона підігріву) – видаляється хімічно зв'язана вода з мінералів, що входять до складу глин. При 900°С розкладається $CaCO_3$, при 1200°С утворений CaO вступає у взаємодію з продуктами термічного розкладання глинистих матеріалів. У зоні 1250-1300°С утворюється $CaO*SiO_2$ (двокальцієвий силікат), $3CaO*Al_2O_3$ (трикальцієвий алюмінат), $4CaO*Al_2O_3*Fe_2O_3$ (чотирикальцієвий алюмоферит). При 1300-1450°С утворюються кристали $3CaO*SiO_2$. Вихідний клінкер швидко охолоджується в холодильнику до 60-80°С, що сприяє підвищенню якості цементу.

Випал відбувається у протитоку, тому гази, що відходять, захоплюють дрібні частки сировини. Добове пиловинесення складає десятки тонн.

З - здрібнювання продукту (з добавками) у порошок (одержання цементу). Для того, щоб клінкер виявив в'язкі властивості, його необхідно подрібнити від 50 мм (середній розмір зерна клінкера) до 200 мкм. Для здрібнювання клінкера використовують трубні млини. Діаметр їх 2-4 м, довжина – 10-15 м, продуктивність – 10-85 т/год.

При помелі 1 т клінкера витрачається:

- 25-30 кВт*год електроенергії,
- питома витрата металу від стирання складає 0,7-1,5 кг. Тому при тривалій роботі млинів їхня продуктивність зменшується, їх періодично довантажують, а через 1800-2000 год роботи цілком перевантажують тіла, що мелють.

У місцях розвантаження сировини і продукту, при сухому помелі сировини і розмелі клінкера виділяється велика кількість пилу. Гази, що відходять від цементних печей, містять цементний пил (до 70 кг/т продукту), до 14,7% SiO_2, 8,6% Al_2O_3, 22,3% MgO, 2,7% FeO_x. Пил високодисперсний, викликає силікози.

Питомі показники пилоутворення у виробництві цементу:

Джерела викиду	Об'єм викиду, $м^3$/т продукту	Температура, °С	Вміст пилу, $г/м^3$
Дроблення сировини	100-800	20-30	10-20
Випал сировини:			
мокрим способом	5000	200	50
сухим способом	3000	300	40
Охолодження продукту	1500-3000	200	20
Цех помелу	700-900	100	600

Кожен із способів виробництва цементу має свої переваги і недоліки. Так, при мокрому способі в присутності води полегшується здрібнювання матеріалів, простіше досягається однорідність суміші, надійніше і зручніше транспортування шламу, кращі санітарно-гігієнічні умови праці. Але при цьому витрата тепла на випал суміші збільшується на 30-40%, ніж при сухому способі, необ-

хідна значно більша робоча ємкість печі, тому що в ній випаровується вода зі шламу.

Основною перевагою сухого способу виробництва цементу є зниження витрати теплоти на випал клінкера (до 3,4 – 5 МДж/кг у порівнянні з 5,8 –6,7 МДж/кг при мокрому способі) Однак ускладнюється процес коректування складу шихти, ускладнюється устаткування, підвищується витрата електроенергії. За техніко-економічними показниками сухий спосіб значно перевершує мокрий: капітальні витрати на спорудження заводу на 5-10% менші від заводу тієї ж потужності, що працює на технології мокрого способу; за рахунок економії палива знижуються на 2,5 – 5% річні експлуатаційні витрати.

У мокрому виробництві цементу:

- питома витрата тепла – 6500 МДж/т клінкера,
- енерговитрати – 14-22 кВт*год/т клінкера,
- концентрація пилу в повітрі, що відходить – 250 г/м3.

У сухому виробництві цементу:

- питома витрата тепла – близько 3500 МДж/т клінкера,
- енерговитрати – 25 кВт*год/т клінкера,
- пиловиніс складає 3-4% (об'єм газів, що відходять, менший; це знижує вартість обезпилення).

Речовини, що містяться в навколишньому середовищі, вступають у хімічну взаємодію зі складовими цементного каменю. Це обумовлює процеси хімічної корозії. Наприклад, вплив на бетон кислот, CO_2 приводить до розчинення цементного каменю:

$$Ca(OH)_2 + 2HCl = CaCl_2 + 2H_2O,$$

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O,$$

$$Ca(OH)_2 + CO_2 + H_2O = Ca(HCO_3)_2.$$

Кислотоутворюючі оксиди є агресивними для бетону, у середовищі «кислотних» дощів можливе руйнування бетонних конструкцій.

Бітумні і дьогтьові в'яжучі

Бітумні в'яжучі – складні суміші вуглеводнів і їхніх неметалічних похідних (сірка, кисень, азот) природного і штучного походження. Природні бітуми дуже дорогі і досить рідкісні, тому застосовуються тільки при виробництві бітумних лаків. Залишкові бітуми (гудрон) утворюються при розгоні нафти, за в'язкістю розділяються на тверді, напівтверді і рідкі. Тверді і напівтверді бітуми використовують для одержання дорожніх покриттів, покрівельних рулонних

матеріалів, бітумних мастик і лаків, рідкі – тільки для одержання дорожніх покриттів.

Дьогтьові в'яжучі одержують як побічний продукт при переробці на хімічних заводах твердого органічного палива. Найчастіше використовують кам'яновугільний дьоготь і кам'яновугільний пек. Кам'яновугільний дьоготь – в'язуча рідина з характерним запахом фенолу і нафталіну. Кам'яновугільний пек – токсична речовина.

Органічні в'яжучі широко використовуються при будівництві доріг (до 75% від виробленої кількості) у вигляді асфальту й асфальтобетону, укладанні підлог промислових будівель, для виготовлення покрівельних матеріалів (ними промочують картон, папір і одержують руберойд, толь, матеріали без основи – брізол, ізол, роблять склоруберойд, покриваючи бітумом полотно із скловолокна).

Бітумні і дьогтьові в'яжучі пластичні, розчинні в органічних розчинниках, водонепроникні. До недоліків можна віднести: підвищену крихкість при негативних температурах, понижену теплостійкість, горючість.

Полімеризаційні матеріали

Розчинне скло і його похідні

Розчинне скло – технічний продукт, що складається із силікатів лужних металів:

M_2O*mSi_2 (M – Na, K; m – кількість молекул SiO_2).

Існують сухі і мокрі способи одержання розчинного скла.

Сухі – сировинну шихту, що складається з кремнеземних (пісок, кремнезем) і лужних (сода, Na_2SO_4, NaOH, KOH) матеріалів плавлять при високій температурі, прохолоджують і розчиняють.

Мокрі – засновані на розчиненні кремнезему в розчинах лугів під тиском в автоклавах:

$$2MOH + mSiO_2 = M_2O*mSiO_2 + H_2O.$$

У цьому випадку розчинне скло одержують, минаючи стадію розчинення.

Рідке скло – густий в'язучий розчин. На практиці використовують маси, що є композицією із наповнювача (наприклад, кварцового піску) і рідкого скла. Властивості затверділої маси залежать від концентрації вихідного розчину рідкого скла: з розведених розчинів одержують пухку масу, з концентрованих – щільну і міцну.

Полімеробетони

Полімеробетони – це матеріали, одержувані з мінерального в’язкого, полімеру і наповнювача.

При введенні до складу полімерцементного бетону арматури (у вигляді стрижнів або волокна) одержують армополімерцементні бетони (армополімербетони) високої міцності.

Такі будматеріали застосовують у хімічній, гірничо-металургійній, нафтовій промисловостях (там, де конструкції піддаються постійному агресивному впливу і де звичайний бетон і сталь не можуть бути ефективно використані). Їх застосовують для виготовлення хімічно стійких підлог, ємностей і трубопроводів для агресивних і біологічно активних рідин.

Крім полімербетонів у будівництві використовують інші вироби з полімерних матеріалів. Залежно від властивостей полімерів при нагріванні й охолодженні їх розділяють на термопластичні і термореактивні. Термопластичні полімери розм'якшуються при нагріванні і тверднуть при охолодженні. Термореактивні полімери тверднуть під дією нагрівання й тиску і не розм’якшуються при повторному нагріванні. До цієї групи відносяться фенолформальдегідні, карбамідні, епоксидні полімери.

Процес виготовлення будівельних виробів із пластиків включає:

1- підготовку сировинних компонентів (дроблення, помел і просівання твердої сировини, готування суспензій або емульсій),
2- готування композицій, до якиїх входять наповнювачі (порошкоподібні – крейда, тальк, деревне борошно, волокнисті – деревні чи скляні волокна, шаруваті – папір, тканина, деревний шпон), які додають пластикам високої міцність, теплостійкості, довговічності, затверджувачі (наприклад, для скорочення часу затвердження фенолформальдегідних полімерів вводять кислоти), пластифікатори (застосовують для поліпшення формувальних властивостей пластмас, використовують дібутилфталат, камфору, олеїнову кислоту та ін.), барвники (органічні або мінеральні). Процес здійснюється в змішувачах періодичної або безперервної дії,
3- формування виробів різними методами (лиття, лиття під тиском, екструзія, каландрування, пресування і т.д.).

Лиття – найпростіший спосіб одержання виробів. Полягає в розливі розплавленого полімеру у форми, де він застигає, здобуваючи задану форму. Його використовують для одержання листу, стрижнів, брусків. Лиття під тиском здійснюють за допомогою спеціальних машин. Це високопродуктивний спосіб, що може бути цілком автоматизований, його використовують для одержання трубопровідної арматури, електротехнічних, санітарно-технічних виробів.

Екструзія – безперервне профільне видавлювання, виконується на екструдерах – апаратах безперервної дії. Цим методом виготовляють труби, поручні, плінтуси, стрижні, лист, плівки.

Каландрування – формування виробу в зазорі між обертовими валками каландрів, що утворюють стрічку виробу заданої товщини і ширини, використовується при виробництві плівок, рулонних матеріалів для підлоги.

Процес пресування полягає в заповненні прес-порошком (термореактивні полімери, наповнювач, пластифікатор і ін.) прес-форми, що обігрівається, (матриці) і обробка його тиском. Так виготовляють ванни, раковини, мийки й інші великогабаритні вироби.

Вироби для покриття підлог

У будівництві використовують полімерні рулонні і плитні матеріали.

Рулонні матеріали для підлог підрозділяють на лінолеуми і синтетичні килимові покриття. По виду вихідного полімеру розрізняють полівінілхлоридні, гліфталеві, гумові, колоксилінові й інші, за структурою – безосновні, зі зміцнювальною, тепло-, звукоізолюючою основою, одношарові і багатошарові.

Будівельна кераміка

Керамічними називають штучні кам’яні матеріали і вироби, одержувані з глин або їхніх сумішей з мінеральними добавками шляхом формування і наступного обпалювання.

До будівельної кераміки відносять керамічні вироби, застосовувані при будівництві будинків, їхньому облицюванню, при будівництві каналізаційних і дренажних споруд, сантехнічних вузлів і ін.

Будівельні керамічні вироби і матеріали залежно від призначення поділяються на:

- стінові (цеглини і будівельні камені, блоки і панелі),
- елементи перекриттів (пустотілі камені, балки, панелі перекриттів),
- для зовнішнього облицювання (цегла, фасадна плитка, килимова кераміка),
- для внутрішнього облицювання (глазуровані плитки, плитки для підлог),
- покрівельні (черепиця різних видів),
- труби каналізаційні і дренажні,
- санітарно-технічні (раковини, ванни, унітази і т.д.),
- кислототривкі (цеглини, плити, труби),
- дорожні (цегла, камені),
- вогнетривкі (цегла й інші фасонні вироби),
- теплоізоляційні і легковагі: керамзит, аглопорит.

Основна сировина у виробництві кераміки – глина, у яку вводять отощуючі, вигоряючі добавки, флюси.

До отощуючих добавок відносяться: кварцовий пісок, шамот (продукт випалу глин при 900-1400^{o}С, при цьому глини втрачають пластичні властивості), шлаки і золи, крім того, використовують здрібнений бій керамічних виробів. Вони зменшують усадку виробів і внутрішні напруження.

До вигоряючих добавок відносяться: пилоподібне тверде паливо, відходи вуглевидобутку, тирса. Вони підвищують спучування маси при випалі за рахунок утворення CO, CO_2, H_2, H_2O.

Флюси (плавні) це польові шпати, склобій, крейда, доломіт. Ці речовини поліпшують спікливість, знижують температуру випалу виробів.

Незважаючи на різноманіття форм і розмірів, технології виготовлення подібні і зводяться до:

- видобутку сировини в кар'єрах,
- транспортування на заводи,
- підготовки сировинної маси (здрібнювання, зволоження, перемішування компонентів) трьома методами: пластичним з використанням води чи пари, сухим - із сушінням сировини до вологості 1-2%, шлікерним - змішанням з водою глин і отощуючих добавок),
- формуванню виробів трьома методами: пластичним – вологість сировини 18-23%, сухим – вологість сировини 2-8% і способом лиття – з використанням шлікеру вологістю 40-60% як сировини,
- природному і штучному сушінню виробів (природне – під навісами в сушильних сараях не вимагає витрат палива, але продовжується тривалий час – 10-15 діб, вимагає великих площ і залежить від температури і вологості навколишнього середовища; штучне - триває залежно від товщини виробу від декількох годин до 1-3 діб, проводять його в камерних сушарках періодичної дії або в тунельних безперервної дії, у яких вироби і теплоносій рухаються назустріч один одному. Недоліки камерних: нерівномірність сушіння по довжині і ширині камери, тривалість процесів завантаження і вивантаження виробів. Переваги тунельних: потоковість виробництва, високий рівень механізації, висока продуктивність праці),
- випалу виробу, під час якого зростає міцність, щільність, морозостійкість виробу. При випалі протікають складні фізико-хімічні процеси: у початковий період випалу з виробу-сирцю видаляється вільна вода (температуру до 200^{o}С підвищують повільно, щоб не зруйнувати виріб інтенсивним пароутворенням), при 450-700^{o}С вигоряють органічні домішки і видаляється хімічно зв'язана вода, керамічна маса безповоротно втрачає пластичні властивості. Подальше нагрівання приводить до спікання легкоплавких сполук керамічної маси і мінералів-плавнів. Розплав обволікає частки, що не розплавилися, заповнює пори між ними, зближає їх і ущільнює всю масу. У розплаві відбувається утво-

рення нових сполук, кристалізація яких при остиганні забезпечує перетворення вихідного матеріалу на міцний моноліт,

- охолодження виробів, яке необхідно проводити повільно щоб уникнути появи місцевих напружень і розривів керамічних мас.

Виробництво керамічних виробів пов'язано з виділенням в атмосферу:

- димових газів від згоряння органічного палива,
- пилу від млинів, пресів, сушарок, печей випалу, ліній глазурування,
- продуктів реакцій між основними компонентами сировини. Основні з них - сполуки сірки, хлору і фтору. Джерелами цих забруднень є водорозчинні хлориди і сульфати, гумусові речовини в глинах, пірит. У шлаках, що на деяких заводах додають у шихту, містяться сполуки фтору, що при нагріванні сублімують або утворюють HF.

Скловироби

Склом називають аморфні тіла, що володіють механічними властивостями твердих тіл і отримані шляхом переохолодження розплавів.

Скло буває природним (утвореним в результаті діяльності вулканів – обсидіан) і штучним.

За призначенням скло підрозділяють на:

- технічне (оптичне, хімічне, медичне, ізоляційне),
- будівельне (віконне, вітринне, армоване, лицювальне, мозаїчне, склоблоки),
- побутове.

Особливість одержання скла – спільність технології:

- підготовка сировинних матеріалів,
- підготовка однорідної шихти,
- варіння скла,
- формування виробу,
- заключна термічна, хімічна чи механічна обробка виробу.

Сировинні матеріали виробництва скла поділяють на основні (кварцовий пісок SiO_2 - вміст у шихті складає 60-75%, сода Na_2CO_3, поташ K_2CO_3, вапняк, сульфат натрію Na_2SO_3, глинозем, крейда) і допоміжні (барвники, освітлювачі - речовини, що знебарвлюють скло).

Як барвники використовують сполуки заліза (синьо-зелений, жовтий, коричневий кольори), сполуки марганцю (фіолетовий), кобальту (синій), хрому (зелений), нікелю (димчастий чи червонясто-фіолетовий), селену - офарблює скло в червоний і рожевий кольори, золото дає колір «золотий рубін» – від темно-червоного до рожевого фарбування, срібло – золотаво-жовтий, мідь – «мідний рубін» – яскраво-червоний.

Освітлювачами є нітрати, оксиди миш'яку і сурми, сульфат натрію, сполуки фтору й амонію.

Знебарвлюючими речовинами є сильні окислювачі: нітрати, оксиди миш'яку, сурми й ін.

Основну сировину піддають дробленню і збагаченню за допомогою магнітної сепарації і флотації з метою видалення сполук заліза.

Потім готують шихту. Звичайно будівельне скло готують з 5- або 6-компонентної шихти. Склад шихти попередньо розраховують, звичайно, на 100 масових частин скла. Наприклад, склад листового скла, %

- SiO_2 – 72,5,
- Al_2O_3 – 1,5,
- CaO – 8,5,
- MgO – 3,5,
- Na_2O – 14,0.

Потім скло варять. Середовище варіння може бути окисним (надлишок кисню в печі), відновним (надлишок CO у печі) або нейтральним.

Варіння скла умовно розділяють на 5 стадій:

1 – стадія силікатоутворення. При 300-400°C карбонати розкладаються з утворенням вуглекислого газу й оксидів металів.

$$\left.\begin{matrix} Na_2CO_2 \\ CaCO_3 \\ MgCO_3 \end{matrix}\right\} \rightarrow \begin{matrix} Na_2O \\ CaO \\ MgO \end{matrix}$$

При 800-900°C оксиди взаємодіють з піском, утворюючи силікати:

$$\left.\begin{matrix} Na_2O \\ CaO \\ MgO \end{matrix}\right\} + SiO_2 \rightarrow \begin{matrix} Na_2SiO_3 \\ CaSiO_3 \\ MgSiO_3 \end{matrix}$$

Шихта перетворюється на пінистий непрозорий розплав, який містить велику кількість бульбашок газу і часток шихти, що не прореагувала.

2 – стадія склоутворення. На цій стадії (1100-1200°C) утворюються складні силікати. У розплаві, що утворився, розчиняються кремнезем і глинозем. Маса стає однорідною і прозорою, але в ній міститься багато газових включень.

3 – стадія освітлення. На цій стадії скломаса звільняється від видимих газових включень (1кг шихти при 1400°C виділяє до 0,5 $м^3$ CO_2). Для прискорення цього процесу підвищують температуру варіння.

4 – стадія гомогенізації проходить при температурах 3-ої стадії (1400-1500^{o}C) і полягає в інтенсивному русі скломаси за допомогою мішалок. Після завершення гомогенізації скломаса готова для формування виробів.

5 – стадія охолодження. Скломаса має температуру 1500-1600^{o}C, а температура, що забезпечує робочу в'язкість дорівнює 1100-1250^{o}C. Температуру знижують плавно, щоб уникнути утворення бульбок з розчиненого газу.

Основний агрегат процесу скловаріння – піч періодичної чи безперервної дії. Розміри печей різні. Ванни великих печей уміщають до 2000т і більше скломаси. Листове скло шириною 6-6,5м варять у печі з довжиною ванни 30-32м і глибиною 1,2-1,5м. Продуктивність печі залежить від розміру і складає від 15-60 до 6000 т/доб.

За способом освітлення печі для варіння скла поділяють на:

- полуменеві, у яких спалюють рідке чи газоподібне органічне паливо. ККД = 18-26%, тому що тепло витрачається на нагрівання вогнетривкої кладки печі і на компенсацію втрат тепла;

- електричні з ККД не менш 60%, оскільки відсутні втрати тепла з газами, що відходять. Найбільше поширення одержали печі прямого опору. У них нагрівальним елементом служить сама скломаса (скло при підвищеній температурі проводить електричній струм, проходячи через скломасу електроенергія переходить у теплову, маса нагрівається, відбувається варіння скла). Струм підводять через графітові чи молібденові електроди. Починають застосовувати електроди з оксиду олова.

Виготовляють листове скло, профільне будівельне скло, пустотілі склоблоки, скловолокно, на основі якого роблять склопластики - композиційні матеріали, у яких скловолокно відіграє роль наповнювача, а зв'язуючими є органічні та неорганічні полімери. З органічних найбільш поширені поліефірні, фенолформальдегідні, епоксидні смоли, кремнійорганічні полімери. З неорганічних – алюмофосфорити і рідке (розчинне) скло.

З одержуваних скловолокнитів і склотекстолитів виготовляють корпуси суден, кузови автомобілів, використовують в авіації, хімічній промисловості.

Викиди в атмосферу:

- від горіння органічного палива,

- легколетючі домішки із сполук сировини,

- при одержанні склопластиків – викид органічних сполук (розчинників, мономерів).

Лакофарбові матеріали

Лакофарбові матеріали підрозділяються на фарби, лаки і допоміжні матеріали. Їхніми основними компонентами є пігменти, наповнювачі і зв’язуючі речовини.

Пігменти – тонко здрібнені кольорові порошки, розділяються на мінеральні й органічні, природні і штучні. З природних використовуються: вохра – глина, що містить оксид заліза; умбра – глина, утримуюча оксид заліза й оксид марганцю, залізний сурик і мумія – руди з різним вмістом оксиду заліза. Штучні пігменти – цинкові, титанові, крони цинковий і свинцевий, сурик свинцевий, ультрамарин, оксид хрому, зелень цинкова і свинцева; органічні штучні пігменти на основі анілінових барвників.

Наповнювачі – нерозчинні мінеральні речовини, що додаються для економії пігментів і підвищення міцності покриттів, кислото- і вогнестійкості.

Зв’язуючі – речовини, що утворюють з пігментами барвисті суміші, створюючі після висихання на пофарбованій поверхні плівку декоративного чи антикорозійного призначення. Умовно розділені на основні групи: для масляних складів, для водяних складів, емульсійні.

Олійні фарби одержують шляхом ретельного розтирання у фарботертних машинах зв’язуючого з пігментом. При цьому одержують густорозтерту фарбу, яку потім розводять масляним чи емульсійним зв’язуючим.

Лаки одержують розчиненням природних чи штучних смол у летких розчинниках.

Емалеві фарби одержують перетиранням сухих пігментів з алкідними (гліфталевими чи пентафталевими) лаками.

Питання для самоперевірки

1. Класифікації матеріалів, використовуваних у будівельних роботах.
2. Впливи на навколишнє середовище технологічних процесів одержання в'яжучих.
3. Виробництво цементу, взаємодія технологічного процесу з навколишнім середовищем.
4. Впливи на навколишнє середовище виробництв будівельних полімерних матеріалів.
5. Будівельні керамічні матеріали, впливи технологічних процесів на навколишнє середовище.
6. Виготовлення скла, впливи, що надаються навколишньому середовищу.

2.10. Сільське господарство

У розвинутих країнах у сільському господарстві зайнято від 1 до 20% населення. Продуктивність праці у цій галузі промисловості зростала наступними темпами: 1900-1940 рр – на 57%, 1940-1980 рр – на 400%. Цей стрибок викликаний впровадженням механізованих технологій, широким використанням добрив і пестицидів. Сільське господарство переходить у сферу промислового виробництва продуктів харчування: функціонують агропромислові комплекси (АПК), комплекси по відгодівлі тварин, птахів.

Сільське господарство використовує такі природні ресурси:

- ґрунти,
- воду,
- сонячну енергію,
- повітря (атмосферу).

Основа агропромислового виробництва – земельні ресурси.

У сучасному землеробстві основними впливами на навколишнє середовище є:

- зрошення земель,
- механічна обробка ґрунту і його засівання,
- застосування добрив і пестицидів.

Площа земель, непридатних для ведення сільського господарства близько 40%, а площа ріллі не перевищує 10% загального світового земельного фонду. Спостерігається тенденція до скорочення площ сільськогосподарських земель у багатьох розвинутих країнах: у США площа земельних угідь скоротилася з 540 млн.га в 1960р до 492 млн.га в 1987р, у Японії – з 5 до 6 млн.га, у Франції – з 39 до 35 млн.га, в Італії - з 22 до 20 млн.га. Поточні втрати продуктивних ґрунтів у світі в даний час складають близько 6,6 млн.га. Значний збиток сільськогосподарському виробництву наноситься вилученням продуктивних земель для несільськогосподарських потреб:

Види використання земель	Питома зайнята площа, га
Автостради, дороги, лінії зв’язку, на 1 км^2	2
Трубопроводи різні, на 1 км^2	4
Нафтові шпари, на 1 км^2	2,5
Електростанції, на 1 млн.кВт*год	10-15

На стан природного середовища в процесі агропромислового виробництва впливають 5 груп факторів:

Фактори впливу	Форми впливу	Негативні результати впливу
Вилучення речовини й енергії.	Природно-антропогенні ерозійні процеси. Природно-антропогенні зсувні процеси. Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва. Меліорація (зрошення, осушення).	Втрата ґрунтового покриву. Винос живильних речовин з ґрунту. Надмірне осушення ґрунту. Безповоротна втрата ґрунтових вод.
Перерозподіл речовини та енергії (без вилучення).	Меліорація (зрошення, осушення). Механічний вплив на ґрунт.	Інтенсифікація міграції хімічних сполук у природному середовищі. Ущільнення ґрунту і підґрунтя. Руйнування структури ґрунту.
Надходження в природу штучних речовин і енергії або підвищення концентрації її власних речовин і енергії.	Фізичне, фізико-хімічне, хімічне забруднення довкілля. Внесення добрив, пестицидів. Підвищення питомих виробничих енерговитрат. Меліорація (зрошення). Розміщення в природному середовищі твердих і рідких відходів.	Поява в ґрунті баластових речовин мінеральних добрив і хімічно інертних фізичних тел. Поява в природному середовищі шкідливих хімічних речовин і елементів. Поява в природному середовищі радіоактивних речовин і важких металів. Перезволожування ґрунтів. Надмірне освітлення, шум, тепло. Засолення і вищолочення гумусового шару.
Створення технічних споруд і об'єктів.	Промислове і цивільне будівництво, прокладка комунікацій і доріг.	Втрата сільськогосподарських земель. Руйнування природних ландшафтів. Руйнування агроландшафтів. Порушення естетики життєдіяльності.
Інтродукція	Акліматизація корисних	Порушення природного балансу.

(реінтродукція) видів.	видів рослин і тварин. Випадкове впровадження небажаних видів рослин і тварин.	

Ґрунт є найбільш уразливою частиною агроекосистеми. Оранка й інша механічна обробка змінюють його склад і структуру, мікробіологічні процеси, що протікають у ньому, рослинний і тваринний світи. Наприклад, тракторна оранка спричиняє ущільнення ґрунту колесами (гусеницями), роздавлювання колесами (гусеницями) організмів, перекидання ґрунту плугом, розрізування організмів плугом, вібраційний вплив на ґрунти, забруднення пальномастильними матеріалами, забруднення атмосфери вихлопними газами, шумовий вплив на навколишнє середовище. В результаті порушується сформований нормальний круговорот речовин.

З продукцією рослинництва з ґрунту вилучається багатьо хімічних елементів, відбувається виснаження ґрунтів.

Винос деяких хімічних елементів із сільськогосподарською продукцією (кг/(га*рік):

Продукція	Елементи, що виносяться з ґрунтів із сільськогосподарською продукцією				
	N	P	K	Ca	Mg
Пшениця	70	5	20	6	6
Бобові	60	7	32	20	4
Кукурудза	30	4	30	9	3
Картопля	90	8	70	35	8
Люцерна	50	8	45	50	8
Цукровий буряк	45	7	55	10	9
Сіяні трави	50	7	45	20	6

Земельний фонд України використовується дуже інтенсивно.

Використання земельного фонду України (1997г):

Показник	Структура використання земель, млн.га
Загальний земельний фонд	60,4
Сільськогосподарські угіддя	39,4
Рілля	22,3
Посівна площа	21,6
Природні кормові угіддя	16,3

Розораність території досягає 59%, що вище ніж у США і більшості країн Європи.

Чисельність населення і площа орних земель у деяких країнах Європи (за станом на 1 січня 1995р):

Країна	Населення, млн. чол.	Рілля, млн. га
Україна	50,8	34,3
Англія	58,3	6,1
Німеччина	81,3	11,7
Італія	57,2	9,0
Франція	57,7	18,1

Водоспоживання

Землеробство переходить на зрошення вирощуваних культур. Сумарні витрати на зрошення залежать від площі земель, питомого водоспоживання, виду сільськогосподарських культур і кількості поворотних вод. Світовий водозабір на зрошення складає від 1700 до 2500 км^3/рік. У деяких районах забір води складає до 20 і навіть до 50% (Середня Азія) від загального річкового стоку.

Питоме водоспоживання для різних культур (м^3/га):

Сільськогосподарська культура	Питоме водоспоживання
рис	8000-15000
бавовна	5000-8000
багаторічні трави	2000-8000
цукровий буряк	2500-6000
зернові	1500-3500

При цьому величезні безповоротні втрати: від 20 до 60% від водозабору.

Негативний вплив зрошення полягає у вимиванні солей зі зрошуваних земель, що приводить до підвищення мінералізації водойм, змінення їхнього хімічного складу (винос солей досягає десятків і сотень тонн з 1 га). На малих водозборах забір води на зрошення практично цілком йде на випаровування, що різко змінює стік малих річок.

Можливе засолення ґрунтів, пов’язане з підйомом мінералізованих ґрунтових вод до критичної глибини порядку 2-3м від поверхні землі через порушення водяного балансу території фільтраційними водами зрошувальної мережі і зрошуваних полів. Цей процес поширюється і на прилеглі незрошувані площі. Ґрунтові води, що містять розчинені солі, починають інтенсивно випаровуватися з поверхні, поступово створюючи в ґрунті надлишок солей. У результаті кон-

центрація солей у ґрунті може виявитися в 50-100 разів вищою, ніж у зрошувальній воді.

Мінеральні добрива

Використання мінеральних добрив дозволяє різко збільшити об'єми продукції при незмінних посівних площах. Так, раціональне використання 1 ц N-P-K-добрив забезпечує приріст урожаю зернових культур на 1,5-2, цукрового буряка – на 11-15, овочів – до 22, кормових культур – на 10 ц/га. Одночасно відбувається забруднення ґрунтів токсичними і баластовими речовинами добрив. Так, у суперфосфаті містяться сполуки фтору, важкі метали – Cu, Zn, Pb і т.д. У мізерних кількостях – це мікроелементи, збільшення кількості яких викликає негативні наслідки: зменшується активність ферментів, фотосинтезу, знижується врожайність і якість продукції.

Забруднення сільськогосподарських ґрунтів при внесенні різних видів добрив, мг/кг:

Елемент	Ґрунти			Ґрунти з компостами	
	Без добрив (фон)	З органічними добривами	З мінеральними добривами	З побутових відходів	З каналізаційних осадів
Ртуть	0,009	0,009	0,009	0,3	0,087
Свинець	26,0	29	36	92	55
Вісмут	0,3	-	-	1,02	1,24
Цинк	52	55	37	128	130
Срібло	0,06	-	-	0,12	1,14
Олово	50	4,9	6,5	90	85
Молібден	0,8	1,0	1,0	1,24	1,2
Мідь	27	32	23	33	42
Хром	46	45	56	57	47
Кобальт	7	7,1	7,6	8,3	8,2
Стронцій	28	30	42	33	32
Фтор	20	330	393	-	-

Внесення надмірних доз мінеральних добрив приводить до вимивання їхніх компонентів у ґрунтові води і водойми, накопиченню токсичних речовин у рослинах.

Найбільш швидкими темпами йде забруднення ґрунтів при внесенні добрив з побутових відходів і каналізаційних осадів.

Пестициди

Пестициди – це хімічні речовини, що володіють токсичними властивостями стосовно тих чи інших живих організмів: від бактерій і грибків до рослин і шкідливих теплокровних тварин. Такі речовини застосовувалися в невеликих масштабах і сотні років тому, причому перші пестициди включали сполуки миш'яку, вапняно-сірчані суміші, солі міді. Однак широке використання пестицидів характерне для другої половини минулого століття. Асортимент їх за цей час сильно змінився.

Раніше використовувані неорганічні хімічні речовини були замінені на синтетичні органічні сполуки, більшість з яких була спеціально розроблена відповідно до завданих токсикологічних властивостей. Первісне широке використання нових пестицидів було зустрінуте з великим ентузіазмом: вони мали велику швидкість впливу і високу ефективність проти різних шкідників. Застосування цих речовин дозволило цілком запобігти захворюванням тифом і малярією і сприяло збільшенню виробництва харчових продуктів. Однак, через багато років з'ясувалося, що ефективність пестицидів супроводжувалася і негативними наслідками.

У середньому в світовій практиці витрата пестицидів складає 2-3 кг/га, але в реальності – від 2 до 12 кг/га і вище. У результаті хімічних і біологічних процесів, що протікають у ґрунті, вміст пестицидів зменшується, але їх залишкові кількості коливаються від сотих часток до десятків мкг на 1кг ґрунту.

Типи пестицидів

В даний час існує близько 10000 різних пестицидів.

Пестициди підрозділяють (залежно від шляху надходження в організм цільового об'єкта) на: препарати контактної, кишкової і фумігаційної дії; системні препарати, які поширюються по судинній системі рослин при нанесенні на будь-яку його частину. Це спричиняє токсичність усіх органів рослини, що завдає шкоди комахам і збудникам хвороб рослин.

Пестициди майже ніколи не застосовують у чистому вигляді. На їхній основі готують порошки, концентрати, емульсії, дусти, розчини, гранули, мікрокапсули, аерозольні препарати. Порошки або емульсії розбавляють водою і використовують для обприскування рослин, дусти (порошки) використовують для запилення. До складу препаратів вводять тверді чи рідкі розріджувачі, ПАР та спеціальні добавки: приклеювачі, антиокислювачі, антивипарники, згущувачі.

Під дією світла, повітря і води пестициди, що знаходяться в ґрунті, розкладаються, часто – з утворенням токсичних продуктів. У ряду змочуваних дуст (порошки) → рідини, що змішуються, → емульсії → гранули стійкість у ґрунті зростає.

Існує класифікація пестицидів за категоріями відповідно до їхнього призначення.

Класифікація пестицидів за виробничим призначенням:

Пестицид	Призначення
Акарициди	Знищення рослинних кліщів, сільськогосподарських тварин, - переносників захворювань людини
Альгіциди	Знищення водоростей і іншої бур'янистої рослинності у водоймах
Антирезистенти	Зниження резистентності комах до окремих речовин
Антисептики	Знищення мікроорганізмів, що руйнують деревину й інші неметалеві вироби
Арборициди	Знищення небажаної деревної і чагарникової рослинності
Атраканти	Залучення комах для їхнього знищення
Афіциди	Знищення попелиць
Бактерициди	Знищення збудників бактеріальних хвороб рослин
Гаметоциди	Стерилізація рослин (головним чином, чоловічого пилку)
Гербіциди	Знищення бур'янистої рослинності
Десиканти	Підсушування рослин перед механізованим збиранням
Дефоліанти	Видалення листя перед механізованим збиранням і перед пересадженням дерев
Зооциди (родентициди)	Знищення гризунів
Інсектициди	Знищення комах
Іхтіоциди	Знищення смітних порід риб
Лімациди (молюскоциди)	Знищення молюсків
Ларвициди	Знищення личинок комах
Нематоциди	Знищення круглих хробаків (нематод)
Овіциди	Знищення яєць комах, кліщів та шкідників рослин
Регулятори росту	Вплив на процеси росту і розвитку рослин
Репеленти	Відлякування шкідливих тварин
Ретарданти	Уповільнення росту рослин у висоту без зміни термінів їхнього дозрівання
Синергисти	Посилення дії пестицидів різного призначення
Фуміганти	Газоподібні речовини, що знищують шкідливих комах,

	збудників хвороб
Фунгіциди	Знищення збудників грибкових захворювань

Пестициди мають різну хімічну природу і тому підрозділяються на наступні класи:

- фосфорорганічні,
- хлорорганічні,
- препарати міді,
- препарати сірки і т.д.

За здатністю накопичуватися в організмі:

- надакумулятивні,
- з вираженою акумуляцією,
- з помірною акумуляцією
- зі слабко вираженою акумуляцією.

За ступінем токсичності:

- сильнодіючі – $ЛД_{50}$ менше 50 мг/кг,
- високотоксичні – $ЛД_{50}$ 50-200 мг/кг,
- середньотоксичні – $ЛД_{50}$ 200-1000 мг/кг,
- малотоксичні – $ЛД_{50}$ понад 1000 мг/кг.

За ступінем летючості:

- дуже небезпечні,
- небезпечні,
- малонебезпечні.

За стійкістю:

- дуже стійкі – час розкладання на нетоксичні компоненти – більше 2 років,
- стійкі – час розкладання на нетоксичні компоненти - 0,5-2 роки,
- помірно стійкі – час розкладання на нетоксичні компоненти - 1-6 місяців,
- малостійкі – час розкладання на нетоксичні компоненти до 1 місяця.

Необхідно також відзначити, що нараховується близько 420 видів комах, більше 100 видів шкідливих грибків і бактерій, ряд видів бур'янистих рослин, що пристосувалися до ядохімікатів, більше 500 видів комах, стійких до дії інсектицидів. Уже не існує ефективних пестицидів проти таких небезпечних шкідників як колорадський жук, совка, капустяна міль. Застосування хімічних способів захисту рослин стає неефективним.

Тваринницькі комплекси

Великі тваринницькі комплекси – типовий приклад локального порушення малого круговороту органічних речовин і елементів живлення, коли у кінцевому результаті зачіпається і глобальний біогеохімічний цикл. При цьому, як правило, відбувається локальне порушення малого круговороту речовин у екосистемах просторово розмежованих територій:

1- агроекосистемах, де вирощуються кормові культури і з ґрунтів яких вилучається частина елементів живлення,

2- екосистемах, що прилягають до ферм, ґрунти яких забруднюються надмірною кількістю органічної речовини й елементами живлення,

3- водоймах, у яких із забрудненими поверхневими й ґрунтовими водами попадає значна частина органічної речовини й елементів живлення.

У тваринницьких комплексах з-за дихання тварин і бродіння гною утворюються гази, головним чином, CO_2 і CH_4. З гною можуть виділятися аміак, сірководень, меркаптани, індол і скатол. Крім газоподібних забруднюючих речовин і мікроорганізмів у повітрі присутні пил від кормів, висихання відходів, смуху і шкіри тварин. Вміст їх досягає 4 мг/м^3 або 80-95 часток на 1см^3.

Один свинарський комплекс на 40 тис. тварин протягом 1 години викидає в атмосферу до 9 кг пилу, до 50 кг аміаку, 5 кг сірководню, більше 80 млрд. мікроорганізмів.

Для очищення приміщень на тваринницьких комплексах використовують гідрозмив, що приводить до збільшення обсягу гною в 6-10 разів. Для зрошення сільськогосподарських культур використовують не більш 25% від загального обсягу.

Щодобове утворення гною від худоби складає 8-10%, а від свиней – 6-8% від живої маси.

Вихід екскрементів у деяких видів домашніх тварин:

Тварина	Вихід екскрементів, кг/добу
Кабан	11,1
Свиноматка	8,8-15,2
Свиня на відгодівлі	3,5-6,6
Корова	55
Бик	40
Теля	14-35

Об’єм відходів залежить від способу миття підлог, що застосовується у тваринницьких приміщеннях. Сімейна ферма усього на 10 голів худоби щорічно дає 20 т твердих і до 40 м^3 рідких відходів. Підраховано, що в Німеччині об’єм

відходів тваринництва в 5 разів перевищує об'єм побутових відходів і в 6 разів – об'єм промислових відходів.

Біогенний склад (% від сухої речовини) свіжого гною:

	N (загальний)	P_2O_5	K_2O
Свинячий гній	5	2,1	2,5
Гній худоби	3,2	2,0	3,1

Накопичення великих мас гною і гнійої рідоти на території комплексів забруднює повітря, ґрунт, поверхневі і підземні води. При зберіганні рідкого гною не відбувається його самозігрівання, тобто не відбувається дезінфекції. Гній може бути джерелом патогенних мікроорганізмів і інфекційних захворювань. Якщо порушити правила переробки гною і вносити його на поля як добриво без попереднього знезаражування, можливе швидке поширення інфекцій.

Збереження життєздатності збудників хвороб у гної:

Захворювання	Термін збереження збудника, діб
Туберкульоз	Більше 11 місяців
Паратуберкульоз	11 місяців
Хвороба Аусеки	60
Рожа свиней	58-120
Бруцельоз	38-160
Ящур	11-168
Пастерельоз	72
Лістериоз	93-260
Чума худоби	30
Африканська чума свиней	160
Паратиф худоби	150
Паратиф свиней	180
Паратиф овець	90
Паратиф коней	68
Стригучий лишай	61-99
Некробацильоз	50
Чума свиней	більше 2
Ку-лихоманка	кілька тижнів
Яйця глистів	більше 6 місяців

Витоки або надмірне застосування гною як добрива приводить до забруднення навколишнього середовища біогенними елементами. Збільшується їхній вміст (азот) у зеленій масі, що може шкідливо відбитися на тваринах, які поїда-

ють її. У забруднених водоймах починається швидке заростання, цвітіння, загибель риб.

Птахівництво

Основними джерелами забруднення є технологічні системи видалення, підготовки й утилізації калу і стічних вод. Кал, водяну пару і гази виділяють птахи у процесі своєї життєдіяльності.

Кількість калу, одержуваного із розрахунку на 1 голову птаха за добу:

Вид і вікова група птаха	Вихід калу, г
Дорослий птах:	
яєчна порода	189
м'ясна порода	276-300
Молодняк птаха:	
яєчна порода (1-12 тижнів)	24-176
бройлери (1-9 тижнів)	135-158

Джерелами утворення стічних вод на таких підприємствах є основні виробничі приміщення (пташники, цехи для сортування й упакування яєць, забою птахів і кормоприготування, інкубатори), допоміжні (механічні майстерні, гаражі, їдальні, лабораторії і т.д.) і житлові селища при птахівницьких підприємствах.

Стічні води птахівницьких підприємств поділяють на чотири види:

- надлишки води, що надходить у системи поїння птахів,
- технологічна вода, що накопичується при мийці приміщень і устаткування,
- господарські, побутові, каналізаційні стічні води, що надходять з житлово-побутових приміщень,
- стічні води забійних цехів.

У стічні води попадає кал, залишки корму, черепашки, гравій, пір’я, яєчна шкарлупа, розбиті яйця, технічний жир і т.д. У середньому від однієї птахофабрики на 500тис. несучок або 6 млн. бройлерів за добу накопичується 125 т калу і більше 1500 $м^3$ стічних вод.

Фізико-хімічна і бактеріологічна характеристика стічних вод і калу:

Показник	Тривале збереження (7-10 років) стічних вод птахофабрик (вода +кал +поверхневий стік)	Рідка фаза після мийки приміщень	Рідина від поїлок	Кал густої консистенції
Кратність розведення зразків водою	5	5	5	10
pH	7,75	5,9	7,5	7,16
$БПК_{20}$,мг/л	132	11700	2175	28500
Азот аміаку, мг/л	2385	2085	196,9	14800
Завислі речовини, мг/л	2100	5630	1520	153600
Колі-титр	$1,3*10^{-4}$	$3,6*10^{-4}$	$2,7*10^{-5}$	$0,8*10^{-5}$

При рівномірному відведенні стічні води птахоферми яєчного напрямку несуть інтенсивне органічне і бактеріальне забруднення:

- $БПК_5$ – 232,7 мг/л,
- суспендовані речовини – 418 мг/л,
- азот аміаку – 15,6 мг/л,
- мікробне число – $2,1*10^6$,
- коло-титр – 10^4.

Залповий відвід стоків птахофабрик м'ясного напрямку відповідає за забрудненням стічним водам забійних цехів:

- $БПК_5$ – 1280 мг/л,
- окислюваність – 1700 мг/л,
- азот аміаку – 170 мг/л,
- суспендовані речовини – 1500 мг/л,
- мікробне число – $1,5*10^7$,
- коло-титр – 10^{-8}.

При бактеріологічних дослідженнях стічних вод установлено їх обсіменіння протеєм, синьогнійною паличкою, стафілококами, патогенною кишковою паличкою, шигелами, сальмонелою і вірусами.

Індустріалізація сільського господарства супроводжується значним збільшенням споживання енергії. За різними оцінками споживання енергії при виробництві продуктів харчування складає 10-20% від загальнонаціонального споживання. Витрати енергії при примітивному натуральному господарюванні складали близько 2 ГДж/га на рік, у багатогалузевому господарстві розвинутих країн – 12-15, а у високоінтенсивному землеробстві розвинутих країн – 15-20

ГДж/га на рік. При досягненні витрат в енергії в 13-15 ГДж/га на рік починаються негативні для навколишнього середовища наслідки: евтрофікація водойм, інтенсивна ерозія, посилений змив хімічних сполук у ріки, засолення полів і т.д. Поява цих негативних явищ вимагає нових витрат енергії для їхньої нейтралізації. Виникає замкнуте коло: витрати енергії вимагають все нових і нових енергетичних витрат. Тому енергетична ефективність агропромислового виробництва при переході до інтенсивних методів знижується.

Альтернативні системи землеробства і тваринництва

Альтернативні системи в рослинництві і тваринництві керуються екологічним імперативом і включають три основні компоненти:

а) найбільш доцільні способи використання ресурсів;

б) відтворення ресурсів і охорона їх від виснаження;

в) заборона на внесення в агросистеми будь-яких ксентобіотиків. Розробка конкретних технологій альтернативного землеробства триває вже близько 30 років. За станом на 1995р у країнах Європейської співдружності частка площ альтернативного землеробства складала 0,9% площі ріллі в цих країнах. Залежно від конкретних рішень в альтернативному землеробстві склалося кілька основних напрямків.

Біологічне землеробство. Як самостійний напрямок біологічне землеробство було запропоноване Лемер-Буше в 1964 р. Воно передбачає відмовлення від застосування мінеральних добрив, пестицидів і інших синтетичних хімічних препаратів. Родючість ґрунтів підтримується винятково за рахунок внесення органічних добрив: гною, сидератів (спеціально вирощені зелені рослини, що заорюються в ґрунт для збагачення її азотом і органічними речовинами – люпин, серадела, буркун тощо) і т.п. Гній для прискорення мобілізації живильних речовин обов'язково компостують, при цьому він піддається аеробному розкладанню. Гній і сидерати для поліпшення контакту з повітрям вносять у ґрунт лише поверхово. Перелік засобів боротьби з бур'янами і шкідниками обмежується нетоксичними і слаботоксичними речовинами. Перевага віддається біопрепаратам: відварам піретруму, тютюну, кропиви, полину, хвощу. Велике значення в біологічному землеробстві відводять дотриманню сівозмін.

Органічне землеробство. Ця система — американський варіант біологічного землеробства і принципово від нього не відрізняється: також виключається застосування мінеральних добрив і пестицидів, але екологічні вимоги менш тверді. Заборона на застосування мінеральних добрив обмежується лише роком, що передує збору урожаю на даному полі.

Органо-біологічне землеробство ґрунтується на роботах Х.Валячи і

Х.Мюллера, і особливо популярне в країнах Західної Європи. З погляду екології це найбільш продумана система, що дає можливість контролювати природність кругообігів речовини в агроекосистемах кожного окремого господарства. Біологізація виробництва в цій системі досягається за рахунок максимального стимулювання діяльності ґрунтової мікрофлори. Для цього сівозміни насичують бобовими культурами і кормовими злаками. Гній і дозволені до застосування несинтетичні добрива (томасшлак, доломіт, вапняк) вносять лише поверхово. У деяких господарствах застосування синтетичних мінеральних добрив заборонене цілком і навіть гній купують лише на тих фермах, які самі працюють у системі альтернативного землеробства.

Біодинамічне землеробство. Основні ідеї цієї системи були закладені в публікації Р.Штайнера у 1924р, що містила багато оригінальних елементів. Біодинамічне землеробство орієнтується, насамперед, на використання біоритмів, властивих Землі і космічному простору. Ретельно враховуються також місячні цикли. Ця ідея перегукується з роботами О.Л.Чижевського (1976). Нині біодинамічне землеробство активно розвивається в країнах Західної Європи й іноді дає непогані результати. Так, була перевірена залежність урожаю кукурудзи від 18- і 6-річних місячних циклів. Ця перевірка довела, що піки максимальних урожаїв справді повторюються через кожні 18-19 років і охоплюють 5—8-річні цикли, що йдуть послідовно і відповідають часу мінімальних місячних деклінацій (магнітне відмінювання – відхилення магнітної стрілки від географічного меридіану). Раціональна рекомендація біодинамічного землеробства щодо застосування для удобрення ґрунту борошна з водоростей, що містять багато мікроелементів, у кількостях до 600 кг/га. Разом з тим ця система включає використання особливих біодинамічних компостних препаратів з рослин (кропива, хвощ, пижма, валеріана), заготівлю і виготовлення яких варто проводити в строго визначений термін, що передбачаються розміщенням небесних тіл, які і забезпечують "активування" цих компонентів. Ця частина біодинамічного землеробства у прихильників традиційних технологій викликає великі сумніви.

Екологічне землеробство. Цей напрямок виявляється досить аморфною групою технологій і ідей, що передбачають ті чи інші способи екологізації землеробства. Стикується система ANOG — комітету з вирощування овочів і фруктів із природними властивостями. Систему засновано на дотриманні сівозмін, що повинні забезпечувати природне збереження родючості ґрунтів. Додатково сівозміни насичують бобовими культурами, підбираючи рослини з кореневими системами різної глибини. Нерідко одне-два поля відводять під сидератори, що заорюють не тільки восени, але і навесні.

Оброблення ґрунту в екологічному землеробстві мінімізоване. Воно полягає в розпушуванні, безвідвальній оранці, дискуванні. Боротьбу з бур'янами

проводять переважно механічними і біологічними методами. Наявність деякої кількості бур'янів у посівах в екологічному землеробстві вважають навіть позитивним явищем, оскільки воно знижує ерозію ґрунту.

Звичайно ферми, що працюють у межах альтернативного землеробства, не дотримуються строго однієї з цих систем, а використовують об'єднання окремих елементів декількох з них. Так, в Англії на початку 80-х років біоферми займали площу 2400 га, дотримувалися чотирипільних сівозмін і використовували як добриво гній, солому, фосфорит, морські водорості та інші "натуральні" речовини. Об’єми вироблюваного продовольства у всіх системах альтернативного землеробства поки що невеликі: у США — 2,4% вироблюваного продовольства, у країнах Західної Європи — 0,1-0,8%. В основному це пояснюється низькою економічною рентабельністю таких господарств, хоча ціни на біологічно чисту продукцію в 1,5-2 рази вищі за звичайну. Не вирішено проблему боротьби з бур'янами і шкідниками, особливо коли невеликі по площі ферми з альтернативним землеробством оточені масивами земель із інтенсивним веденням сільського господарства.

Прихильники альтернативного землеробства розуміли і розуміють, що повернення до екстенсивних методів ведення сільського господарства немає і бути не може. Для цього немає ні природних, ні соціальних умов. Потрібно створити принципово нову технологію, яка б задовольняла концепції одержання екологічно чистих продуктів в екологічно безвідходному виробництві за умов збереження чистим природного середовища.

У напрямку екологізації сільського господарства цікаві підходи до так званого компромісного землеробства. Розробка компромісного землеробства проводилася приблизно одночасно в країнах Західної Європи і Росії, починаючи з кінця XVIII ст., але воно одержало розвиток і визнання лише наприкінці XX ст. Ідея компромісу полягає у впровадженні і застосовувані способів впливу на поле і сільськогосподарські рослини таких прийомів, які б на додаток до максимізації виходу продукції запобігали або хоча б сповільнювали темпи втрати ріллею основної споживчої якості — родючості ґрунту і не приводили б до деградації природного середовища в агросфері.

Одним з досить добре розроблених варіантів компромісного землеробства є система адаптивного рослинництва.

Адаптивне рослинництво - це сукупність індустріальних сільськогосподарських систем з високою продуктивністю, що відповідають природним умовам і не порушують екологічної рівноваги. У таких системах скорочене застосування мінеральних добрив. В принципі адаптивне рослинництво повинне спиратися на сорти нового типу. Замість інтенсивних сортів на поля повинні прийти сорти адаптивні.

Адаптивний сорт повинен відрізнятися такими особливостями:

- мати велику екологічну пластичність і тому давати урожай при широкій амплітуді зміни умов;
- бути скоростиглим;
- мати високу конкурентноздатність щодо бур'янів і бути стійким проти шкідників і хвороб;
- давати високий хазяйський врожай тих частин рослин, що використовує людина — насіння, бульби і т.п.;
- реагувати на поліпшення умов вирощування;
- бути придатним для вирощування в суміші з іншими сортами чи навіть іншими культурними рослинами.

У США з'явився напрямок так званих "адекватних технологій" у сільському господарстві, що спираються на місцевий ресурс — сорт, породу. Під керівництвом Г.Набхана почала працювати програма "Пошук тубільного насіння", реалізація якої може допомогти повернути у виробництво "родинні" народні сорти, менш продуктивні, але завдяки внутрішній генетичній розмаїтості істотно більш стійкі до шкідників, бур'янів, хвороб і коливань режимів вирощування.

У сільському господарстві США прослідкується чіткий перехід до "аграрної економіки", під якою розуміють рослинництво і тваринництво, що засноване на природних системах. "Аграрна економіка" розвивається на противагу індустріальному сільському господарству.

Для забезпечення збереження природного середовища важливе ретельне дотримання рівноваги в агроекосистемах. Нормативи утримання тварин залежать від родючості ґрунту і типів його господарського використання.

Відповідно до балансових розрахунків для Східної Європи з урахуванням круговороту речовин у системі «ферма — гній — посіви - навколишнє середовище» на 1 га ріллі доцільно мати від 0,8-1,1 до 2,2-3,0 умовних голів худоби. Відхилення від цих параметрів завжди має однакові наслідки: дефіцит гною і деградація ґрунтів внаслідок заміни органічних добрив на мінеральні, чи деградація екосистем, викликана необхідністю інтенсифікації процесу кормовиробництва, а потім і деградація природного середовища.

Питання для самоперевірки

1. Структура агропромислового комплексу (АПК) країни.
2. Зв'язок АПК із навколишнім середовищем.
3. Наслідки сільськогосподарського використання ґрунтів.
4. Водоспоживання в АПК.

5. Можливі наслідки використання мінеральних добрив у сільському господарстві.
6. Наслідки використання пестицидів у сільському господарстві.
7. Вплив на навколишнє середовище тваринницьких комплексів.
8. Птахівництво і забруднення навколишнього середовища.
9. Шляхи зниження агротехнологічного впливу в сільському господарстві.

2.11. Військові об’єкти та об’єкти ракетно-космічної техніки

Військовий вплив на навколишнє середовище може виявлятися по трьох напрямках:

- впливи, пов’язані з функціонуванням військових підрозділів у мирний час (обслуговування бойової техніки, функціонування систем життєзабезпечення населених пунктів, польові навчання та випробування нових видів озброєння),
- впливи, пов’язані з функціонуванням підприємств військово-промислового комплексу,
- впливи, пов’язані з проведенням бойових дій.

На утримання армій і їхнє озброєння витрачаються величезні кошти. У 1978 р військові витрати всіх держав світу оцінювалися в 400 млрд. умовних одиниць, а в 1980 р вони зросли до 500 млрд. умовних одиниць на рік. Наприкінці сторіччя, незважаючи на закінчення холодної війни і зняття протистояння “соціалізм - капіталізм”, сумарні військові витрати у світі наблизилися до 1000 млрд. на рік.

У 1981 р на військові потреби у світі використовувалося близько 1% території Землі, що дорівнює площі 1,5 млн. км^2. Лише в колишньому СРСР під військовими об'єктами було зайнято 42 млн. га земель, з них 30 млн. га — під полігонами. Навіть у Німеччині, де екологічні пріоритети ставили дуже високо, звичайна площа одного заповідника була 120 га, а одного військового полігону — 8000 га (всього їх було 19).

В арміях світу служить близько 29 млн. чоловік, а ще 16 млн. працюють в галузях промисловості, що обслуговують армію.

Екологічно небезпечними територіями техногенного походження є військові об'єкти Міністерства оборони (полігони, аеродроми, навчальні поля, заправні пункти і склади паливно-змащувальних матеріалів - ПЗМ), площа яких коливається в окремих регіонах України в межах 5 – 15% від загальної. Через низьку екологічну надійність військові об'єкти являють собою значну загрозу для здоров'я людей. Характер впливу об'єктів військової діяльності на довкілля різко негативний, а саме:

- деструктивно-руйнівний механічний (полігони, навчальні поля, місця ракетного базування),
- радіоактивний (відходи з іонізуючим випромінюванням),
- фізичний (шумове забруднення),
- електронний і матеріально-компонентний (теплові та електромагнітні відходи, металобрухт),

- хіміко-токсикологічний (викиди і стоки стічних, промислових вод, газів, пилу, токсичних речовин в атмосферу, поверхневі води, ґрунти, нафтове забруднення і т.д.).

Забруднення підземних вод нафтою, нафтопродуктами та солями важких металів відбулося у військових гарнізонах міст Біла Церква, Запоріжжя, Кривий Ріг, Луцьк, Мелітополь, Миргород, Полтава, Прилуки й ін. (усього – 50).

У м.Біла Церква внаслідок господарської діяльності авіаремонтного заводу і складу ПЗМ військового аеродрому відбулося значне забруднення ландшафтів дендропарку «Олександрія». Практично знищене озеро і джерела парку, води яких містять важкі метали (хром, свинець, кадмій і ін.) у концентраціях, у 100-200 разів перевищуючих ГДК. На водних поверхнях плавали нафтопродукти, що досить часто самозаймалися.

На багатьох військових об’єктах спостерігається так звана «прихована» стадія забруднення, коли присутність нафтопродуктів у підземних водах виникає спорадично, залежно від часу року.

Потенційними джерелами забруднення компонентів підземної гідросфери є військові аеродроми, бази і склади паливно-мастильних матеріалів, місця базування Військово-морських сил України і Чорноморського флоту Росії, об'єкти стратегічних ядерних сил.

Наслідками багаторічного функціонування військових об'єктів і берегової інфраструктури є формування гідрохімічних і геохімічних аномалій, обумовлених діяльністю таких джерел специфічного забруднення як зарядка й експлуатація свинцево-цинкових і інших акумуляторів, планові скидання на поверхневий шар відкритих районів моря, так званих лляльних вод, несанкціоновані скидання відходів, що містять нафту із суден, аварійні розливи нафтопродуктів, витік речовин-забруднювачів у районах нафтогаваней, складів ПЗМ і т.д. Найбільш характерними забруднювачами морського середовища в місцях базування флоту є нафтові вуглеводні, феноли, поліхлоровані біфеніли, кадмій, свинець, мідь, цинк, ртуть. Наприклад, вміст міді і цинку в донних відкладеннях окремих районів базування флоту в 45 разів вищий, ніж в акваторіях портів Одеси і Маріуполя.

Великий збиток нанесли численні випробування ядерної зброї. За 40-річний період випробувань в атмосферу планети було викинуто близько 12,5т радіоактивних речовин. Кількість проведених випробувань величезна (див.табл.) За 45 років їх проведено 1799. В окремі роки ядерні вибухи гриміли на планеті кожні три дні.

Кількість випробувань ядерної зброї в середині XX сторіччя:

Роки	Держави					Всього
	США	СРСР	Англія	Франція	Китай	
1945-1989	921	624	42	178	34	1799

У період холодної війни місцем протистояння наддержав стали Арктика і Антарктика. У цих регіонах було проведено 508 пробних ядерних вибухів з викидом близько 26 млн.Ки Cs-137 і 20 млн.Ки Sr-90. У колишньому СРСР функціонували ядерний полігон "Об'єкт-700" на Новій Землі і ракетодром "Плесецьк" в Архангельській області. На Новій Землі було проведено 132 випробування ядерної зброї, у тому числі 87 вибухів в атмосфері і три - у воді. У 1961—1990 р.р. у Карському і Баренцовому морях було затоплено 11 тисяч контейнерів з радіоактивними відходами (переважно ядерне паливо підводних човнів).

Воєнна промисловість - одна з найбільш екологічно шкідливих. Для потреб воєнної промисловості проводять розробку родовищ корисних копалин, у величезних кількостях виплавляють такі метали як алюміній, нікель, залізо, платину. Добувають і переробляють радіоактивні речовини. На військові потреби витрачається 9% усієї світової продукції металургії. За даними США, для будівництва і розгортання однієї мобільної міжконтинентальної ракети потрібно 4,5 тис.т сталі, 2,2 тис.т цементу, 50 т алюмінію, 12,5 т хрому, 750 кг титану, 120 кг берилію. Воєнна промисловість багатовідхідна: військово-промисловий комплекс США щорічно дає 400—500 тис.т токсичних відходів. Майже безперервно знищують застаріле військове оснащення, що також пов'язано з забрудненням довкілля.

Заводи, що виробляють ядерну зброю, сильно забруднюють навколишнє середовище. Міністерство енергетики США офіційно визнало, що один завод, що виробляє ядерну зброю, у м.Хепворді став причиною радіаційного забруднення прилеглих територій усього лише в 14 разів меншого, чим аварія на Чорнобильській АЕС.

Очевидні економічні, моральні й екологічні збитки людської цивілізації від будь-яких воєн — великих або малих. Під час першої світової війни 1914—1918 р.р. загинуло 8 млн. солдат. Друга світова війна йшла на території 22,6 млн. км^2 і забрала 55 млн. людських життів (у тому числі більше 27 млн. радянських громадян). Внаслідок вибухів лише двох атомних бомб, скинутих на японські міста Хіросіму і Нагасакі, загинуло 140 тис. чоловік. Крім людських втрат на рахунку цієї війни радіоактивне зараження міст Хіросіма і Нагасакі, зруйновані заводи, шахти, житлові приміщення, знищені посіви. Уже після закінчення другої світової війни в локальних військових конфліктах до 1980 р загинуло 20-22 млн.чоловік. За період 1980— 1999 рр ця цифра буде не меншою.

Як спадщина від другої світової війни від фашистської Німеччини залишилося 290-300 тис.т отруйних речовин (ОР).Це такі, як табун, зарин, зоман, іприт, люїзит і фосген. Вони частково були поховані в шахтах і свердловинах, а частково - у Балтійському морі (близько 200 тис.т). Крім цього, союзники по другій світовій війні СРСР, США і Великобританія затопили в Балтійському морі й Атлантиці 120 тис.т бомб і снарядів з отруйними речовинами власного виробництва. Внаслідок цього в Балтійському морі в шести похованнях (двох радянських і чотирьох англо-американських) нині знаходиться 302 тис.т отруйних речовин. Оболонки контейнерів з цими речовинами іржавіють, і загроза потрапляння ОР у воду зростає з кожним роком, загрожуючи всьому живому в цих районах моря.

Яскравою ілюстрацією серйозних порушень природного середовища під впливом воєнних дій є локальні військові конфлікти середини і кінця минулого сторіччя. До них відносяться війна у В'єтнамі, воєнні дії в Афганістані, вторгнення Іраку до Кувейту, війна в Руанді, воєнні дії НАТО в Югославії і ряд інших "маленьких" воєн. Кожна з них принесла не тільки людські втрати, біль і страждання тисячам і тисячам родин, але і супроводжувалася глибоким руйнуванням біосферних структур.

Під час в'єтнамської війни США використали 55000 т гербіцидів, розпорошуючи їх над 1,11 млн. га лісів і посівів. Ця акція спричинила довгострокове порушення здоров'я багатомільйонного місцевого населення.

Військове вторгнення Іраку до Кувейту у 1991р і наступні воєнні дії США в цьому регіоні, що носили "миротворчий" характер, були порівняно короткочасними. Однак їхні наслідки виявилися тривалими і багато в чому необоротними. У Кувейті відбулося масове виливання нафти, що згодом зайнялась. Горіло 550 нафтових свердловин і за добу згоряло близько 10 млн. барелів нафти на загальній площі понад 1000 км^2. Усього за три місяці горіння нафти в атмосферу потрапило $3{,}5 \cdot 10^4$ т сажі. Унаслідок цього в Кувейті 75 % площі пустелі було покрито шаром попелу, що осів після згоряння нафти. Під час пожеж щодоби в атмосферу надходило 50 тис. т оксидів сірки, 3 тис. т оксидів азоту і 50 тис. т вуглекислого газу. Зниження прозорості атмосфери викликало в 1991р похолодання на 2,5-4°С в великому регіоні південно-західної Азії.

Горіння нафти в Кувейті викликало утворення таких стійких аерозольних шарів у верхніх шарах атмосфери, що у березні-червні 1991р вони були зафіксовані в штаті Вайомінг (США).

У Саудівській Аравії 560 км узбережжя було залито нафтою (на кожен 1м^2 пляжу приходилося 20кг нафти), на півночі країни під шаром нафти опинилося 90% солончаків. Нафта поступово просочується в ґрунт, досягає водоносних горизонтів і псує воду в колодязях. Біля узбережжя Кувейту Ірак навмисно скинув

1,7 млн. т нафти в Перську затоку, щоб перешкодити висадженню американського десанту. З ушкодженого нафтового термінала Мина Аль-Ахмаді витекло 1,5 млн. т нафти. Розлив нафти по акваторії привів до масової загибелі багатьох видів рослин і тварин; у мілководній Ормузській протоці нафта досягла донних відкладень і ще довго буде впливати на усі форми океанічного життя.

Війна в Перській затоці довела, що сучасні локальні військові конфлікти мають глобальні наслідки для природного середовища.

Не менш небезпечні хімічна і бактеріологічна зброя. Вона вироблялася і накопичувалась майже протягом усього XX ст. США лише в 1986 р загальмували його виробництво, а в 1987 р знову відновили. До 1990р тільки в США було вісім великих сховищ хімічної зброї, у яких знаходилося 40 тис. т нервово-паралітичного, гірчичного і бінарного газів у 500 тис. контейнерів. Сила впливу цієї зброї незмірна. Одного граму ботулотоксину досить для смертельного ураження восьми мільйонів чоловік. Окремі віруси і бактерії (чуми, сибірської виразки) ще небезпечніше.

Дія сучасної зброї масового ураження:

Показник	Термоядерна бомба, 29Мт	Хімічна зброя, 20 кг	Бактеріологічна зброя, 20 кг
Площа ураження, км^2	до 250	250	1000
Смертність, %	98	30	до75
Наслідки	радіоактивні опади на площі до 2500км^2	відсутні	епідемії

Деякі країни розробляють виключно екологічні способи воєнних дій, що впливають на природне середовище колосальних територій і вражають не стільки військові об'єкти, скільки цивільне населення.

Основні види екологічної зброї:

Вид дії	Наслідки
Штучний туман	Порушення видимості
Штучні хмари	Утруднення польоту літаків
Градоутворення	Порушення ліній електропередач і деяких споруджень
Штучні опади	Утруднення пересування техніки і людей, розмиви доріг, розливання рік
Зміна клімату у великих регіонах	Знищення екосистем і неможливість ведення сільського господарства
Штучні урагани	Руйнування будівель і споруд, людські жертви

Електромагнітне випромінювання	Людські жертви, загибель тварин
Знищення озонового шару	Нанесення збитку екосистемам і живим організмам на великих територіях
Руйнування дамб і зрошувальних систем	Затоплення території
Штучні повені	Затоплення території, збиток сільському господарству
Штучні землетруси	Руйнування будівель і споруджень, людські жертви
Розтоплення вічної мерзлоти	Осідання ґрунту, руйнування будівель і споруджень
Знищення рослинності	Порушення сільськогосподарського виробництва, загибель рослин і тварин

В ООН неодноразово вносили пропозиції, спрямовані якщо не на повну заборону воєн як явищ, то хоча б на можливе зменшення їх негативних екологічних наслідків. Це наступні пропозиції:

1. заборона використання природного середовища як екологічної зброї;
2. заборона виробництва і застосування типів озброєнь, що руйнують природне середовище, насамперед – хімічного і ядерного;
3. неприпустимість застосування засобів навмисного руйнування природного середовища, наприклад, гербіцидів для знищення лісів, що мало місце у війні США проти Південного В'єтнаму;
4. неприпустимість навмисного військового впливу на об'єкти, руйнування яких може викликати деградацію природного середовища, насамперед – АЕС і хімічних заводів;
5. заборона на розміщення військових об'єктів і воєнних дій на території природних національних парків, заповідників і заказників;
6. проведення військових навчань і розміщення військових підрозділів у мирний час таким чином, щоб не завдати шкоди природному середовищу;
7. повна заборона на використання ближнього і далекого Космосу у військових цілях.

Вплив на довкілля об’єктів ракетно-космічної техніки

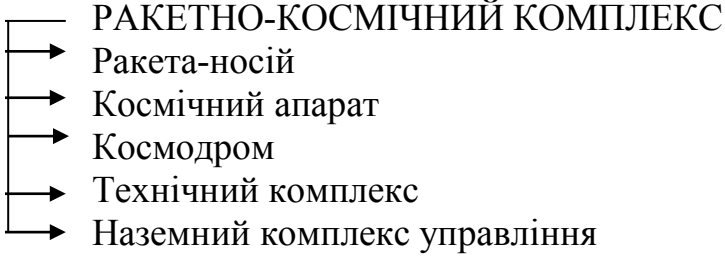
Експлуатація ракетно-космічних комплексів ставить ряд екологічних проблем, найважливішими з яких є:

- шкідливий вплив продуктів згоряння ракетних палив на атмосферу Землі;
- проблеми руйнування озонового шару Землі й електронного компонента в атмосфері;

- засмічення космічного простору фрагментами ракетно-космічної техніки;

- необхідність відчуження під райони падіння частин ракет-носіїв, що відокремлюються, по трасах їхніх спусків великих земельних територій.

Ракетно-космічний комплекс - це сукупність функціонально взаємозалежних космічних апаратів і наземних технічних засобів, призначених для самостійного вирішення задач у космосі і з космосу чи для забезпечення цих задач у складі космічної системи.



Цей комплекс включає ракету-носій (РН), космічний апарат (КА), технічний комплекс (ТК), стартовий комплекс (СК), засоби вимірювального комплексу космодрому і наземний комплекс управління (НКУ) космічним апаратом.

Космодром - це комплекс спеціально підготовлених земельних ділянок зі спорудженнями й устаткуванням, що забезпечують зборку, підготовку до пуску і пуск ракетно-космічних систем, виміру траєкторії їхнього польоту, видачу команд, а також прийом і обробку телеметричної інформації, що надходить. До складу космодрому також входять земельні чи водні ділянки для падіння частин ракет-носіїв, що відпрацювали, і для посадки космічних об’єктів, що повертаються. Космодроми призначені для підготовки і пуску ракетно-космічних систем різного класу і призначення. Це дозволяє концентрувати наукові й експериментально-дослідницькі роботи з ракетно-космічних програм, випробовувати різні види устаткування, експериментально відпрацьовувати окремі системи, найбільш ефективні склади ракетних палив і т.д.

За своєю структурою ракетно-космічна система найчастіше – це багатоступінчастий комплекс, що включає кілька ракетних блоків і корисний вантаж, яким може бути космічний корабель, космічна станція, штучний супутник планети, різного роду космічні апарати, призначені для функціонування на планетах і у космосі.

Ця космічна система надає корисному вантажу другу (11,19 км/с) чи третю (16,7 км/с) космічну швидкість. Блоки, що входять до її складу, здатні тривалий час знаходитися в космічному просторі і забезпечувати запуск ракетних двигунів в умовах невагомості.

Основною функцією ракети-носія є надання першої космічної швидкості

(7,9 км/с) корисному вантажу, забезпечуючи йому стан штучного супутника Землі. До складу ракети-носія може входити лише один ракетний блок. Одноступінчата ракета не здатна забезпечити швидкість, необхідну для здійснення космічного польоту. Для цього використовують багатоступінчасті (2 - 5 ступіней) ракети-носії, що дозволяють додати корисному навантаженню швидкість, більшу, ніж одноступінчата ракета тієї ж стартової маси, при однакових запасі палива і масі корисного навантаження.

В даний час більш десяти країн мають свої програми освоєння космосу. Серед них спроможні виводити апарати в космос за допомогою своїх носіїв Росія, США, Франція, Японія, КНР, Великобританія, Індія:

Країна	Космодром	Число РН (модифікацій)	Число СК (пускових установок)	Число монтажно-випробувальних корпусів	Максимальний вантажопотік на орбіту ШСЗ, т/рік	Проектна продуктивність СК, шт/рік	Основні задачі і призначення
Росія	Плесецьк	3	7(9)	9	130	570	Виконання пілотованих програм; оборонне, народногосподарське, наукове призначення (зв'язок, телебачення, геодезія)
Казахстан	Байконур	6	9(150)	14	153	2196	Виконання міжнародних програм; оборонне, народногосподарське, наукове призначення (зв'язок, телебачення, геодезія)
США	Східний випробний полігон	1(2)	2(2)	2	20	653	Оборонне, наукове призначення (зв'язок, телебачення, геодезія і т.д.) і комерційне призначення
	Західний випробний полігон	4(5)	6(7)	1	67	370	Те ж
	космічний центр ім.Дж.	3(4)	3(6)	1	50	360	Виконання пілотованих і міжнародних програм; оборонне, наукове призначення (зв'язок, телебачення, геодезія і т.д.) і

	Кеннеді						комерційне призначення
Китай	Чанченцзе Сичан	- 1	3(3) 2(3)	1 -	50 50	360 360	Наукове, комерційне й оборонне призначення Те ж
Франція	Куру	1(3)	3(3)	2	50	360	Наукове, комерційне й оборонне призначення
Японія	Утиноура Танегасима	2 2	3(3) 3(3)	1 1	50 50	360 360	Науково-дослідні і прикладні завдання Те ж
Індія	Шрихарикота	1	1(1)	1	50	360	Науково-дослідні і прикладні завдання

Сучасні ракети-носії досягають стартової маси до 3000 т і мають висоту понад 100 м. Для розміщення в них необхідних запасів палива (90% повної маси) конструкція ракет повинна бути надзвичайно легкою. Цього домагаються раціональними конструктивними рішеннями і відповідним вибором коефіцієнтів запасів міцності і твердості.

У польоті в міру витрати палива визначені частини ракети-носія стають зайвими, їх подальший розгін вимагає невиправданого споживання палива, і тому виникає доцільність створювати багатоступінчасті конструкції ракети-носія. Ступіні ракети відкидаються послідовно в міру витрати палива. Найбільш оптимальне число ступіней дорівнює трьом і рідше чотирьом.

Усі ракети-носії характеризуються порівняно малою масою конструкції і великою масою палива, що складає 85 - 95% стартової маси ракети-носія.

Розрізняють чотири класи ракет-носіїв:

Клас ракет-носіїв	Стартова маса, т	Корисне навантаження, т
Легкі	До 100	До 5
Середні	До 300	5 – 20
Важкі	До 1000	20 – 100
Надважкі	Понад 1000	Понад 100

У наступній таблиці наведені дані про стартову масу і корисне навантаження важких і надважких ракет-носіїв, які в момент старту надають найістотнішого екологічного впливу на всі шари атмосфери:

Найменування	Стартова маса, т/маса палива,т	Корисне навантаження, т	Кількість ступіней
Протон	600/500	20	3(4)
Енергія	2400/1806	100	2
Титан-СЛВ-5	630/548	20	2+2 прискорювачі
Спайс-Шаттл	2000/1806	100	2

Залежно від мети, поставленої перед космічним апаратом, його направляють у різні райони космічного простору. Аналіз цих районів показує, що експлуатація ракетно-космічної техніки (РКТ) пов'язана з впливом на природне середовище в масштабах як екосфери Землі (літосфера, атмосфера, гідросфера), так і Всесвіту (Сонячна система, Галактика). При цьому розрізняють локальний і глобальний впливи.

Аналізуючи техногенні фактори, що впливають на навколишнє середовище під час експлуатації виробів ракетно-космічної техніки, необхідно найбільшу увагу приділяти тим з них, що істотно відрізняються від властивих іншим більш розповсюдженим видам техніки, за фізичною природою, або за масштабами впливу. До таких факторів відносяться:

- принциповий характер можливого фізичного механізму впливу на навколишнє середовище;
- масштаби можливого впливу (локальні чи глобальні);
- середовище, на яке впливає ракетно-космічний комплекс (суша, водні акваторії, атмосфера, навколоземний космічний простір);
- характер впливу (довгостроковий чи короткочасний).

Можливість глобального впливу РКТ на природу Землі обумовлюється:

- по-перше, тим, що траєкторія руху носіїв при виведенні космічного апарату проходить через усі шари атмосфери над територіями регіонів, які знаходяться на значних відстанях від місця старту,
- по-друге, тим, що космічні апарати й останні ступіні ракет, виведені на орбіти при гальмуванні у верхніх шарах атмосфери, при неповному їхньому згорянні в атмосфері є загрозою для величезних територій на поверхні Землі, а ті з них, що можуть тривалий час існувати в навколоземному космічному просторі, засмічують його після припинення свого активного існування, являючись загрозою для знову виведених апаратів.

До глобальних факторів екологічного впливу можна віднести:

- викиди продуктів згоряння в атмосферу (у тому числі токсичних для живої природи речовин) при роботі ракети-носія на активній ділянці;
- згоряння в атмосфері ступенів ракети-носія, що відпрацювали, і космічного

апарата;
- засмічення навколоземного простору фрагментами відпрацьованих виробів (космічний апарат, останні ступіні ракети-носія, окремі елементи конструкції);
- падіння в незапланованих точках відпрацьованих елементів конструкцій (наприклад, ракети-носія), або космічного апарату в аварійній ситуації.

До глобальних факторів впливу можна віднести:
- протікання компонентів палива під час його транспортування до місця заправлення і безпосередньо при заправленні (це відноситься до токсичних компонентів);
- штатне падіння ступенів ракети-носія, що відпрацювали;
- поширення звукового тиску й ударної хвилі при зниженні ракети-носія;
- викиди продуктів згоряння при стендовому випробуванні двигунів.

Основними етапами підготовки і виконання космічних польотів, що визначають ступінь матеріальних і фізичних факторів впливу на екосферу і навколоземний простір, є:
- будівництво й експлуатація космодромів;
- передстартова підготовка й обслуговування;
- активна і пасивна ділянки польоту;
- корекція і маневрування космічного апарату на траєкторії польоту;
- довиведення космічного апарату з проміжної на робочу орбіту;
- політ і маневрування космічного апарату в космічному просторі і повернення на Землю.

У ракетній техніці основним видом палива є хімічне, тобто таке, яке в результаті хімічної реакції окислювання, чи розкладання рекомбінації утворює високотемпературні продукти, що створюють реактивну тягу при своєму витіканні з ракетного двигуна.

Залежно від агрегатного стану компонентів хімічні ракетні палива підрозділяють на рідке - для рідинних ракетних двигунів (РРД), тверде - для ракетних двигунів на твердому паливі (РДТП), а також гібридне. В даний час широко вивчаються желеподібні і тиксотропні палива.

Для ракет-носіїв характерне застосування рідкого двокомпонентного палива:

Паливо		Масове співвідношення компонентів палива	ГДК, мг/м^3
Окислювач	Пальне		
Кисень рідкий	Водень рідкий	5,56	-
	Гас	2,73	300
	НДМГ	1,92	0,1

Тетраоксид діазоту ГДКсд=5мг/м^3	НДМГ	2,92	0,1
	Аерозин-50	2,13	0,1
	Гідразин	1,44	0,1

Як окислювач у рідких ракетних паливах використовується рідкий кисень, тетраоксид азоту, а як пальне – несиметричний діметилгідразин (НДМГ), суміш НДМГ з гідразином (аерозин), вуглевододневі пальні типу гасу, водень.

Рідкі ракетні палива токсичні (ГДК від 0,1 мг/м^3 для гептилу, гідразину й аерозину до 300 мг/м^3 для гасу), пожежнонебезпечні, корозійно активні і мають підвищену летючість і випаровуваність. (ГДК ракетного палива типу «гептил» у повітрі дорівнює 0,1 мг/м^3, а на поверхні металу – 0,4 мг/м^2).

Палива на основі рідкого кисню. У початковий період розробки РРД широко застосовувалося паливо “рідкий кисень - етиловий спирт”, що надалі було замінено парою “рідкий кисень – гас”. Паливо “кисень – гас” є дешевим і надійним, воно добре освоєно у виробництві й експлуатації. На цьому паливі звичайно працюють РРД великої тяги. Застосовується на ракетах-носіях «Енергія» (Україна), «Восток», (Росія), «Торад-Дельта», «Атлас - Центавр» (США), серія N (Японія).

Палива на основі тетраоксиду діазоту. При необхідності тривалого зберігання палива найбільш широко використовуються: тетраоксид діазоту (ДТ) - несиметричний діметилгідразин (НДМГ) і тетраоксид діазоту - суміш НДМГ з гідразином у співвідношенні I:I. Ці палива використовуються на російському носії «Протон», носії КНР «Великий похід», європейському «Ариан» (ДТ - НДМГ), носіях США «Титан», «Дельта» (ДТ - Аерозин).

Тверді палива. Відносяться до класу унітарних, тобто утримуючих пальне в суміші з окислювачем. Як окислювач звичайно використовується перхлорат амонію, полімеризований з пальним сполучним на основі полібутадієну і його модифікацій. Для поліпшення енергетичних показників у паливо додається метал, звичайно алюміній.

У сучасних ракетних двигунах на твердому паливі найбільш широко використовують гетерогенні тверді палива, це механічна суміш твердих дрібних часток окислювача, порошку металу або його гідриду, рівномірно розподілених в органічному полімері, що є пальним і одночасно сполучним для твердих компонентів. Як окислювач застосовують багатокисневі солі азотної, хлорної кислот, а також вибухові органічні нітросполуки. Найбільш широко як окислювач застосовують перхлорат амонію:

Перхлорат амонію NH_4C1O_4 (окислювач)	69,60%
Порошок алюмінію	6,00%
Синтетичний каучук PBAN (сополімер полібутадієну, акрилоніт-	12,04%

рилу й акрилової кислоти)
Оксид заліза (каталізатор швидкості горіння) 0,4
Епоксидна смола (агент полімеризації) 1,96%

Склад продуктів згоряння залежить як від складу вихідного палива, тобто хімічної природи пального і окислювача, так і від співвідношень між ними. Продукти згоряння являють собою суміш різних газів, нагрітих до 3300 – 4300˚С.

Виходячи зі складу палив, можна вважати, що продукти згоряння, наприклад, рідких ракетних палив у камері будуть складатися з CO_2, H_2O, CO, NOx, OH^-, N_2, H_2, N, H, O; для твердого ракетного палива - з $A1_2O_3$, N_2, H_2, HCl, CO, CO_2, H_2O при T = 1400 - 2500˚С.

Склад продуктів згоряння в камері може значно відрізнятися від складу продуктів на зрізі сопла через рекомбінацію продуктів.

Основний техногенний вплив під час передстартової підготовки проявляється у вигляді забруднення навколишнього середовища компонентами рідкого ракетного палива і їхніх випаровувань.

Стартом називають активну ділянку руху ракети-носія, на якій ракета зберігає стартове положення. Стартова ділянка характеризується потужним акустичним навантаженням як на ракету-носій і космічний апарат, так і на навколишнє середовище.

На утворення акустичного поля витрачається до 1% кінетичної енергії потоку газів. Частотний спектр шуму простирається від декількох герців до десятків кілогерців.

В даний час існує гіпотеза того, що запуск надважких ракет-носіїв служить стартовим імпульсом до великомасштабних коливань геофізичної системи, причому енергія коливань цієї системи перевищує енергію, що виділилася при згорянні ракетного палива. Один з видів коливань - це хвилі деформації земної кори, здатні спровокувати землетруси в найбільш напружених її ділянках, що знаходяться в зоні впливу запуску.

Викид продуктів згоряння із сопла супроводжується потужним променистим потоком у діапазоні видимих і інфрачервоних довжин хвиль. Щільність світлового потоку особливо велика для продуктів згоряння твердих ракетних палив.

Крім перерахованих факторів техногенного впливу на навколишнє середовище, на стартовій ділянці мають місце специфічні, найбільш значимі фактори впливу на атмосферу на активній ділянці польоту:

- це утворення ударних хвиль і стрибків ущільнення при русі РН, що досяг надзвукових швидкостей, і, як наслідок, газодинамічне збурювання атмосфе-

ри;
- руйнування озонового шару в стратосфері;
- зменшення концентрації заряджених часток в іоносфері;
- падіння ступіней ракети-носія, що відпрацювали, на Землю по трасах пуску і т.д.

При проруванні ракети-носія по траєкторії послідовно відокремлюються стартові прискорювачі, ступіні, що відпрацювали, головні обтічники, перехідні відсіки наступних ступіней і інші елементи конструкції, що падають на поверхню Землі уздовж трас запусків. Усі вони відокремлюються в різний час, розрізняються за масою, конфігурацією і кінематичним параметрам. Це приводить до значного розсіювання частин, що відокремлюються, по поверхні Землі. На місцевості на відстанях від місця старту до 800 км (при двоступінчастому) і до 2500 км (при триступінчастому виведенні) утворюються «плями» можливого падіння частин РН площею 1500 - 5000 км^2.

Оскільки кожний РРД має гарантований запас палива, що складає, як мінімум, 1 - 2% маси РН, зони падіння ступіней із залишком токсичного палива повинні бути визнані областями шкідливого впливу на навколишнє середовище. Для всіх діючих у даний час космодромів така площа Землі складає мільйони квадратних кілометрів.

У сліді ракети «Енергія» діаметром кілька сотень метрів озон руйнується повністю на всіх висотах практично миттєво. Вміст озону в стовпі діаметром кілька кілометрів на висотах 16 - 24 км спочатку зменшується на 15 - 20% через 2 год, а потім відновлюється. Хмара ракетних викидів в атмосфері через тиждень досягає декількох сотень кілометрів. Максимальне руйнування озону в хмарі відбувається на висотах 24 - 30 км приблизно через 24 дні після проходження РН. Одночасно в тропосфері й іоносфері відбувається утворення озону. Загальний вміст озону в районі пуску РН «Енергія» (у межах вертикального стовпа діаметром 550 км) знизиться через 24 дні на 1,7% або в масовому виміру зменшиться на 27 тис.т.

При польоті в іоносфері основний продукт згоряння важких ракет-носіїв, що працюють звичайно на киснево-водневому паливі, - вода. Оскільки на великих висотах вода відсутня, факт її появи виявляється фактором забруднення природного середовища, що представляє потенційну небезпеку порушення природної рівноваги.

На висотах 70 - 90 км, де найбільш низька температура, молекули води швидко конденсуються і змерзаються в кристалики льоду. У результаті можуть виникнути штучні хмари, подібні сріблистим, тим, що утворюють самий верхній хмарний шар в атмосфері Землі. На ще більших висотах в іоносфері спостерігається взаємодія водяної пари з іоносферною плазмою. У результаті утворю-

ються зони зі зниженою електронною густиною, що змінюють характер поширення радіохвиль різних частот. Це приводить до порушення зв'язку. Спостерігається також аномальне світіння.

Запуски важких космічних буксирів на киснево-водневому паливі можуть супроводжуватися викидом в іоносферу 10^{31} молекул H_2 і H_2O, що викликає утворення іоносферної діри площею до 20 млн.км^2. Залежно від геофізичних умов тривалість існування такої діри може досягати 1-16год. При регулярних запусках космічних буксирів із середньоширотних полігонів у північній півкулі в іоносфері може утворитися глобальний пояс шириною кілька тисяч кілометрів, де зменшення електронної концентрації складе 10%.

Кожний запуск у космос супроводжується утворенням на орбітах кількох десятків елементів і конструкцій супутників і ракет-носіїв, що відокремлюються. У результаті аварій і вибухів на орбітах супутників і останніх ступенів ракет-носіїв, зіткнень між супутниками і їхніми уламками, відшаровування теплозахисних покриттів, викидів рушійних установок і т.п. навколоземний простір швидко наповняється об'єктами штучного походження, що одержали назву «космічного сміття». За роки космічної ери на навколоземних орбітах було зареєстровано понад 20 тисяч космічних об'єктів штучного походження розміром більше 10см. Згідно до даних Служби спостереження за космосом США, на початок 1992 р. на навколоземних орбітах і в міжпланетному просторі загальне число об'єктів штучного походження, за якими ведуться спостереження, складає більше 7200. З них тільки 5% є функціонуючими ШСЗ (штучні супутники Землі), 23% - ШСЗ, що вичерпали свій ресурс, 10% - ступені ракет-носіїв, що відпрацювали. Інші 62% - фрагментарні залишки ракетно-космічних систем. У числі 7200 об'єктів 58 супутників (діючих і що відмовили) мають на борті в енергетичних і рушійних установках радіоактивні матеріали загальною масою більше однієї тонни.

Космічне сміття не обмежується тільки зареєстрованими об'єктами. Екстраполяція за допомогою математичних моделей показує, що число фрагментів розміром до 40мм складає понад 18 тисяч. Крім того, нагромадилося 50 - 70 тисяч часток розміром 1 – 2см. Кількість більш дрібних часток оцінюється десятками мільйонів.

Основна небезпека космічного сміття пов'язана з зіткненням орбітальних фрагментів з КА на космічних швидкостях. Наприклад, частка діаметром 0,5 мм, що летить у космосі, може пробити космічний скафандр, навіть якщо він виготовлений з багатошарового матеріалу. Найбільш висока концентрація фрагментів спостерігається в діапазоні висот від 300 до 1600 км, де імовірність зіткнення КА з дрібним осколком стала наближатися до імовірності зіткнення з метеоритом тих же розмірів. При досягнутому рості засмічення космосу імовір-

ність зіткнення станції типу «Мир» з небезпечним осколком розміром 10 мм і більше прогнозувалася в 2000 р. як один раз на 17 років, а в 2010 і 2020 вже як один раз на 7 років і на 2 роки, відповідно.

Одним з рішень проблеми, пов’язаної з техногенним впливом на навколишнє середовище на старті і проблеми скорочення районів падіння частин ракет-носіїв, що відокремлюються, є плавучі космодроми. Такий космодром створений і успішно експлуатується. Плавучий космодром «Одиссей» складається з гігантської напівзаглибленої платформи (довжиною 133 м, висотою 58 м і масою 65 тис.т), судна управління Sea Launch Commander і суден забезпечення, комплексу призначеного для комерційного запуску супутників. Витрати на його будівництво - 2 млрд.дол. Контрольні пакети акцій розподілені таким чином: Boeing - 40%, «Енергія» 25%, Kvaerner - 20% і «Южмаш» - 15%. Як ракета-носій використовуються ракети «Зеніт-2» конструкції українського НПО «Південне», при цьому третій ступінь «Зеніт-3SL» розроблено НПО «Енергія». На рік планується здійснювати 6 стартів, а в перспективі 8 - 10.

Сам комплекс базується біля острова Піднесення, що розташований безпосередньо в Тихому океані.

Питання для самоперевірки

1. Можливі шляхи військового впливу на навколишнє середовище.
2. Функціонування військових підрозділів у мирний час, впливи, що надаються навколишньому середовищу.
3. Впливи на навколишнє середовище, пов'язані з функціонуванням підприємств військово-промислового комплексу.
4. Впливи на навколишнє середовище, пов'язані із проведенням бойових дій.
5. Основні види екологічної зброї.
6. Структура ракетно-космічного комплексу.
7. Класифікація техногенних факторів, що впливають на навколишнє середовище при експлуатації виробів ракетно-космічної техніки.
8. Класифікація ракетних палив, вплив продуктів згоряння палив на навколишнє середовище.
9. Космічне «сміття», перспективи боротьби з ним.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аникеев В.А., Копп И.З., Скалкин Ф.В. Технические аспекты охраны окружающей среды. – Л: Гидрометеоиздат, 1982 – 255 с.
2. Аренс В.Ж. Скважинная добыча полезных ископаемых. – М.: Недра, 1986. – 278 с.
3. Бадяев В.В. Охрана окружающей среды при эксплуатации атомных электростанций. - М.: Энергоиздат, 1990. – 221 с.
4. Безопасность производственных процессов, Справочник. – М.: Машиностроение, 1985. - 448 с.
5. Бобков А.С., Блинов А.А., Родзин И.А. Охрана труда и экобезопасность в химической промышленности. - М.: Химия, 1997. - 427 с.
6. Борнацкий И.И. Производство стали. – М.: Металлургия, 1991. – 386 с.
7. Бородавкин П.П., Ким Б.И. Охрана окружающей среды при строительстве и эксплуатации трубопроводов. - М.: Недра, 1981. – 160 с.
8. Браун Н. Перспективные направления коксохимического производства. – М.: Металлургия, 1989. – 271 с.
9. Булатов А.И., Макаренко П.П., Шеметов В.Ю. Охрана окружающей среды в нефтегазовой промышленности. - М.: Недра, 1997. – 483 с.
10. Буцыкин А.М., Луцкий В.Г., Пономарев А.Г. Технология орошения животноводческими стоками. - М.: Агропромиздат, 1987. – 386 с.
11. Варенков А.Н., Костиков В.И. Химическая экология и инженерная безопасность металлургических производств. – М.: «Интермет инжиниринг», 2000. – 382 с.
12. Васильева И.Н. Экономические основы технического развития. – М.: 1995. – 157 с.
13. Владимирский Р.А., Гринберг А.М., Дрякина И.П. Технология важнейших отраслей промышленности. - М.: Высшая школа, 1985. – 356 с.
14. Волков Э.П. Контроль загазованности атмосферы выбросами теплоэлектростанции. - М.: Энергоатомиздат, 1986. – 315 с.
15. Вольфсон Г.Е., Ланкин В.П. Производство алюминия и его сплавов. Справочник. - М.: Металлургия, 1983. – 620 с.
16. Говорущенко Н.Я., Туренко А.Н. Системотехника транспорта (на примере автотранспорта). В 2-х частях. - Харьков, 1998.
17. Гончарук В.В., Страхов Э.Б., Волошинова А.М. Водно-химическая технология ядерных энергетических установок и экология. Справочник. - Киев: Наукова думка, 1993. – 448 с.
18. Горшков А.С. Технико-экономические показатели теплоэлектростанции. - М.: Энергия, 1974. – 240 с.

19. Гутаревич Ю.Ф. Охрана окружающей среды от загрязнений выбросами двигателей. - Киев: Урожай, 1989. – 223 с.

20. Данилевский В.В. Технология машиностроения. – М.: Высшая школа, 1984. – 264 с.

21. Джур Е.А., Вдовин С.И., Кучма Л.Д. Технология производства космических ракет. - Изд-во ДГУ, 1992. – 181 с.

22. Дичковська О.В. Системи технологій галузей народного господарства. - Київ: 1995. – 312 с.

23. Дуриков В.А. Радиоактивное загрязнение и его оценка. - М.: Энергоатомиздат, 1993. – 396 с.

24. Единая транспортная система. - М.: Транспорт, 1999. –302 с.

25. Елисеев А.Е. Охрана труда в агломерационном производстве. - М.: Металлургия, 1994. – 176 с.

26. Загрязнение среды стоками свиноводческого комплекса. - Рига, Зинатне, 1990. – 237 с.

27. Киндеревич А.В., Махмудов А.Г. Что происходит в «Саркофаге»? Альтернатива «Укрытию – II». Донецк: «Донбасс», 2001. –207 с.

28. Клименко Л.П. Техноекологія. – Одеса – Сімферополь: Таврія,– 2000. – 542 с.

29. Козлов Ю.С., Меньшова В.П., Святкин И.А. Экологическая безопасность автомобильного транспорта. - М.: «Рандеву – АМ», 2000. – 176 с.

30. Комар А.Г., Баженов Ю.М., Сулименко Л.М. Технология производства строительных материалов. - М.: Высшая школа, 1990. – 446 с.

31. Кононенко І.В., Овсянников Г.Г. Стан і перспективи розвитку пасажирського автотранспорту України на період до 2010 року. - Київ, 1999. – 151 с.

32. Кошелев А.А., Ташкинова Г.В. Экологические проблемы энергетики. - Новосибирск, 1989, - 425 с.

33. Крупа А.А., Городов В.С. Химическая технология керамических материалов. - Киев: Наукова думка, 1990. – 269 с.

34. Кудрин В.А. Металлургия стали. – М.: Металлургия, 1989. – 496с.

35. Лугина А.И. Еколого-економічні проблеми сільськогосподарського землекористування. - Київ: 1998. – 168 с.

36. Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Промышленно-транспортная экология. - М.: Высшая школа, 2001. – 296 с.

37. Мазур И.И., Молдованов О.И. Курс инженерной экологии. - М.: Высшая школа, 2001. – 510 с.

38. Маслов Н.Н., Коробов Ю.И. Охрана окружающей среды на железнодорожном транспорте. - М.: Транспорт, 1996. – 239 с.

39. Небабин В.Г. Системы технологий: экономические и экологические основы технологического развития. - Одесса: Изд-во ОИУМ, 1997. – 278 с.
40. Никифоров В.М. Технология металлов и конструкционные материалы. - Л-д: Машиностроение, 1987. – 363 с.
41. Николайкин Н.И. Основы экологии (для гражданской авиации). - М.: Транспорт, 1990. – 204 с.
42. Охрана окружающей среды. (Под редакцией Белова С.В.). М.: Высшая школа, 1991. - 345 с.
43. Очистка и рекуперация промышленных выбросов. – М.: Лесная промышленность, 1989. – 376 с.
44. Павлова Е.И. Экология транспорта. - М.: Транспорт, 2000, - 248 с.
45. Петриченко А.М., Суходольская Е.А. Чугун: настоящее и будущее. - Киев: Наукова думка, 1987. – 104 с.
46. Петров А.К. Технология деревообрабатывающих производств. – М.: Лесная промышленность, 1986. – 280 с.
47. Попов Л.Н. Общая технология строительных материалов. - М.: Высшая школа, 1989. – 352с.
48. Примаков С.Ф. Производство бумаги. – М.: Лесная промышленность, 1987. – 223 с.
49. Примаков С.Ф. Производство сульфитной целлюлозы. – М.: Экология, 1993. – 271 с.
50. Природоохранная деятельность на железнодорожном транспорте Украины: проблемы и решения. - Киев, Транспорт Украины, 2001. – 244 с.
51. Ресурсосберегающие технологии в производстве строительных материалов. Справочное пособие. - М.: Высшая школа, 1990. – 301 с.
52. Солодовник М.Д. Техногенная безопасность нефтегазовых коммуникаций. - М.: Недра, 1998. – 70 с.
53. Справочник по лесопилению. - М.: Экология, 1991. – 495 с.
54. Справочник по пестицидам. Гигиена применения и токсикология. - Киев: Наукова думка, 1986. – 432 с.
55. Стерман Л.С. Тепловые и атомные электростанции. - М.: Энергоиздат, 1982. – 456 с.
56. Стерман Л.С., Покровский В.Н. Физические и химические методы обработки воды на теплоэлектростанции. - М.: Энергоатомиздат, 1991. – 431 с.
57. Темченко А.Г. Ресурсозберігаючі технології гірничого виробництва. – Кривий Ріг: “Мінерал”, 2000. – 216 с.
58. Тишков Е.К. Экономический анализ природоохранной деятельности в производстве минеральных удобрений. - М.: Химия, 1992. – 144 с.

59. Тулин Н.А., Кудрявцев В.С. Развитие бескоксовой металлургии. - М.: Металлургия, 1987. – 207 с.

60. Уткин Н.И. Цветная металлургия, технология отрасли. - М.: Металлургия, 1990. – 447 с.

61. Царенко О.М. Еколого-економічні проблеми розвитку агропромислового виробництва. - Київ: Вища школа, 1998. – 294 с.

62. Царенко О.М., Нєсвєтов О.О., Кадацький М.О. Основи екології та економіка природокористування. - Суми, Університетська книга, 2001. – 326 с.

63. Черней Э.И., Постоловский Р.М., Сорока Н.П. Научные основы комплексного освоения недр. - Т.1, Ровно, 2002. – 859 с.

64. Черниченко Г.А. Развитие промышленного производства. Эколого-экономический аспект. – Донецк, 2001. – 319 с.

65. Ядерные энергетические реакторы. - Конспект лекций, ОГПУ, 1995. – 36 с.

Навчальне видання

Шаніна Тетяна Петрівна

ТЕХНОЕКОЛОГІЯ

Конспект лекцій

Підп. до друку Формат Папір
Умовн. друк. арк. Тираж Зам. №

Надруковано з готового оригінал-макету

Одеський державний екологічний університет 65016, Одеса, вул. Львівська, 15