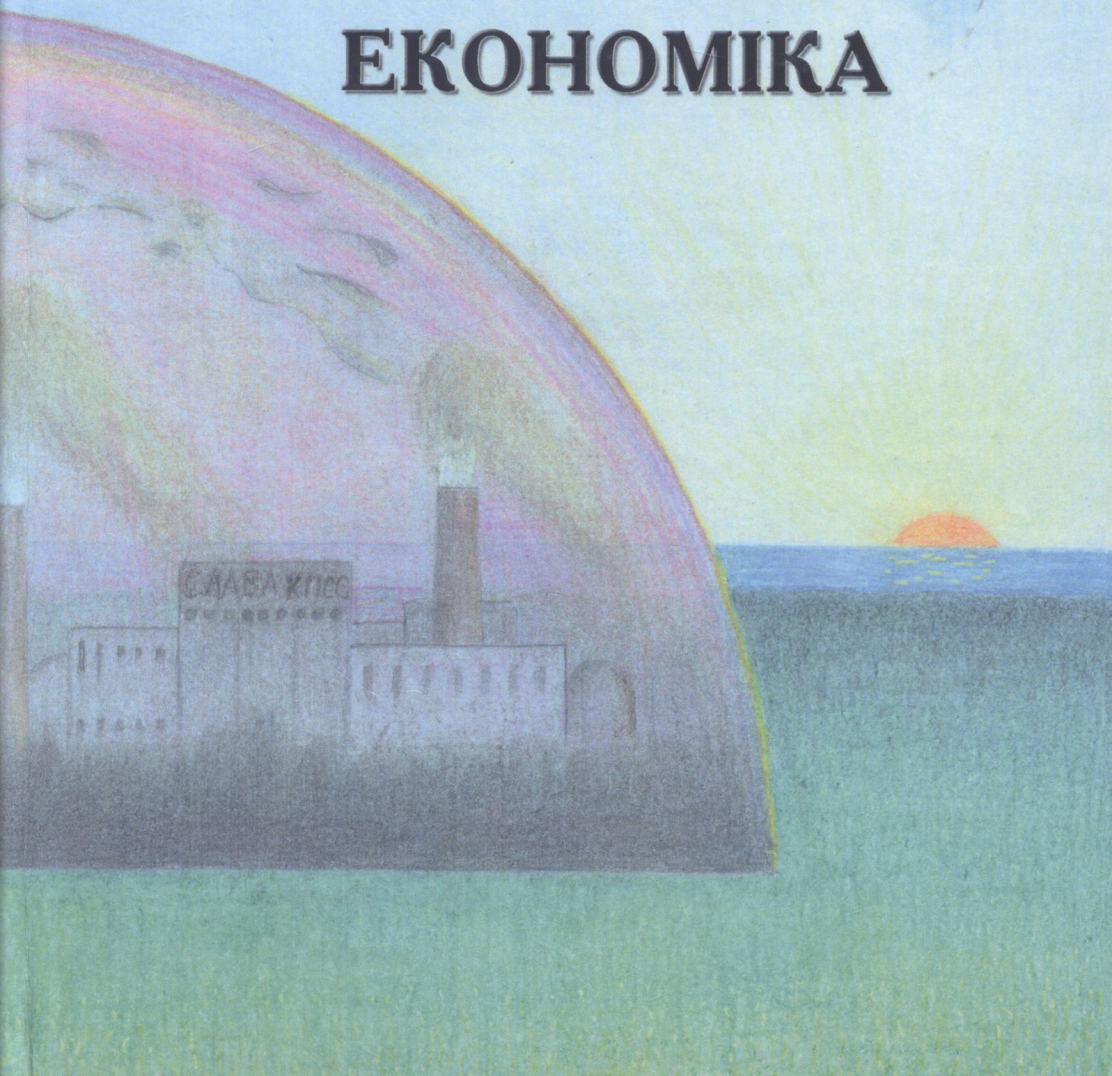


502/504

МЧ8

В. П. Мельник

АЛЬТЕРНАТИВНА ЕКОНОМІКА



502/504
М 48

В. П. Мельник

АЛЬТЕРНАТИВНА ЕКОНОМІКА

КНИГОСХОВИЩЕ

Івано-Франківськ
«НАІР»
2018

502/504+026.9+026.4

УДК 574.4:502.656

М 48

Мельник В. П.

М 48

Альтернативна економіка / В. П. Мельник. – Івано-Франківськ: НАІР, 2017. – 348 с.

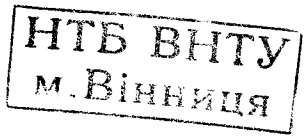
Альтернативна економіка – це така економіка, тобто економічна діяльність, яка має лише дружні стосунки з навколишнім середовищем. Людство впритул наблизилося до тієї межі, коли ігнорування проблемами екології стає загрозою існуванню земної цивілізації.

Розглядаються фізичні, хімічні і біологічні властивості елементів довкілля, різні напрямки господарської діяльності людини, які не мають негативного впливу на навколишнє середовище або зменшують свою згубну дію. Перш за все це стосується енергетики, базових галузей економіки, сільського господарства, туризму, переробки відходів та багато іншого. Розглядаються основні напрямки екологізації господарської діяльності, способи і технології зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

Книга призначається як навчальний посібник для студентів молодших курсів різних технічних спеціальностей, школярів, а також може бути корисною для широкого загалу читачів.

УДК 574.4:502.656

480604



© Мельник В. П., 2018 р.

Зміст

Вступ	5
Розділ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ЗЕМНОГО ДОВКІЛЛЯ	
1.1. Атмосфера	15
1.2. Гідросфера	27
1.3. Літосфера	35
1.4. Біосфера	40
1.5. Роль повітря в біосфері	49
1.6. Роль води в біосфері	54
1.7. Роль ґрунту в біосфері	59
Розділ 2. НООСФЕРА І ЕКОЛОГІЯ	
2.1. Поняття ноосфери	64
2.2. Еволюція біосфери і ноосфери	69
2.3. Економічний прогрес і екологія	76
2.4. Сучасний стан екології	82
Розділ 3. ЕКОЛОГІЯ І СУЧАСНЕ ВИРОБНИЦТВО	
3.1. Загальні екологічні проблеми	93
3.2. Екологізація енергетики	95
3.3. Екологізація видобування	109
3.4. Екологізація транспорту	112
3.5. Екологізація промисловості	119
Розділ 4. ЕНЕРГЕТИКА МАЙБУТНЬОГО	
4.1. Загальна характеристика	126
4.2. Підвищення ефективності використання вугілля	131
4.3. Пряме перетворення енергії	137
4.4. Метод МГД-генерації електроенергії	142
4.5. Воднева енергетика	146
4.6. Атомна і термоядерна енергетика	152
Розділ 5. НЕТРАДИЦІЙНА ЕНЕРГЕТИКА	
5.1. Загальна характеристика	158
5.2. Сонячна енергетика	166
5.3. Вітроенергетика	178
5.4. Біоенергетика	186

5.5. Гідроенергетика.....	204
5.6. Геотермальна енергетика.....	210

Розділ 6. ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ І ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ

6.1. Загальна характеристика.....	217
6.2. Наукові основи енергозбереження.....	224
6.3. Енергозбереження в промисловості.....	229
6.4. Використання новітніх технологій електронагріву.....	233
6.5. Енергозбереження в комунальному господарстві.....	239
6.6. Використання технічних і організаційних засобів.....	246
6.7. Деякі загальні рекомендації по енергоефективності.....	250

Розділ 7. ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННИХ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ

7.1. Загальна характеристика.....	255
7.2. Використання тепла вихідних газів.....	257
7.3. Використання тепла продуктів виробництва.....	262
7.4. Застосування теплових насосів і теплових труб.....	267

Розділ 8. ПЕРЕРОБКА ВІДХОДІВ

8.1. Загальна характеристика.....	272
8.2. Методи переробки осадів стічних вод.....	277
8.3. Процеси переробки твердих відходів.....	291
8.4. Утилізація і ліквідація відходів.....	298

Розділ 9. ЕКОЛОГІЧНЕ СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО І ТУРИЗМ

9.1. Загальна характеристика.....	307
9.2. Збереження родючості і обробка ґрунту.....	311
9.3. Добрива в органічному землеробстві.....	318
9.4. Сівозміни в органічному землеробстві.....	322
9.5. Екологічне тваринництво.....	325
9.6. Туризм як галузь екологічної економіки.....	327
9.7. Сільський туризм.....	331
9.8. Бджільництво як галузь екологічної економіки.....	333
9.9. Апітерапія.....	338

Література.....	343
-----------------	-----

Вступ

На всіх стадіях розвитку людство тісно пов'язане з навколишнім середовищем. Навколишнє середовище, докiлля, охоплює всю територію земної кулі у вигляді сфер: атмосфера, гiдросфера, літосфера. Особливий статус займає біосфера, яка пронизує всі інші три сфери і відіграє дуже важливу роль в стані докiлля. Біосфера – це відкрита термодинамічна система, в якій основним джерелом енергії служить сонячне випромінювання. Під дією сонячної енергії в результаті біосинтезу з вуглекислого газу в зелених рослинах утворюється органічна речовина. Існує ще поняття ноосфери, яка є найвищою формою розвитку біосфери і проявляється у вигляді колективного розуму людства планети Земля. Перехід біосфери до цього вищого стану був зумовлений господарською діяльністю людини.

З появою високоіндустріального суспільства небезпека впливу людей на природу значно збільшилася. Особливо гостро глобалізація проблеми почала проявлятися в кінці ХХ століття. Дійсно, ще не було такого, щоб населення планети подвоювалося лише за життя одного покоління. Ніколи раніше для його життєзабезпечення не потребувалася така кількість природних ресурсів. Ніколи раніше викиди в навколишнє середовище внаслідок діяльності глобальної світової економіки не були настільки грандіозні. Все це викликає нагальну потребу вирішення екологічних проблем, які призводять до значних економічних втрат, зачіпають інтереси всіх країн і народів і потребують співробітництва в загальнопланетарному масштабі.

Витрати невідновлюваних видів сировини збільшуються. Чим далі більше пахотних земель випадає з економічного використання і на ній будуються нові міста і підприємства. Людство все більше втручається в справи біосфери, яка останнім часом підпадає під зростаючий антропогенний вплив. Прогресує накопичення вуглекислого газу в атмосфері, що буде посилювати небезпечну тенденцію до підвищення середньорічної температури на планеті. Загрозливі масштаби хімічного забруднення навколишнього

середовища нехарактерними йому речовинами, такими як, наприклад, аерозольні забруднення промислового і побутового походження. Викликає занепокоєння екологічне забруднення Світового океану нафтою і нафтопродуктами, що може викликати суттєві порушення газо- і водообміну між гідросферою і атмосферою. Не викликає сумніву загроза наслідків забруднення ґрунту пестицидами, що призводять до розпаду екосистеми.

Отже, основна проблема сучасності – забруднення навколишнього середовища. Існує три основні джерела забруднення атмосфери: промислові підприємства, енергетика і транспорт. Джерелами забруднення є металургійні підприємства, які викидають у повітря оксиди азоту, сірководень, хлор, фтор, аміак, сполуки фосфору, ртуті і миш'яку; цементні заводи; теплові електростанції, які з димом викидають в атмосферу сірчистий і вуглекислий гази та багато інших. Шкідливі гази попадають у повітря внаслідок роботи транспорту, опалювання житлових приміщень, спалювання і переробки побутових і промислових відходів.

Господарська діяльність людини пов'язана з використанням величезної кількості органічного палива, накопиченого природою за мільйони років еволюції. Спалювання органічного палива призводить до небезпечних екологічних наслідків: забруднення атмосфери діоксинами сірки, окислами азоту, залишками вуглеводнів, золою. Викиди вуглекислоти ведуть до парникового ефекту, потепління клімату планети і підвищення рівня Світового океану. Проблема посилюється вирубкою лісів – основних переробників вуглекислого газу в атмосфері.

Неефективне господарювання також веде до забруднення довкілля, хаотичного розповсюдження радіоактивних і інших небезпечних матеріалів, пестицидів, гербіцидів тощо, які загрожують здоров'ю людей і навколишньому середовищу. Кислотні дощі – це загроза деревам, дикій природі і будівельним спорудам. Забруднене повітря – це не лише респіраторні, але й такі небезпечні хвороби як рак і туберкульоз, що вбивають багато тисяч людей, призводять до мільярдних витрат на виконання оздоровчих програм, втрат продуктів харчування і врожайності. Особливо чутливими до забруднення повітря є діти і літні люди, які не мають жодного відношення до створення цих забруднень. Зменшення цих викидів в атмосферу потребує використання сучасних ефективних очисних споруд. Скорочення витрат та шкідливого впливу на довкілля може

бути досягнуто за рахунок впровадження нових нетрадиційних методів господарювання.

Значна частина споживання паливно-енергетичних ресурсів світу припадає на енергетику – базову галузь сучасної економіки. Підвищення ефективності роботи цієї галузі є основною умовою соціально-економічного розвитку кожної країни та підвищення якості життя її людей. Спалювання низькоякісних сортів палива шкідливо впливає на життєдіяльність людей, рослин і тварин. Реконструкція теплових електростанцій (ТЕС) з метою зменшення їхнього згубного впливу на довкілля вимагає постійної уваги з боку держави і повинна враховувати не лише економічність роботи, але й екологізацію навколишнього простору. У перспективі важливим напрямком є переробка вугілля і сланців у рідке паливо.

В традиційній енергетиці помітну роль відіграють гідроелектростанції (ГЕС). Проте резерви подальшого їх розширення практично вичерпані. Крім того, будівництво потужних ГЕС пов'язане з рядом несприятливих екологічних наслідків. Високі греблі часто призводять до затоплення величезних земельних площ, заболочення берегів, зниження якості ґрунтів. В стоячій воді відбувається замулення і забруднення води, згубне для риби. Врешті решт відбуваються незворотні зміни рівноваги, що складалася протягом геологічних епох в земній корі.

Альтернативою спалюванню органічного палива вважається атомна енергетика. Ядерне паливо, яке широко використовується в реакторах на теплових нейтронах, – уран. Але він є також вичерпний. Крім того, ще не повністю вирішена проблема безпечного захоронення і переробки відпрацьованих матеріалів.

Наука працює над освоєнням термоядерного енергетичного синтезу легких елементів, що дасть людству практично необмежені енергетичні ресурси в перспективі. Але в наш час проблема використання реакції термоядерного синтезу на практиці ще не вирішена. Високі температури поки що не дають можливості використовувати керований термоядерний синтез в енергетиці. Існують і інші напрямки майбутнього розвитку енергетики.

У світовій економіці в останні роки спостерігається тенденція переоцінки енергетичної політики в зв'язку з реальними перспективами наявних запасів органічного палива, що безпосередньо впливає на його вартість, а отже і енергетичну безпеку країн. Відбувається переоцінка власних доступних ресурсів

для сфери споживання. До цих ресурсів відносяться і відновлювані джерела енергії: сонячна радіація, енергія вітру, річок та водостоків, морських хвиль, геотермальна і розсіяна теплова енергія води морів і водоймищ, біомаси, побутових і сільськогосподарських відходів та відходів промисловості. Основними перевагами відновлюваних джерел енергії є їх невичерпність та екологічна чистота, їхнє використання не змінює енергетичного балансу планети. Економічний потенціал відновлюваних джерел енергії в усьому світі в 2 рази перевищує обсяг річного споживання всіх видів органічного палива.

Широкого переходу на відновлювані джерела енергії не спостерігається лише з причини інерції промисловості та людей, які зорієнтовані на споживання органічного палива. Крім того, дуже часто переважає погляд про нестабільність деяких відновлюваних джерел та низьку густину концентрації енергії. Порівняно висока ціна використання нетрадиційних видів енергії – явище тимчасове, вона має стійку тенденцію до зниження завдяки удосконаленню технології. Застосування відновлюваної енергії значно підвищує безпеку енергопостачання, покращує соціальну та екологічну ситуацію в регіонах. Скорочення імпорту дорогих енергоносіїв дає можливість зменшення залежності від інших держав, підвищує енергетичну безпеку і попереджає виникнення енергетичної кризи.

Основні технічні і економічні причини, які викликали бурхливий інтерес у світі, особливо наприкінці ХХ століття, до нетрадиційних і поновлюваних джерел енергії, пов'язані з принциповими техніко-економічними проблемами традиційної енергетики (в першу чергу, теплових і атомних електростанцій). Це швидке вичерпання природних ресурсів, забруднення навколишнього середовища, різке підвищення капітальних і експлуатаційних витрат при запровадженні перспективних технологій ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів.

Використання поновлюваних джерел енергії дає можливість не лише покращити екологічний стан шляхом зменшення викидів парникових газів, але і забезпечити енергетичну безпеку регіонів, що не мають достатніх паливно-енергетичних ресурсів, зберегти обмежені запаси власних енергоресурсів, розвинути власну промисловість нових прогресивних технологій, розширивши можливості використання сировини (газу, нафти, вугілля) для неенергетичних напрямків. Необхідність розвитку нетрадиційних

джерел енергії обумовлена також можливістю децентралізації енергопостачання територій, доставка палива в які пов'язана з певними труднощами.

Виходячи з реальних потреб, у світі складається також тенденція до створення автономних джерел енергопостачання, розрахованих на найменших користувачів (будинки, котеджи, ферми, окремі підприємства, школи тощо), які можуть ефективно використовувати нетрадиційні енергоресурси. Особливо активно такі автономні системи енергопостачання розвиваються в Китаї, Індії, Південно-Африканських країнах, США, Скандинавії, Німеччині, Канаді та інших країнах.

Значна увага приділяється розвитку водневої енергетики і паливних елементів, як і інших видів нетрадиційної енергетики в Євросоюзі і США. Перспективним залишається варіант розвитку атомної енергетики. Але і атомна енергетика залежить від обмежених запасів урану і завдає суттєвої шкоди довкіллю своїми радіоактивними відходами. Обнадійливою перспективою уникнення енергетичної кризи в світі є освоєння термоядерної енергії, яка може стати невичерпним і екологічно чистим джерелом енергії на довгі роки. Найкращим термоядерним паливом міг би послужити ізотоп гелій-3. Але на Землі цей ізотоп практично відсутній, що змушує використовувати дейтерій. У великій кількості гелій-3 широко розповсюджений на Місяці. Тому США, наприклад, працюють над програмою колонізації Місяця. Але не всі країни мають економічні можливості здійснювати грандіозні проекти, тому вони роблять акцент на використанні простих і надійних джерел енергії.

Пріоритетним напрямком розвитку сучасної енергетики є освоєння альтернативних технологій виробництва енергії, екологічно чистих і ефективних. Для цього необхідно подолати ряд серйозних технічних, економічних і соціальних проблем. Поновлювана енергетика повинна не протистояти традиційній, а гармонійно її доповнювати. Лише комплексний підхід дозволить вивести сучасну енергетику на якісно новий рівень. Особливу увагу необхідно приділяти широким можливостям використання місцевих (регіональних) ресурсів. Найважливішими перевагами поновлюваної енергетики є невичерпність її енергоресурсів, екологічна чистота, відсутність паливної складової у вартості виробленої енергії, висока надійність, тривалі терміни експлуатації і значно менші витрати на експлуатацію обладнання.

Світовий досвід показує, що вже сьогодні ряд країн успішно вирішує проблеми свого енергозабезпечення на основі розвитку нетрадиційних і поновлюваних джерел енергії. Урядами цих країн законодавчо встановлені різні пільги для виробників «зеленої» енергії. Але вирішальний успіх нетрадиційної енергетики визначається в решті решт її більш високою ефективністю у порівнянні з енергоустановками паливної енергетики. Розвиток технічної і законодавчої бази нетрадиційної енергетики в умовах стійкої тенденції зростання вартості паливно-енергетичних ресурсів уже сьогодні визначає техніко-економічні переваги використання поновлюваних енергоресурсів. Звісно, в перспективі ці переваги нетрадиційного напрямку будуть зростати, розширюючи область його використання і збільшуючи його вклад у світовий енергетичний баланс.

Недооцінка значення поновлюваних джерел енергії в перспективі веде до відставання країни в цій галузі. Тому держава має приймати активну участь у плануванні розвитку вітроенергетики і створювати вигідні умови для вкладання капіталу приватних підприємств. Має бути створений спеціальний департамент, який би здійснював планування розвитку екологічної економіки, розробку міроприємств економічного стимулювання для заохочення інвесторів і кредиторів, визначав найбільш перспективні об'єкти першочергового будівництва, виконував сертифікацію обладнання та ін. Необхідно прийняти відповідну законодавчу базу, яка б, наприклад, передбачала звільнення від податків на прибуток перші декілька років після завершення будівництва, від податків з продажу, безмитне ввезення виробничого обладнання і запчастин, гарантування ціни продажу продукції, створення спільних підприємств у складі приватних інвесторів та ін.

Вичерпність мінеральних енергетичних ресурсів визначає необхідність проведення активної енергозберігаючої політики: реконструкції та модернізації електростанцій, ТЕЦ і котелень; реконструкції та розширення тепломереж, освоєння екологічно чистих джерел енергії, розробки комплексних програм інтенсифікації використання паливно-енергетичних ресурсів.

Показником розвитку економіки країни є рівень її енергооснащеності. Він потребує раціонального використання енергії, зниження її питомих витрат у всіх сферах людської діяльності. Цей показник отримав назву енергозбереження.

Виходячи з поняття енергозбереження виникає потреба обмеження використання матеріальних ресурсів непоновлюваних джерел енергії з метою їх заощадження майбутнім поколінням в якості дуже важливої сировини для виробництва хімічної продукції, ліків та різноманітних препаратів.

Збереження дотеперішніх темпів зростання споживання енергоресурсів неможливе, оскільки це веде до недопустимої енерговитратності нашого життя і неконкурентоздатності виробленої нами продукції. Суспільству необхідна розробка нових принципів узгодженого зростання матеріального виробництва, необхідного рівня енергозабезпечення життя людей і підтримки достатнього екологічного ресурсу (води, повітря, ґрунту).

Досягнення успіху в цьому напрямку потребує не лише підвищення кваліфікації фахівців усіх галузей виробництва, але й активної участі всіх прошарків суспільства. Суспільство має врешті зрозуміти, що високий рівень благополуччя – це не лише прогрес у споживанні матеріальних, енергетичних і інших благ, але й раціональне використання ресурсів. Воно вимагає виховання певної культури споживання людей, ефективного використання природних і енергетичних ресурсів в інтересах нинішніх і майбутніх поколінь. Звичайно, масштаби і види джерел енергії визначаються фінансовими можливостями кожних конкретних споживачів, незалежно чи це юридична, чи фізична особа, але кожен на своєму місці має навчатися мистецтву економії енергоресурсів без надання шкоди власному благополуччю. Необхідний перехід до нового типу відносин: за всі витрати на енергію, товари, послуги має в кінцевому рахунку платити не виробник, а споживач, тобто кожен з нас, за цінами, які будуть постійно зростати в умовах підвищення вимог до збереження навколишнього середовища.

Однією з найважливіших ланок збереження біосфери є побудова нової системи землеробства на принципах енергозбереження і екологічної збалансованості. Досягнення цієї мети можливе лише за умов використання нових високопродуктивних і ресурсозберігаючих технологій з урахуванням їх регіональних особливостей, покращення фінансового стану сільськогосподарських виробників і матеріально-технічної бази сільського господарства.

Важливим стимулом пошуку нової моделі сільськогосподарського виробництва стало повсюдне розуміння спільнотами тих негативних наслідків, до яких призводить варварська експлуатація

природних ресурсів і забруднення навколишнього середовища, що відбулося на стані агросистем. Великого розповсюдження набули ерозія ґрунтів, перенесення родючого шару на дно водоемів, заболочення земель, виснаження запасів ґрунтових вод тощо. Отруєння природного середовища рештками мінеральних добрив і пестицидами створює безпосередню загрозу здоров'ю людини.

Вирішальне значення має відтворення природної біологічної системи ґрунту, рослин і тварин на основі єдності технологічних, біологічних, економічних і екологічних чинників, що потребує серйозних структурних змін. Вирішити цю проблему простим зниженням інтенсивності використання і навіть відмовою від використання мінеральних добрив і пестицидів або інтенсивною обробкою ґрунту уже неможливо. Потрібно створювати комплексну систему господарювання, в якій всі її елементи взаємопов'язані і взаємообумовлені. Вона повинна орієнтуватися не на отримання максимального ефекту в даний момент, а на збереження умов для стабільного забезпечення людства якісними продуктами харчування в довгостроковій перспективі.

Важливе значення має актуалізація питань екології землеробства, пов'язана з органічним сільським господарюванням. Протягом усієї історії розвитку сільського господарства людина намагалася знизити залежність від навколишнього середовища і змінити його в своїх інтересах, дуже часто виснажуючи природні ресурси. Але інтенсивний техногенний вплив на природу може стати причиною порушення взаємних природних зв'язків і руйнування системи докільля та загрозою для існування всього людства.

Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва при широкому і дуже часто необдуманому використанні мінеральних добрив, засобів захисту рослин, регуляторів росту, генетично модифікованих механізмів, енергоємних технічних засобів може бути причиною серйозних і незворотніх змін у навколишньому середовищі. Подібні зміни негативного характеру можуть проявлятися в деградації родючості ґрунту, зниженні якості вирощуваної продукції, забрудненні докільля і продуктів харчування.

Зростання вимог з боку споживачів в екологічно безпечних продуктах харчування вимагає від виробників практичної реалізації принципів органічного сільського господарювання. Перехід на екологічні (органічні) форми господарювання шляхом лише відмови

від використання мінеральних добрив, пестицидів та інших хімічних речовин приведе лише до скорочення врожайності культур і продуктів тваринництва. В основі методів ведення органічного сільського господарства повинен передбачатися системний підхід, який би унеможливив збитки в екологічній, економічній і соціальній сферах. Він має передбачати використання відповідної обробки ґрунту, сівозміни, засоби захисту рослин, добрив, селекцію рослин, вироблення концептуальної ролі тваринництва в організації сільського господарства.

Проте всього цього вже недостатньо, щоб змінити корінним чином становище в сільськогосподарському виробництві. Необхідна серйозна підтримка держави. Ні для кого не секрет, що наше село вмирає. Особливо це стосується сільськогосподарських районів північних і східних областей України. Селу потрібні дешеві кредити, нові дороги, школи, лікарні, заклади культури. Тільки після цього можна буде говорити про підвищення ефективності традиційних і створення нових галузей: органічного землеробства, технічних культур, біоенергетики, сільського туризму, лікувального бджільництва тощо.

Концепція екологічного туризму передбачає розвиток туристичної галузі на екологічній, соціальній і економічній основі. Екотуризм може бути ефективним засобом підвищення економічного розвитку менш розвинутих країн, які поки що недостатньо використовують свої природні багатства і біологічне розмаїття. Екотуризм тісно пов'язаний з багатьма іншими факторами природного, сільського або м'якого туризму.

Україна має дуже багато красивих природних пейзажів у Криму, Карпатах та інших регіонах, що можуть розглядатися як всевітньо відомі пам'ятники природи, які збереглися незважаючи на величезний антропологічний тиск. Приваблює туристів унікальне поєднання мальовничої природи, високої культури і стійкого сільського господарства. Ми маємо прекрасні національні і природні парки, охоронні території.

Невичерпним є в наших природних умовах ринок екотуризму серед працюючого сільського населення з високим рівнем доходів. Для цього необхідна тісна взаємовигідна співпраця підприємців з місцевою владою задля переведення інноваційних моделей в готові ринкові продукти стійкого бізнесу. Проте життєздатний екотуризм можливий лише при наявності зручної транспортної інфраструктури,

доброзичливої соціальної атмосфери і безпечного для здоров'я людей навколишнього середовища.

Лікувальне бджільництво є важливою ланкою як екотуризму, так і сільськогосподарського виробництва. Продукція бджільництва багатогранна і має дуже важливе значення. Мед – корисний продукт харчування і лікувальний засіб. Віск служить цінною сировиною багатьох галузей промисловості. Прополіс – незамінний продукт у виробництві лаків, у медицині і ветеринарії. Маточне молочко нормалізує обмін речовин, кровообіг і роботу серцево-судинної системи.

Особливо важливе значення в умовах сучасного сільськогосподарського виробництва має опилення медоносними бджолами ентомофільних сільськогосподарських культур. В районах інтенсивного землеробства бджільництво служить важливим резервом підвищення врожайності.

Розділ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ЗЕМНОГО ДОВКІЛЛЯ

1.1. Атмосфера

Атмосферою називається газоподібна оболонка планети, яка є важливим джерелом життя на Землі. Повітря атмосфери складається з декількох основних компонентів: азот (78,08%), кисень (20,95%), аргон (0,93%), вуглекислий газ (0,03%), а також у невеликих кількостях неон, гелій, метан, криптон, окис азоту, водень, ксенон, озон і радон. Крім того, в атмосфері присутні у змінній кількості водяна пара і вода (до 4%), пил і аерозолі. Загальна маса атмосфери складає 5270 трильйонів тон, що відповідає лише одній мільйонній маси Землі.

Перевага азоту в атмосфері пов'язана з його інертністю. У вигляді нітратів азот відіграє важливу роль в обміні речовин живих організмів. Кисень необхідний для дихання і горіння, він легко вступає в реакції з багатьма елементами. Вуглекислий газ є джерелом живлення зелених рослин. Крім того, він відіграє важливу роль у процесах поглинання і випромінювання тепла. Його концентрація в атмосфері постійно зростає внаслідок спалювання палива. За останні 100 років щорічні викиди вуглекислоти в атмосферу збільшилися майже в 20 разів. Кількість озону в атмосфері не перевищує 0,00004%, але він має виключно важливе значення завдяки здатності поглинання ультрафіолетової радіації сонячного випромінювання. Без озону життя на Землі було б неможливим, оскільки ультрафіолетове випромінювання спалило б усе живе за доли секунди.

Склад, температура, густина та інші фізичні характеристики атмосфери поступово змінюються з висотою. Умовно прийнято вважати, що границя атмосфери знаходиться приблизно на висоті 1000 км, хоча певні ознаки атмосфери можна виявити навіть на висоті 20 тис. км. За характером зміни температури і густини атмосферу поділяють на 5 сфер (рис. 1.1): тропосфера, стратосфера, мезосфера, термосфера і екзосфера. Густина повітря (крива 2) безперервно зменшується з висотою.

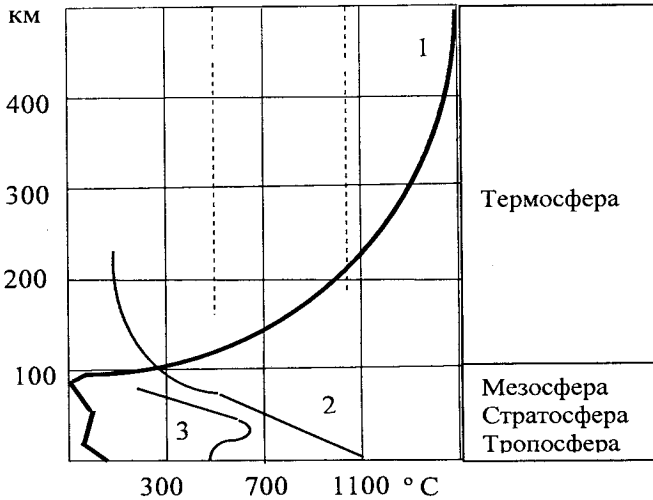


Рис.1.1

Найближча до поверхні землі тропосфера простягається до 20 км. Температура повітря в цій області з висотою падає до -62°C на екваторі і -45°C на полюсах (крива 1). Тропосферу і стратосферу розділяє шар товщиною до 1-2 км, що має назву тропопауза. В цій області утворюються потужні повітряні потоки зі швидкістю 150-300 км/год. Область стратосфери простягається до висоти 50 км.

Температура повітря в стратосфері з висотою збільшується. Нагрівання відбувається за наявності досить щільного шару озону, який є своєрідною сонячною батареєю, яка акумулює енергію випромінювання. Густина озонного шару змінюється з висотою нерівномірно (крива 3): в стратосфері вона досить різко зростає, а в мезосфері падає. Товщина цього шару також значно змінюється протягом року і залежить від широти. Над Антарктидою виявлена велика площа більше 1 млн. км², на якій протягом весни концентрація озону нижча за звичайну норму на десятки відсотків. Утворення "озонної діри" спричиняє зменшення прогрівання стратосфери в цьому місці, що вносить певні зміни в атмосферній циркуляції.

Озон безперервно утворюється і руйнується в результаті фотохімічних реакцій за участі кисню. Молекула кисню під дією

фотона ділиться на два атоми, один з яких стає активним. Атоми кисню в присутності сторонньої частинки, наприклад аерозолу, з'єднуються в молекулу озону. Надлишок енергії передається сторонній частинці. Молекули озону під дією ультрафіолетового випромінювання руйнуються значно легше, ніж молекули кисню. Через це утворення озону на значних висотах малоефективне за малої густини атмосфери і великої інтенсивності сонячного опромінювання. Зі зменшенням висоти швидкість процесу руйнування озону знижується, і шар озону стає густішим. При подальшому зменшенні висоти випромінювання стає дедалі слабкішим, що призводить до зменшення кількості атомарного кисню, а отже і швидкості утворення молекул озону.

Область стратосфери закінчується стратопаузою. В мезосфері температура знову падає і на висоті близько 80 км досягає -90°C . Після чергового проміжного шару, мезопаузи, розташована термопауза, в якій температура досягає $1300-1500^{\circ}\text{C}$ і далі практично не змінюється. Слід зазначити, що температура тут характеризує лише середню кінетичну енергію частинок, і тіло, що знаходиться в термосфері, не буде розігріватися до зазначених температур. Екзосфера (вище 500 км), зовнішня область атмосфери, поступово переходить в міжпланетний простір. При вивченні електричних властивостей високих шарів атмосфери використовують термін іоносфера. Ця область починається на висоті 60 км, де концентрація електронів різко зростає і на висоті 300 км досягає максимального значення.

Джерелом нагрівання атмосфери є сонячне випромінювання. Сонячне тепло затримується головним чином верхніми шарами, загалом атмосфера поглинає тепла мало. Основні газові компоненти атмосфери, азот і кисень, є фактично прозорими для променів Сонця, а такі компоненти як озон, водяна пара і вуглекислий газ поглинають ультрафіолетову частину спектру. Значно більше впливає на нагрівання атмосфери земна поверхня. Зміна густини потоку сонячної радіації описується співвідношенням

$$I = I_0 e^{-\mu z}, \quad (1.1)$$

де μ – коефіцієнт послаблення сонячного випромінювання, z – товщина шару атмосфери.

Проходячи в атмосферу, сонячні промені значно слабшають під впливом двох процесів: поглинання і розсіювання світла. Атом будь-якої речовини зазвичай знаходиться в найнижчому

480604

енергетичному стані, який називається основним. Отримуючи квант енергії, атом переходить у збуджений стан, в якому не може залишатись тривалий час. Звільняючись від надлишкової енергії, атом випускає фотон і переходить в основний стан. Кожний атом має свій енергетичний спектр поглинання. Так, наприклад, мінімальна кількість енергії, яку може поглинути атом водню, знаходячись в основному стані, дорівнює 10,2 ЕВ, наступне значення – 12,09 ЕВ і т. д.

Поглинання випромінювання молекулами – більш складний процес. Молекули наділені більшим числом ступенів свободи. Вони можуть обертатися і коливатися, поглинаючи чи випускаючи при цьому кванти енергії. Різниці енергетичних рівнів молекул дуже малі, зазвичай десь біля 0,01 ЕВ. Тому структура енергетичних рівнів молекул становить майже суцільну зону. Ось чому вуглекислий газ і водяна пара є також інтенсивними поглиначами інфрачервоного випромінювання.

Інший процес, за допомогою якого атмосфера поглинає частину енергії з потоку, що надходить з сонячним випромінюванням, – це розсіювання. Значення середньої розсіяної кількості енергії по відношенню до середньої енергії вхідного випромінювання пропорційна четвертій степені відносної частоти коливань. Оскільки частота голубого світла в 5 разів більша частоти червоного, то атоми і молекули атмосфери розсіюють голубі промені в 625 разів сильніше, ніж червоні. З цієї причини денне небо має синій вигляд через те, що біле світло, падаючи по нормалі, проходить менший шлях через атмосферу, ніж промені західного сонця, яке нам здається червоним. Втрати випромінювання на тертя проявляються у вигляді нагрівання атмосфери, і в глобальному енергетичному балансі вони відіграють не менш важливу роль, ніж відбиття сонячних променів.

Поглинання і розсіювання становлять єдиний процес акумулювання атмосферою енергії сонячного випромінювання. Перенесення енергії в атмосфері здійснюється як променями малої довжини, так і довгохвильовим випромінюванням земної поверхні і хмар. Розглянемо довільний горизонтальний шар атмосфери товщиною dz . В цей шар надходить промениста енергія сонця, яка поглинається, потоки довгохвильового випромінювання з боку верхніх шарів і землі, а також енергія випромінювання самого шару.

Баланс енергії в шарі з урахуванням турбулентності виражається формулою

$$\frac{dQ}{dz} = \alpha' \rho W + \alpha \rho (A + B - 2fE) + \frac{d}{dz} \left(\lambda \frac{dT}{dz} \right) \quad (1.2)$$

де α і α' – коефіцієнти поглинання короткохвильового і довгохвильового випромінювання, ρ – густина повітря, f – коефіцієнт зменшення випромінювання у порівнянні з абсолютно чорним тілом, λ – коефіцієнт турбулентної теплопровідності, T – абсолютна температура повітря шару.

Використовуючи розглянуту модель атмосфери можна розрахувати так звані солярні температури, тобто теоретичні середні температури протягом року для різних широт, вертикальний розподіл температури тощо.

На рис. 1.2 показаний тепловий баланс атмосфери.

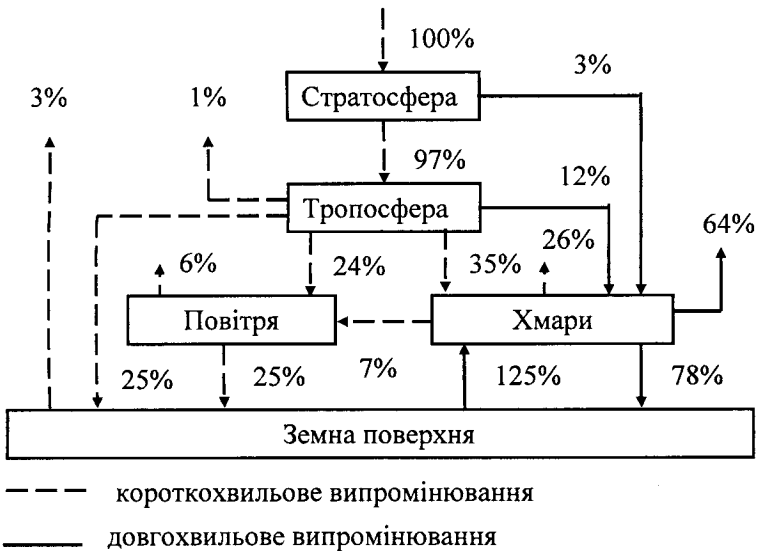


Рис.1.2

Зі 100% короткохвильового випромінювання Сонця, що досягає Землі, 3% поглинається в стратосфері і 13% – у тропосфері. Взаємодіючи з хмарами, 26% випромінювання відбивається назад в космос. Крім того, 1% додатково відбиває тропосфера, 6% – нижні

шари повітря і 3% – поверхня Землі. Таким чином, на долю прямої сонячної радіації, що досягає поверхні Землі, припадає загалом 25%. Щоб зберегти тепловий баланс, Земля має позбавитися зайвих 47% сонячної енергії, поглиненої її поверхнею. Оскільки температура земної поверхні відносно мала, випромінювання відбувається головним чином в довгохвильовій області спектру. Враховуючи ще довгохвильове випромінювання хмар, Земля повинна позбавитись загалом 125% тепла, з яких 98% надходить в атмосферу за рахунок інфрачервоного випромінювання земної поверхні, 22% – за рахунок конвекції і 5% – теплопровідності.

Розглянутий баланс енергії має місце завжди. Скільки Земля отримує енергії з космосу, стільки вона повинна і повернути її назад. Інакше тривале існування планети було б неможливим. Частина енергії атмосфери перетворюється в роботу руху повітря, яка в решті решт також переходить у тепло і випромінюється в космос.

Тиск – одна з найбільш суттєвих характеристик атмосфери. На кожний елементарний об'єм атмосферного газу діють, перш за все, сила тиску і сила земного тяжіння. В результаті газ розподіляється по висоті за певним законом, що має назву барометричний. У відповідності до цього закону густина атмосфери з висотою зменшується по експоненті. Оскільки температура атмосфери в різний час доби і в різних місцях різна, то і густина повітря змінюється з висотою по різному. В результаті виникає градієнт тиску, і на частинки повітря діє сила, спрямована в бік меншого тиску. Так утворюється вітер.

Сила градієнту тиску, що діє на одиницю маси атмосфери, може бути розкладена на три просторові складові: дві перпендикулярні складові, які розміщені на горизонтальній площині, F_x і F_y , і вертикальна F_z .

$$\begin{aligned} F_x &= -\frac{1}{\rho} \frac{dp}{dx}, \\ F_y &= -\frac{1}{\rho} \frac{dp}{dy}, \\ F_z &= -\frac{1}{\rho} \frac{dp}{dz} - g, \end{aligned} \tag{1.3}$$

де ρ – густина елементарного об'єму атмосфери, p – тиск і g – прискорення сили земного тяжіння. Крім сил тиску і земного тяжіння на рухомі частинки повітря діє ряд інших сил: сила Кориоліса, відцентрова сила і сила тертя.

Сила Кориоліса виникає внаслідок обертання Землі разом з атмосферою навколо власної осі (рис. 1.3).

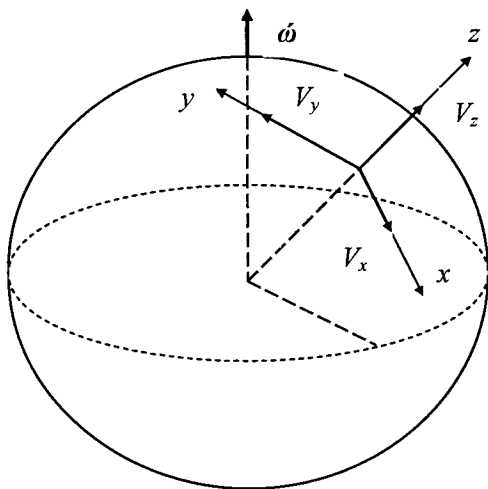


Рис.1.3

Кожний елементарний об'єм одиничної маси атмосфери, що рухається зі швидкістю V відносно Землі, піддається дії відхилюючої сили

$$C = [2V\omega], \quad (1.4)$$

де ω – кутова швидкість обертання Землі. Сила Кориоліса спрямована перпендикулярно векторам ω і V вправо відносно вектора швидкості в північній півкулі і вліво – в південній. Вертикальна складова не перевищує 0,02% і нею можна знехтувати. На екваторі крім того $C_x = C_y = 0$.

Прямолінійний рівномірний рух повітря під дією горизонтального градієнту тиску і сили Кориоліса при відсутності сили тертя називається геострофічним вітром. Швидкість геострофічного вітру визначається за формулами

$$\begin{aligned}
 V_x &= -\frac{1}{2\rho\omega \sin \varphi} \frac{dp}{dx}, \\
 V_y &= -\frac{1}{2\rho\omega \sin \varphi} \frac{dp}{dy}.
 \end{aligned}
 \tag{1.5}$$

Геострофічний вітер спрямований перпендикулярно градієнту тиску, тобто впродовж ліній постійного тиску – ізобар, залишаючи низький тиск зліва в північній півкулі і справа – в південній. На екваторі поняття геострофічного вітру втрачає сенс.

Рух повітря навколо області зниженого тиску, спрямований проти часової стрілки в північній півкулі і за часовою стрілкою – в південній, називається циклоном. Циклонічний рух повітря характеризується великою швидкістю. Навколо області підвищеного тиску утворюється рух повітряних мас в протилежному напрямку, що має назву антициклон. Швидкість руху в антициклоні менша, проте він охоплює більшу площу.

Відцентрова сила виникає при русі повітря по криволінійній траєкторії. Ця сила, що дорівнює V^2/r , де r – радіус кривини, намагається розширити траєкторію руху повітряних мас. Такий вітер з урахуванням відцентрової сили називається градієнтним. Його можна розглядати як окремий випадок геострофічного, в якому величина $2\omega \sin \varphi$ збільшена у випадку циклону або зменшена у випадку антициклону на величину V/r .

Повітря з деякою в'язкістю характеризується внутрішнім молекулярним і турбулентним тертям. У двох суміжних шарах, що рухаються з різними швидкостями, спостерігається передача руху – уповільнення більш швидкого і прискорення більш повільного шару. Рух повітря спостерігається не тільки в горизонтальній площині, але і по вертикалі. Втікаючи в циклон, повітря підживлює його в центрі, а витікаючи з антициклону, спускається вниз. Внаслідок цього навколо Землі виникає складна, упорядкована система вітрів.

Полярні області отримують менше сонячного тепла, ніж тропіки. В результаті має місце постійний рух повітряних мас у напрямку полюсів. Проте тропічне повітря охолоджується раніше, ніж воно досягне полюсів, і починає опускатися, розтікаючись знизу до півночі і півдня. Вітри, що дмуть на поверхні Землі між 30° північної і південної широти протягом року у напрямку екватора, називаються пасатами. На широті близько 30° вітри практично

відсутні. Між 30° і 60° під дією сили Коріоліса вітри мають суттєву західну складову в північній півкулі і східну – в південній. Ці кліматичні пояси характеризуються частою зміною циклонів і антициклонів, бурями і грозами.

Поблизу морів та океанів дмуть мусони – літом з моря на сушу, зимою навпаки. Берегові вітри, бризи, дмуть удень з моря, вночі з берега. Вітер, що дме з холодних вершин гір в сторону теплого моря, називається бореєм. Середня швидкість вітру в більшості випадків з висотою збільшується. Біля поверхні Землі швидкість руху повітря різко падає внаслідок тертя. Великі швидкості вітру мають місце особливо на значних висотах у вільній атмосфері в зонах так званих струминних течій.

Отже, рух повітря відбувається як в горизонтальному, так і в вертикальному напрямках. Зміна температури повітря при низхідному і висхідному русі багато в чому залежить від кількості водяної пари і її режиму. Якщо пара ненасичена, то зниження температури повітря при підйомі становить 0,01°C/м. Температура вологого повітря, що містить у собі насичену пару, зменшується значно швидше.

Концентрація водяної пари в тропосфері і стратосфері різна. За нормальних умов обмін парою між обома зонами мало помітний, чому стає на перешкоді «льодова пастка», тобто тропопауза з її мінімальною температурою. Інші речовини природного і штучного походження можуть вільно проходити через цей бар'єр, що, на жаль, може призводити до послаблення озонного екрану.

Водяна пара та вуглекислий газ атмосфери створюють на Землі так званий парниковий ефект. Вони добре пропускають до Землі короткохвильове випромінювання Сонця, нагріваючи її поверхню. Нагріта ж поверхня Землі випромінює тепло в інфрачервоному діапазоні, яке не пропускається атмосферою. Завдяки парниковому ефекту перепад температур на Землі протягом доби зазвичай не перевищує 15°C.

Розглянемо основні властивості води в атмосфері. Вода випаровується при плюсовій температурі. Молекула води біполярна, оскільки в атомі водню має перевагу позитивний заряд, а в атомі кисню – негативний. В результаті молекули води вишиковуються в ланцюжок. Щоб перебороти силу зв'язку, необхідно витратити досить велику кількість енергії. Ось чому вода кипить не при температурі +80°C, як це мало б мати місце згідно теорії, а при

+100°C. Цим пояснюється і велика теплота випаровування та велика теплоємність води.

Основною характеристикою вологого повітря є його відносна вологість, тобто відношення маси пари, що знаходиться реально в повітрі, до максимально можливої кількості насиченої пари при даній температурі. За відносною вологістю можна визначити пружність водяної пари або так званий парціальний тиск без урахування інших складових атмосфери в зайнятому об'ємі. Рівняння стану вологого повітря описується формулою

$$pV = 2,8704 \cdot 10^6 \left(1 + 0,378 \frac{l}{p}\right) T, \quad (1.6)$$

де p – тиск, V – об'єм, l – парціальний тиск пари і T – абсолютна температура. Розподіл тиску можна наочно зобразити за допомогою карти ізобар, на якій чітко простежуються області високого і низького тиску.

Вода в атмосфері може знаходитися у вигляді пари, краплин рідини або кристалів льоду. Процес переходу пари в рідкий стан називається конденсацією, а перетворення її безпосередньо в твердий стан – сублімацією. Конденсація, сублімація і випаровування супроводжуються виділенням і поглинанням великої кількості тепла. Через це пара відіграє величезну роль в енергетиці планети. Для того, щоб водяна пара в атмосфері почала конденсуватися, необхідне виконання ряду умов: існування ядер конденсації (наприклад, частинок аерозолів), зниження температури повітря до певного значення, зіткнення теплого повітря з холодною поверхнею, зміщення двох мас повітря різної температури і піднесення повітря. Скупчення продуктів конденсації і сублімації у вільному просторі атмосфери називається хмарою. Розрізняють купчасті, хвилясті і шаруваті хмари.

Водяна пара в атмосфері – це частина замкненого ланцюга, що має назву круговорот води в природі. Вода випаровується не лише з поверхні океанів, морів, озер та річок, але і з поверхні ґрунту, льоду, снігу. Воду випаровують рослини. З поверхні океанів та морів протягом року випаровується 448000 км³ води, з материків – 71000 км³. Стільки ж випадає за рік опадів, з них 107000 км³ на материках. Кількість водяної пари в атмосфері коливається від 13080 км³ в січні до 14540 км³ в липні. Таким чином, кількість річних опадів приблизно в 40 разів більша, ніж кількість вологи в атмосфері, тобто круговорот води в природі дуже інтенсивний. Загальні опади

визначають водоносність річок і запаси гідроенергії на Землі. Більш за все утворюється опадів з атмосферних фронтів і циклонів в областях масового висхідного руху повітря на екваторі і в зонах помірного та холодного клімату. В області субтропіків, де рух повітря низхідний, кількість опадів значно менша.

На формування погодних умов великий вплив мають атмосферна електрика і магнітне поле Землі. Внаслідок сонячної діяльності у високих шарах атмосфери утворюється велика кількість електронів і іонів. Тому ця область має назву іоносфера. Земля і її іоносфера разом становлять гігантську сферичну батарею, що має дві паралельні екіпотенціальні поверхні (рис. 1.4), напруга між якими може досягати мільйона кіловольтів.

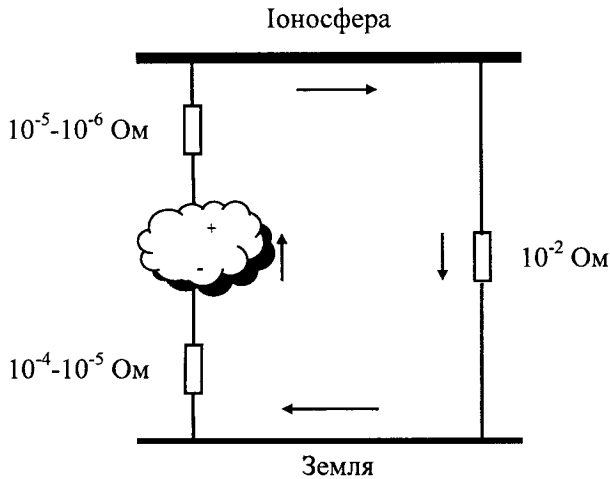


Рис.1.4

Всередині знаходиться шар атмосфери, в якому щоденно відбувається в середньому 6 гроз. Розглянутий еквівалентний електричний контур підтримується всіма грозами в масштабі планети. Права частина контуру служить навантаженням електричного кола і відповідає провідним властивостям тих областей земної кулі, в яких на даний момент нема грози. Між земною поверхнею і нижньою частиною грозової хмари (ліва частина контуру) виникає електричний струм за рахунок іонів і

єдиничних розрядів, що переносяться опадами і блискавками. Ця частина контуру служить джерелом електрорушійної сили.

Розглянемо детальніше процес утворення грози. Спочатку під дією сильного висхідного потоку повітря утворюється грозова хмара і відбувається розділення електричних зарядів. Електрони займають нижню частину хмари на висоті 4-9 км, а позитивні іони групуються на висоті більше 10 км. Розряд блискавки може відбуватися або між позитивно і негативно зарядженими частинами хмари, або між хмарою і позитивними зарядами, наведеними на поверхні Землі. Напруженість поля всередині хмари і між хмарою та Землею становить в середньому 0,1-1 кВ/см, але розподілений цей потенціал нерівномірно. Розряд блискавки може статися лише при досягненні критичної напруженості, що дорівнює 10 кВ/см.

Під дією величезного потенціалу негативно заряджені частинки спрямовуються до Землі. На їхньому шляху зустрічаються нейтральні частинки, які при зіткненні іонізуються. Уламки, рухаючись далі, викликають нові зіткнення. За критичного потенціалу має місце лавиноподібний процес, що проявляється у вигляді іонізованого шнуру товщиною 20-30 см. Цей шнур довжиною в кількисот метрів рухається зі швидкістю 100 км/сек вниз. Йому назустріч з поверхні Землі підтягується позитивний стример, і на висоті 5-50 метрів вони зустрічаються. Це явище називається зворотнім ударом. В Землю протікає струм, який знімає негативний заряд з нижньої частини хмари. Повторні розряди, яких зазвичай може бути 3-4, знімає негативні заряди величезної потужності з вищих частин хмари. Зворотній струм перетікає через решту атмосфери, де нема гроз. Його сумарна величина може досягати 2000 А.

Дуже рідкісним і багато в чому ще не вивченим явищем атмосферної електрики є так звана куляста блискавка, що являє собою вихровий згусток електронів і іонів температурою 3000-5000°C, здатний резонансно поглинати електромагнітні коливання. Подібний кулястий вихор, загалом нейтральний, може існувати від 2 с до 4 хв і рухатись зі швидкістю від 2 м/с до 100 км/с.

Магнітне поле Землі відіграє виключно важливу роль у процесах передачі енергії Сонця в атмосферу. Земля отримує енергію Сонця у вигляді хвильового і корпускулярного випромінювання. Хвильове випромінювання, як відомо, впливає безпосередньо на тепловий режим атмосфери. Корпускулярне

випромінювання (сонячний вітер) – це потік заряджених частинок, що залежить від активності Сонця. Даний вид випромінювання також впливає на нагрівання атмосфери, циркуляцію повітря тощо, однак його дія проявляється не прямо, а опосередковано, в результаті ряду перетворень енергії корпускулярного потоку, який безпосередньо до Землі не доходить.

Досягнувши магнітосфери Землі, сонячний вітер тисне на неї, але пройти всередину не може. Цей потік частинок, що складається з протонів і електронів, загалом скомпенсований. Під дією магнітного поля Землі заряджені частинки розділяються. На ранковому боці магнітосфери концентруються протони, а на вечірньому боці – електрони. Електрична провідність поперек силових ліній дуже мала, і в цьому напрямку струм не може протікати. Провідність же вздовж силових ліній безкінечна. Велика провідність має місце і в області входження силових ліній в іоносферу. Внаслідок цього утворюються струми, що протікають вздовж силових ліній магнітного поля (струми Біркеланда). Відбувається щось подібне до замкнення батареї, яка постійно заряджається сонячним вітром. Корпускулярне випромінювання Сонця, проникаючи в земну атмосферу, змінює провідність контуру (рис. 1.4) в нижній стратосфері і цим впливає на режим утворення хмар, опадів і гроз. Енергія корпускулярного сонячного випромінювання безпосередньо змінює атмосферних процесів не викликає, але діючи на атмосферну електрику, перерозподіляє накопичену в атмосфері енергію.

1.2. Гідросфера

Гідросфера – це водна оболонка земної кулі, яка складається з океанів, морів, озер, річок, льодових утворень, підземних і атмосферних вод. Гідросфера займає проміжне положення між атмосферою і літосферою, з якими вона тісно взаємопов'язана. Об'єм води в гідросфері становить 1,5 млрд км³, з яких більше 96% припадає на моря і океани, що покривають 71% всієї поверхні планети. Безперервний водний простір, більша частина якого зосереджена в південній півкулі, називають Світовим океаном. В наш час прийнято поділяти Світовий океан на Тихий, Атлантичний, Індійський і Північний Льодовитий океани (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Океан	Площа, млн км ²	Об'єм, млн км ³	Середня глибина, м	Максимальна глибина, м
Тихий	179	724	4028	11022
Атлантичний	91	337	3926	8742
Індійський	76	292	3897	7209
П. Льодовитий	15	17	1205	5527
Світовий	361	1370	3795	11022

На долю прісної води припадає менше 90 млн км³, причому основний її запас – підземні води (60 млн км³) і льодовики (24 млн км³). Якщо рівномірно розмістити на поверхні Землі воду всіх льодовиків, то рівень Світового океану підніметься більше, ніж на 50 м. Ріки, озера і доступні для використання підземні води складають всього 0,3%. З них в озерах знаходиться 280 тис км³ і в ріках 1.2 тис км³. Ґрунтові і атмосферні води становлять відповідно 85 і 14 тис км³. Річкові води становлять менше 0,0001%, але вони мають виключно важливе значення. Річки існують завдяки безперервному кругообігу води між океаном і сушею, як продукт взаємодії клімату, рельєфу, геологічної будови, ґрунтового і рослинного покриву. Важливою характеристикою ріки є так званий модуль стоку – кількість води, що стікає в ріку з 1 км² водозбірної площі за 1 сек. Джерела живлення рік – дощі, талі води льодовиків та підземні води.

У воді, що є основною складовою гідросфери, містяться також багато різних солей і газів (кисень, вуглекислий газ тощо). Кількість солей у складі води називається її солоністю. Середня солоність води в океані 35%, з них 88,7% – хлориди, 10,8% – сульфати і 0,3% – карбонати. В річковій воді 5,2% хлоридів, 9,9% сульфатів, 60,1% карбонатів та 24,8% всіх інших речовин. Солоність води в океані може змінюватись в широких межах в залежності від випарування, опадів, руху водних мас тощо. Солоність води тісно пов'язана з її питомою вагою і густиною. Чим більша солоність, тим більша питома вага. Для прісної води температура найбільшої густини +4°C, температура замерзання 0°C. Збільшення солоності веде до їх зниження, але температура замерзання зменшується повільніше і при солоності 24,695% вони зрівнюються.

Важливими фізичними характеристиками води є теплоємність, теплота випарування і теплота плавлення. За теплоємністю вода поступається лише водню і аміаку. Теплота випарування води

більша, ніж у будь-якої іншої речовини. Ці унікальні властивості води – один з основних факторів існування життя на Землі. Теплопровідність морської води надзвичайно мала. Величезний потік сонячної енергії поглинається дуже тонким поверхневим шаром води і вглиб не проникає. Особливо інтенсивно поглинає морська вода довгохвильове випромінювання. Інфрачервоні промені повністю поглинаються шаром води товщиною 3-4 м.

Океан прогрівається завдяки турбулентному перемішуванню в поверхневому шарі і конвенції в глибинних шарах. Виключно важливу роль відіграє солоність води. За рахунок випаровування солоність верхнього шару вища, отже більша і густина. Тому вода опускається, не зважаючи на більш низьку температуру нижчих шарів. В результаті верхній шар добре змішаний, і температура води в ньому змінюється мало (рис. 1.5).

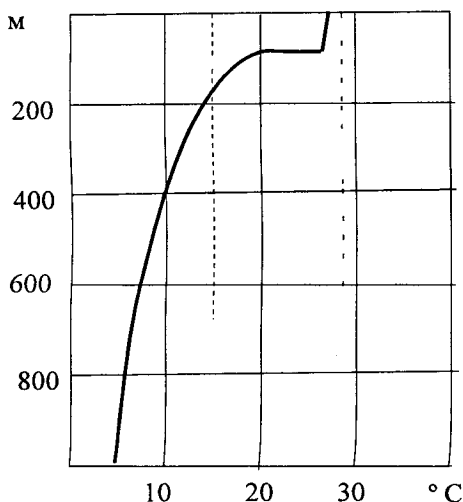


Рис.1.5

Під змішаним шаром знаходиться шар стрибка температури. Градієнт температури в цьому шарі становить $0,1 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{м}$ і більше. Глибше шару стрибка температура падає повільніше. Наявність шару стрибка температури є дуже важливою з точки зору використання теплової енергії океану. На глибині більше 3 км температура води стабілізується на рівні $0-2 \text{ } ^\circ\text{C}$. Найбільша температура верхнього шару води спостерігається не на екваторі, а

дещо північніше (термічний екватор) і становить 28-29°C. Найвища температура води 35,6°C у Персидській затоці. Середня температура води в Світовому океані 17,4°C.

Для Землі характерним є взаємозв'язок процесів, що відбуваються в атмосфері і в Світовому океані. Всі ці процеси живить енергія Сонця. На поверхні розділу атмосфери і океану зароджуються повітряні течії, які і служать основною першопричиною утворення океанічних течій, що переносять не тільки величезні маси води, але і сконцентровану в них теплову енергію. Океанічні течії відіграють важливу роль у загальній структурі енергетичного балансу як атмосфери, так і планети загалом. Вплив океану пов'язаний з його величезною теплоємністю. Океан повільно нагрівається влітку і повільно охолоджується взимку. Тому морський клімат м'якший континентального. Характер атмосферних потоків визначає хмарність над певними частинами океану, а отже, ступінь їх прогрівання і випаровування. Простіше кажучи, атмосфера приводить в рух океан, а тепло океану є джерелом енергії атмосфери.

Проте рух води в океані визначається не лише взаємодією його поверхні з повітрям атмосфери, тут діє цілий комплекс причин. На рух води впливає сила тяжіння і сила градієнту тиску, стічна сила, обумовлена різними рівнями води, нарешті приливна сила гравітаційного впливу Місяця і Сонця. Коли течія уже існує, починають діяти вторинні сили: сила Коріоліса, що відхиляє потік вправо в північній півкулі і вліво – в південній, відцентрова сила при криволінійному русі, сила тертя і сила інерції.

Тиск, як відомо, – це сила, що діє на одиницю площі перпендикулярно до неї. Тиск рідини на глибині дорівнює вазі одиничного стовпчика висотою z . Цей закон гідростатики виражається формулою

$$p = \rho g z \quad (1.7)$$

де p – тиск на глибині, ρ – густина води, g – прискорення сили тяжіння. Просторовий розподіл густини води в океані, що залежить від солоності і температури, не є рівномірний. В результаті утворюється градієнт тиску. Сила цього градієнту завжди спрямована в бік зниження тиску. Вертикальна складова сили градієнту не має значення, оскільки вона зрівноважується силою земного тяжіння.

Сила Кориоліса, що діє на одиницю маси води при її обертанні разом з землею, може бути визначена за формулою (1.6). Ця сила залежить від географічної широти (рис. 1.3) і на екваторі дорівнює 0. Якщо маса води рухається в горизонтальному напрямку зі швидкістю V , то сила Кориоліса

$$F_k = 2\omega \sin\varphi Vm \quad (1.8)$$

Так, наприклад, течія Гольфстрім на широті 30° переносить щосекунди 50 млн т води, і сила Кориоліса становить 3650000 н на кожний погонний метр.

Якщо горизонтальний градієнт тиску врівноважується силою Кориоліса і інші сили відсутні, виникає течія, яка має назву географічної. Географічна течія завжди спрямована таким чином, що точка високого тиску розташована в північній півкулі справа, а в південній – зліва. Сила Кориоліса може урівноважуватися відцентровою силою

$$F_{\text{ц}} = V^2 m/r, \quad (1.9)$$

де r – радіус кривини траєкторії течії. Така течія називається інерційною.

Перепад рівнів в океані може бути внаслідок нерівномірності розподілу зон опадів і випаровування. Стічна сила описується формулою

$$F_c = \rho g \frac{dz}{dl}, \quad (1.10)$$

де z – вертикальна координата перепаду рівнів, l – горизонтальна координата, яка може урівноважуватися силою Кориоліса. Швидкість течії у такому випадку

$$V = \frac{g}{2\omega \sin\varphi} \frac{dz}{dl}, \quad (1.11)$$

Механічна енергія вітру передається вглиб океану за допомогою так званого турбулентного тертя. При турбулентному русі суцільного середовища крім середнього руху існує хаотичний рух меншого масштабу. Сила тертя, що діє на одиницю площі, пропорційна градієнту швидкості в поперечному до потоку напрямі

$$F_{\tau} = \rho \eta \text{grad} V \quad (1.12)$$

де η – коефіцієнт турбулентної в'язкості води.

Товща води може бути представлена рядом шарів (рис. 1.6).

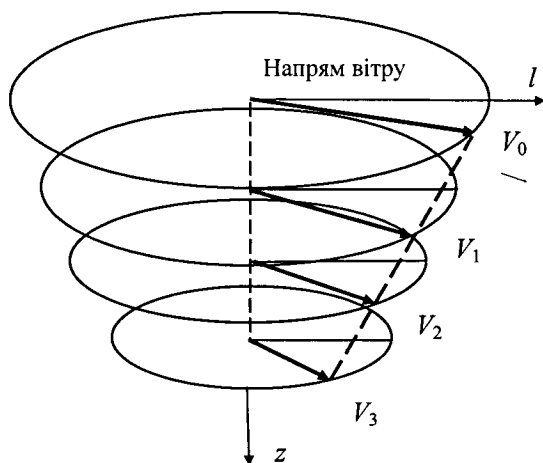


Рис. 1.6

Під дією тангенціального напруження вітру верхній шар приводиться в рух, але сила Коріоліса відхиляє його дещо вправо. Кожний верхній шар шляхом тертя передає рух нижньому шару. На кожному рівні швидкість потоку зменшується і він все більше відхиляється вправо. В результаті кінець вектора швидкості рухається по спіралі. Усереднений рух направлений під прямим кутом до напрямку вітру, що його спричинив. Отже, під впливом вітру виникають не тільки поверхневі, але і глибинні течії.

Океанічні течії бувають горизонтальні і вертикальні. Існують зони конвергенції (сходження) водних мас, де переважає занурення води в глибину, і зони дивергенції (розтікання), де спостерігається підйом і розтікання на поверхні водних потоків. Океанічна течія – грандіозне явище. Один лише Гольфстрім переносить води в 50-70 разів більше, ніж всі річки Землі. Основною ознакою океанічних течій є коловороти. Обертання проти часової стрілки називається циклонічним, за часовою стрілкою – антициклонічним. Якби вся поверхня Землі була покрита водною оболонкою, циркуляція океанічних течій збігалася б з циркуляцією атмосфери. Наявність континентів викривляє ідеалізовану картину океанічних течій.

Найважливішими в Світовому океані є так звані великі субтропічні коловороти, для яких характерне антициклонічне обертання. До них належать Північні і Південні Пасатні течії. Їхня ширина досягає 2000 км і швидкість від 0,2 до 1 м/сек. До складу субтропічних коловоротів північної півкулі входять також

Гольфстрім і Куросіо, ширина яких 100-150 км. У південній півкулі субтропічний коловорот утворюють Бразильська, Східно-Австралійська, холодна Перуонська течія і Течія Західних Вітрів. Але, мабуть, найбільш динамічними є зони екваторіальних та тропічних течій, які часто називають «кухнею погоди».

В результаті безпосередньої взаємодії вітру з поверхнею води утворюються хвилі. Хвилі – це коливальний рух частинок води в деякому шарі навколо свого центру рівноваги. Енергія вітру частково витрачається на збільшення кінетичної енергії рухомих хвиль і тертя. Спочатку амплітуда змушених коливань незначна, але поступово під дією вітру вона починає збільшуватись. Причиною цього є утворення ділянок низького (Н) і високого (В) тиску між гребенями хвиль (рис. 1.7).

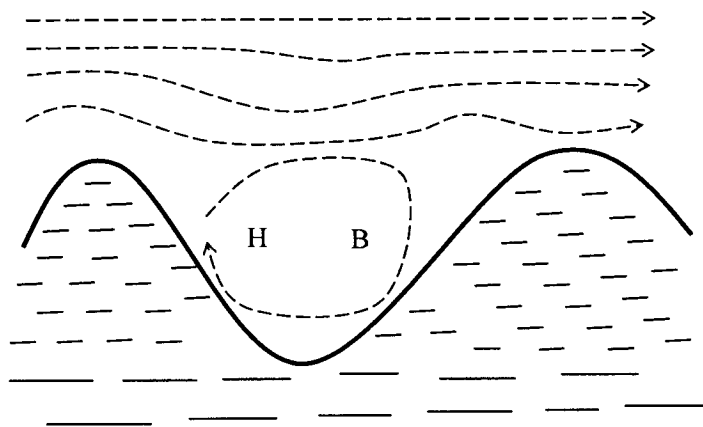


Рис. 1.7

Кожна частинка води у вільному хвильовому русі має описувати коло в напрямку руху хвилі. Але під дією вітру частинка переміщається вперед дещо більше, ніж назад. При цьому орбіта не є замкненою і поступово переміщається вперед. В результаті профіль хвилі відрізняється від синусоїди. Діаметр орбіти дорівнює висоті хвилі. На мілководді орбіти набувають форми еліпса. Ближче до дна спостерігається зворотньо-поступальний рух частинок.

Крім висоти h хвиля характеризується ще довжиною λ , періодом T і швидкістю переміщення V , які зв'язані між собою рівняннями

$$\lambda = VT,$$

$$T=2\pi V/g \quad (1.13)$$

Кінетична енергія хвиль залежно від маси одиниці фронту хвилі обчислюється за формулою

$$W_k=mV^2/2. \quad (1.14)$$

Розділивши кінетичну енергію на період, можна визначити середню питому потужність морських хвиль.

По мірі зростання швидкості вітру збільшується висота, довжина і швидкість переміщення хвиль. Відношення швидкості хвилі до швидкості вітру називається віком хвилі. Чим ближчий вік хвилі до 1, тим ближчий профіль її до синусоїди. Установлено, що висота хвилі досягає максимуму при віці 0,78. В подальшому енергія вітру витрачається лише на збільшення швидкості і довжини хвилі. При затиханні вітру хвилі перетворюються в брижі, відбувається збільшення довжини хвиль за рахунок їх висоти. Найбільші хвилювання у відкритому океані мають місце в південній півкулі, що пояснюється обширом водних просторів і швидкістю вітрів. У цих районах хвилі досягають висоти 12 і більше метрів і довжини до 400 м при швидкості хвиль 22 м/сек. Звичайні штормові хвилі тут мають висоту 7-8 м і довжину 150 м. Рекордна висота хвиль 36 м.

Вітер – це лише одна з причин утворення хвиль в океані. Крім вітрових хвиль існують хвилі іншого походження. Це, перш за все, приливні хвилі, що виникають під дією сил тяжіння Місяця і Сонця. У відкритому океані ці хвилі незначні, але у вузьких протоках вони можуть досягати висоти 18 м і швидкості 6 м/сек. Раптове підвищення рівня води в ріці під дією приливу називається бором. Фронт бору переміщується вверх по ріці зі швидкістю, що перевищує швидкість входження приливу в гирло ріки. Зміна атмосферного тиску може викликати так звані стоячі хвилі – сейші. Особливо високі і довгі хвилі, цунамі, утворюються в результаті підводних землетрусів при тектонічних змінах у літосфері.

1.3. Літосфера

Літосфера – тверда зовнішня оболонка Землі товщиною біля 100 км. Внутрішня будова Землі має сферичну основу. Розрізняють три основні складові: земна кора, мантія і ядро. Шарувата будова земних надр є результатом розділення земної речовини на протязі 3,5 млрд років.

Верхній шар земної кори складається з так званих осадових порід, що утворилися в результаті руйнування і подрібнення гірських порід під дією природних факторів. Його потужність на різних ділянках різна. В гірських районах потужність осадових порід становить в середньому 5 км. В областях глибокого прогинання земної кори товщина осадових порід може досягати 15 км і більше, а на дні океану лише 0,5-1 км. В товщі осадових порід зазвичай змінюються по черзі шари глини, піску, піщаників, карбонатів та інших мінералів, в пори яких проникають підземні води. До складу осадових порід входять також органічні речовини – в середньому біля 0,2-0,6% маси порід. В товщі осадових порід зустрічаються великі скупчення кам'яного та бурого вугілля, в пористих піщаниках і карбонатних породах знаходяться поклади нафти і газу.

Нижче за шаром осадових порід починається гранітна оболонка. Граніт – це затверділа магма. Він складається з польового шпату, кварцу і слюди. Наступний шар – більш важкий базальт. Континентальні і океанічні ділянки земної кори принципово відрізняються між собою (рис. 1.8). Континентальні ділянки мають потужність близько 35-40 км, а в районах гірських хребтів – до 65 км. Океанічні ділянки складаються з базальтових порід потужністю 5-8 км. Континентальні ділянки – це старі утворення зі складною структурою, дно океану суттєво молодше. Наступний шар – мантія, в ньому менше окису кремнію і більше заліза, магнію та інших більш важких елементів. Речовина мантії сильно розігріта в результаті розпаду радіоактивних елементів та механічної деформації речовини. Розмежування між корою і мантією проявляється дуже різко, пружні властивості речовини якісно змінюються. Всі породи стають пластичними, хоча і залишаються внаслідок гігантського тиску твердими. На короткочасні дії речовина мантії реагує як тверде тіло, на довготривалі (десятьки тисяч років) – як рідина з великою в'язкістю.

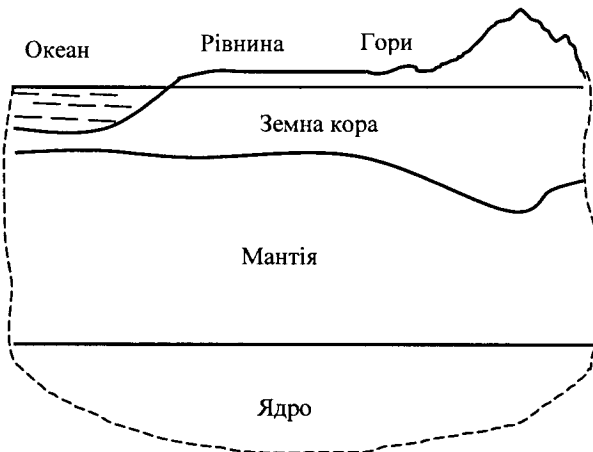


Рис. 1.8

Таким чином, відносно легка земна кора неначебто плаває в більш важкій аморфній породі мантії, підкоряючись закону Архімеда. При цьому земна кора має бути урівноважена з мантією. В результаті гірські системи урівноважуються товстішою землею корою. Зазначена властивість тяжіння до рівноваги називається ізостазією.

На глибині більше 2900 км знаходиться ядро Землі, в якому сконцентрована третина всієї маси планети. Між мантією і ядром існує ще одна поверхня розділення, на якій густина речовини різко збільшується. Речовина ядра має властивості рідини як по відношенню до імпульсних, так і тривалих дій. В ядро безперервно занурюються більш важкі складові речовини мантії. Процес супроводжується виділенням $7 \cdot 10^{31}$ Дж енергії щорічно (для порівняння – радіоактивний розпад за весь період існування Землі становить не більше, ніж $2 \cdot 10^{31}$ Дж).

Рідке ядро є джерелом геомагнітного поля, яке утворюється і підтримується величезною, з певного погляду, електричною машиною з самозбудженням. В результаті електромагнітної індукції в ядрі виникає певний електричний струм. Цей струм утворює магнітне поле, яке підсилює зовнішнє магнітне поле Землі, яке, в свою чергу, підтримує струм ядра. Наслідком цих процесів є

виникнення в ядрі гідродинамічних течій провідної рідини, які і забезпечують існування магнітного поля Землі.

Температура земних надр з глибиною збільшується. У верхній частині земної кори зростання температури становить в середньому 30-33°C/км. На глибині 50 км температура досягає 1000°C. Гірські породи могли б плавитися при такій температурі, але відповідний до цієї глибини тиск 13 тис ата не дозволяє. В момент розлому земної кори тиск різко падає і розплавлена магма спрямовується вверх. На межі мантії і ядра тиск досягає 1,4 млн ата, а в центрі Землі – біля 3 млн ата. На глибині 90 км швидкість зростання температури різко падає, і в центрі Землі температура, певне, не перевищує 3000°C.

Тепловий режим літосфери визначається внутрішніми і зовнішніми енергетичними процесами Землі. Джерелами зовнішнього впливу являються головним чином Сонце і Місяць. Середній потік сонячного випромінювання на поверхню Землі становить біля 420 Вт/м², з них 2/3 поглинається Землею. Сонячне тепло проникає в земну кору лише на декілька десятків метрів і вирішального впливу на тепловий режим планети не викликає. До зовнішніх чинників енергетичного впливу можна віднести також приливні явища, спричинені тяжінням Місяця і Сонця. В результаті цих явищ відбувається деформація Землі і гальмування її обертів. Вивільнена при цьому енергія витрачається на розігрівання земної маси шляхом тертя і оцінюється величиною $(0,2-0,5) \cdot 10^{31}$ Дж.

Земна кора – поганий провідник тепла. Відтік тепла зсередини планети назовні відбувається край повільно. Кожний квадратний метр земної поверхні втрачає щорічно лише 1,5-2,5 Мдж. Це відповідає середньому потоку тепла 0,04-0,07 Вт/м², що в 10000 разів менше кількості тепла, що надходить від Сонця. Тому тепло внутрішніх енергетичних процесів Землі накопичується. Пояснюється це тим, що при збільшенні тиску зменшуються відстані між молекулами, і теплопровідність речовини в надрах Землі збільшується. В результаті відбувається вирівнювання температури на глибині більше 90 км і розігрів глибинних шарів земної кулі.

Інтенсивність теплового потоку на глибині z визначається за формулою

$$q = k \frac{\partial \theta}{\partial z},$$

(1.15)

де k – коефіцієнт теплопровідності, середнє значення якого становить $0,002326 \cdot 10^{-6}$ Вт/м^{°С}, θ – температура. Щільність теплового потоку в різних районах земної кулі неоднакова: найменша для древніх кристалічних щитів і найбільша в зонах молодих гірських утворень і вулканізму, де вона досягає $0,335$ Вт/м². Середня щільність теплового потоку $0,05$ Вт/м², тоді тепловий потік всієї земної поверхні можна оцінити в 25 мільйонів Мвт.

Температура гірських порід в межах осадового і гранітного шарів зростає у відповідності до геотермального градієнту δ , середнє значення якого складає біля $0,03$ °С/м, але в деяких регіонах воно може бути значно більшим. В загальному випадку геотермальний градієнт обчислюється за формулою

$$\delta = \frac{\theta_z - \theta_0}{z - z_n}$$

(1.16)

де θ_z – температура гірських порід на глибині z , θ_0 – середньорічна температура поверхні Землі, z_n – глибина нейтрального шару, в якому теплові впливи Сонця і земних надр урівноважені.

Вся геологічна історія розвитку Землі – це невинний процес руху земної кори, пов'язаний з рухом мантійної речовини. Подібний рух, що має назву тектонічного, охоплює надра Землі на багато сотень кілометрів вглиб. Тверда мантійна речовина не виключає можливості її переміщення, яке відбувається у вигляді дуже повільних пластичних деформацій. Як зазначалося, в надрах нашої планети під впливом сили тяжіння відбуваються потужні і досить активні процеси диференціації речовини. Менш густі фракції мають тенденцію до спливання, утворюючи висхідний потік. На їхнє місце опускаються більш важкі. В результаті формуються так звані конвекційні комірки, з яких складається вся мантія Землі. Вони і керують процесом руху земної кори.

Швидкість висхідного мантійного потоку складає біля 18 см за рік. Досягаючи нижньої межі літосфери, висхідний потік розтікається під нею, що викликає випинання земної кори. В результаті цього виникають провали, або так звані рифти, краї яких повільно розходяться, даючи вихід гарячій мантійній речовині. Впродовж рифтів розміщуються активні вулкани, що виносять на поверхню Землі базальтову лаву. Континентальні рифти мають вихід до Світового океану і стають вузькими міжконтинентальними морями. Прикладом такого моря є Червоне море, дно якого

розсічене потужною рифтовою зоною глибиною 2 км з температурою придонних вод 61°C. При наявності достатньої кількості енергії у висхідному потоці стінки рифтової щілини поступово розходяться, площа дна збільшується і міжконтинентальне море перетворюється в океан. Такий процес розширення дна називається спредінгом.

Якщо існують зони розширення дна, то мають існувати і зони зникнення земної кори. Подібні ділянки поверхні Землі називаються зонами субдукції, в яких відбувається зіткнення літосферних плит. Одна з них занурюється під іншу і потрапляє в мантію, де вона в решті змішується з речовиною, з якої вона утворилась (рис. 1.9).

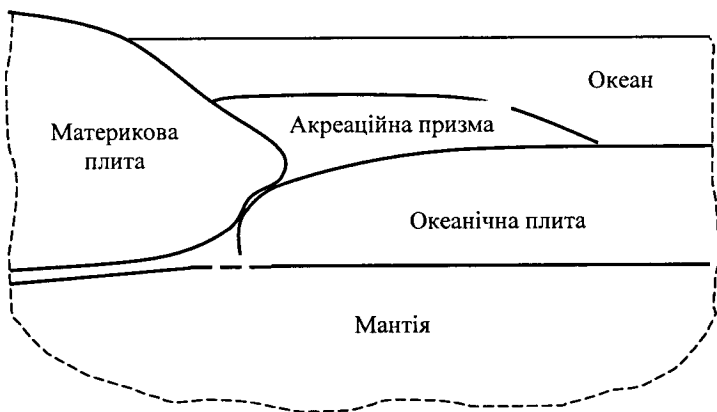


Рис.1.9

Земна поверхня розділена на 6 літосферних плит: індоокеанська, тихоокеанська, американська, євразійська і антарктична. Існує два різновиди меж між плитами: межі типу рифтів, де відбувається нарощення літосферних плит, і межі типу глибоководних ринв, де відбувається занурення плит у мантію. Літосферні плити розділяються впродовж вузьких поясів сейсмічності. Розділення літосфери на плити не пов'язано з материками, плити можуть включати як материки, так і океанічні ділянки.

Плити переміщуються на поверхні мантії як жорсткі тіла. Матеріал для їхнього нарощування надходить з верхнього шару мантії через тріщини, що знаходяться в середній частині океанічного дна. Речовина мантії приєднується до країв плит і

загусає. Протилежні краї плит занурюються в зону пластичної речовини мантиї і поступово зникають у її масі. Швидкість протікання процесу субдукції дорівнює швидкості спредінгу. В результаті спостерігається розширення дна океану і віддалення відповідних континентів зі швидкістю від 1 до 10 см за 1 рік.

Межі літосферних плит, що рухаються одна відносно іншої, є осередками підвищеної сейсмічності і вулканічної діяльності. Розрив земної кори супроводжується землетрусами. При великих зсувах утворюються глибокі розриви земної кори, що можуть сягати мантиї, вони називаються глибинними розломами, з якими пов'язані грандіозні землетруси і вулкани. Найбільша кількість активних вулканів (понад 600) сконцентрована в тихоокеанському та середземноморському поясах. Загальна кількість активних вулканів на Землі становить біля 820.

Тектонічні зміни земної кори тісно пов'язані з процесами утворення і накопичення корисних копалин в надрах Землі, і перш за все, з процесами утворення нафти. На рифтогенній стадії в прогинах кори відбувалося накопичення потужних шарів органічних осадів. В жорстких температурних умовах надр органічні речовини поступово перетворилися у вуглеводні нафтового ряду. Особливо інтенсивно процес утворення нафти відбувався на периферії океану в зонах субдукції. Перед зоною переміщення спостерігається скупчення величезної маси осадів у вигляді так званої акреаційної призми (рис. 1.9). Частина цих осадів затягується в люфт між рухомими плитами і попадає в умови підвищеної температури і тиску, що прискорює процес утворення нафти. При переході до континентального етапу цей процес уповільнюється.

1.4. Біосфера

Біосферою називається зовнішня оболонка Землі, що охоплює частину атмосфери, гідросфери і літосфери, яка представляє собою область розповсюдження життя і складається з живої, біогенної та абіогенної речовин. Жива речовина – це самі організми біосфери. Біогенні речовини – це продукти відмерлих організмів, вони є джерелом висококонцентрованої потенціальної енергії: кам'яне і буре вугілля, торф, сланці, нафта, газ тощо. Абіогенна речовина – це

повітря, вода, осадові породи, тобто середовище проживання організмів.

Енергія, зібрана і накопичена живими організмами, є променевою енергією Сонця. Сонячна радіація – єдине джерело енергії, яка використовується для утворення органічної речовини і накопичення хімічної, механічної, осмотичної та інших видів енергії, необхідної для росту, репродуктивності і функціональних взаємовідносин організмів. Завдяки живим організмам сонячна енергія регулює хімічні процеси всієї природи Землі. Головну роль у засвоєнні і перерозподілі променевої енергії Сонця виконують зелені рослини, які перетворюють певну частину цієї енергії в корисні високомолекулярні органічні сполуки.

У сучасному розумінні біосфера Землі представляє собою глобальну систему кібернетичного типу. На вхід цієї системи поступає сонячна енергія, на виході – органічні речовини, що утворилися в процесі життєдіяльності організмів. Біосфера забезпечує виконання гігантського кругообігу речовин у природі. Повне оновлення всієї живої речовини відбувається приблизно за 8 років. Причому, якщо речовини наземних рослин оновлюються в середньому за 14 років, то морських – лише за 1 день. Процес повної зміни води в гідросфері відбувається за 2800 років, приблизно стільки ж триває процес повної зміни кисню в атмосфері, а ось вуглекислий газ змінюється кожні 6,3 роки. Біохімічний кругообіг не є замкненим. Ступінь відтворення біохімічних циклів становить 90-98%. В результаті частина органічних речовин накопичується в геологічних відкладеннях (органічні мінеральні палива, сапропелі, гумус тощо).

Біосфера, як кібернетична система, наділена властивістю саморегулювання. Прикладом подібного саморегулювання є утворення і дія озонового екрану в стратосфері, що виконує функцію поглинання згубних для життя ультрафіолетових променів. Біосферою повністю регулюється також склад всієї газової оболонки Землі.

Сучасний стан атмосфери значно відрізняється від первинного. Спочатку атмосфера містила в собі лише 0,1% кисню і була багата на вуглекислий газ, метан та різні сполуки азоту. Завдяки фотосинтетичній діяльності бактерій, а пізніше і зелених рослин, склад атмосфери поступово змінився на сучасний (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

Час	Епоха	Біосфера	Літосфера	Гідросфера	Кисень
5 млрд років	Ранній архей		Утворення Землі	Конденсація океану	0,1%
3 млрд років	Докембрій	Бактерії, фітопланк.	Зледеніння, вулканізм	Утворення океану	1% озон
700 млн років	Полеозойська ера	Багатокл., комахи	Вугілля, зледеніння	Збільшення океану	3-10%
100 млн років	Мезозойська ера	Ссавці, квіткові	Крейда, гіпс		50%
50 млн років	Кайнозойська ера	Злаки, примати	Буре вугілля		Близько 100%
1 млн років	Четверт. період	Палеоантропоїди	Зледеніння	На 120 м нижче сучас	100%

Жива речовина виникла шляхом поступового ускладнення з найпростіших органічних сполук, таких як метан і формальдегід. Подальша еволюція біосфери складається з двох етапів: розтікання життя і ускладнення його структури. На першому етапі, що тривав сотні мільйонів років, відбувалося акумулювання сонячної енергії в різних викопних вуглеводнях, закладались основні запаси корисних копалин. Наслідком цього було збідніння первинної атмосфери вуглекислим газом і збагачення її киснем. Другий етап супроводжувався коливанням загальної біомаси навколо середнього значення, розширенням видового складу живих організмів. На сьогоднішній день на землі проживає біля 3 млн видів живих організмів, з них 300 тис – рослини.

В залежності від форм живлення і дихання, від того, звідки організми отримують потрібні для життя речовини, вони поділяються на дві групи: автотрофи і гетеротрофи. Автотрофи – це організми, які в своєму живленні незалежні від інших організмів. До них відносяться зелені рослини, спроможні здійснювати фотосинтез необхідних для росту і відтворення органічних сполук з мінеральних речовин при наявності світлового випромінювання, і бактерії, що отримують потрібну для життя енергію шляхом окислення деяких мінеральних речовин. Організми, яким для живлення необхідні органічні речовини, називаються гетеротрофами. Розрізняють дві категорії гетеротрофів: консументи,

до яких відносяться тварини, і деструктори, до яких належать мікроорганізми, бактерії і грибки, що розкладають мертву органіку і, таким чином, мінералізують органічні відходи.

Відправним пунктом для вивчення обміну речовин в біосфері є фотосинтез. Цей процес, який виконується наземними рослинами, прісноводними водоростями і морським фітопланктоном, становить основу життя на Землі. Суть його полягає в тому, що звичайні вуглекислий газ і вода перетворюються в зелених рослинах за допомогою енергії сонячного випромінювання у вуглеводи з виділенням при цьому кисню. Процес фотосинтезу дуже важливий для всієї біосфери, але він надзвичайно неефективний. Так, на суші за оптимальних умов може бути використано лише декілька відсотків видимого сонячного випромінювання, що падає на поверхню листя зелених рослин, а в океані ще менше. Загалом у природі ефективність фотосинтезу менша одного відсотку. Одним із обмежувальних факторів є низький вміст вуглекислого газу в повітрі.

Крім вуглецю, кисню і водню всі організми використовують азот, фосфор, калій, кальцій, сірку, залізо, мідь, магній і ще багато інших елементів. Для того, щоб біосфера могла існувати тривалий час, необхідний кругообіг основних біологічно важливих речовин, тобто після використання вони повинні знову за участі сонячної енергії переходити в форми, придатні для подальшої участі в кругообігу.

Найважливішими в біосфері являються пов'язані між собою кисневий і вуглецевий цикли, основу яких складають фотосинтез і дихання організмів (рис. 1.10). Під час дихання кисень повітря вступає в реакцію з органічними речовинами, наприклад, глюкозою. Вивільнена при цьому енергія дозволяє здійснити синтез так званого аденозинтрифосфату (АТФ) з більш високим енергетичним вмістом, який приймає участь в усіх внутрішньоклітинних процесах обміну речовин. При розкладанні глюкози в присутності кисню виділяється вуглекислий газ і вода, тобто процес дихання прямо протилежний фотосинтезу.

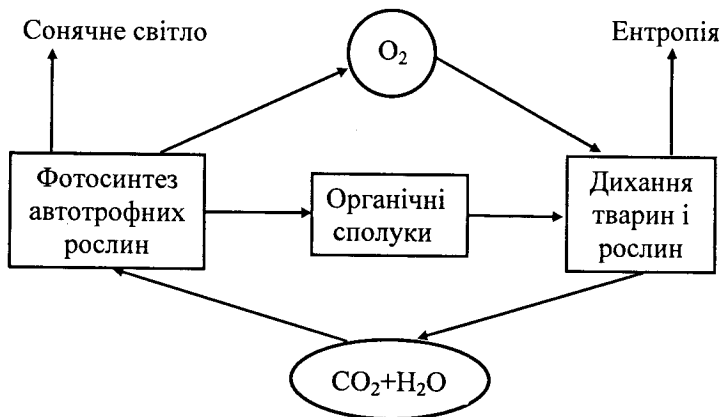


Рис.1.10

Розглянемо коротко деякі інші життєво важливі цикли. Кругообіг азоту – один із найбільш складних циклів. Лише певна категорія організмів здатна впливати на окремі фази цього циклу. Газоподібний азот безперервно надходить в атмосферу в результаті життєдіяльності денітрифікуючих бактерій, а бактерії-фіксатори разом із синьо-зеленими водоростями невинно поглинають його. Найбільш активними фіксаторами вільного азоту можна вважати бактерії бобових. Фіксація атмосферного азоту здійснюється також за допомогою індустрії добрив. Основним джерелом сірки, доступної рослинам, є сульфати, засвоєння яких дає дуже цінні амінокислоти. Органічні відходи розкладаються бактеріями, що виробляють сірководень. Основним джерелом неорганічного фосфору, одного з головних елементів органічних речовин, є апатити і фосфорити. Відмерлі організми за допомогою мікробів перетворюються в мінеральні ортофосфати. Фосфор – один з обмежувальних факторів росту автотрофних організмів. Як вважають деякі спеціалісти, фосфор – найслабкіша ланка в життєвому ланцюзі, що забезпечує існування людини.

Оснoву енергетичних процесів у біосфері становить енергообмін. Енергія, що надходить у біосферу у вигляді сонячного випромінювання, витрачається на зміну кількості теплової енергії в біосфері і консервацію частини енергії в органічних рештках осадових порід. Значна частина енергії повертається назад у космос

шляхом відбиття і теплового випромінювання. Баланс сонячної енергії можна представити за допомогою рівняння

$$E = E_1 + E_2 + E_3, \quad (1.17)$$

де E – загальна кількість енергії, що поступає на Землю; E_1 – енергія, що відбивається в космос; E_2 – енергія, що витрачається в атмосферних і гідросферних процесах; E_3 – енергія, що споживається в процесі фотосинтезу.

Кількість сонячної енергії, зв'язаної в процесі фотосинтезу і накопиченої в живих системах, дуже незначна (не більше 1%), але все ж за рахунок цієї енергії щорічно синтезується біля 160 млрд тон сухої речовини. Більше половини енергії, зв'язаної при фотосинтезі, витрачається в процесі дихання самих рослин. Частина енергії запасається. Ця енергія може поступати до харчових ланцюгів консументів та консервується на тривалий час за допомогою деструкторів. Речовина біосфери завдяки сонячній енергії стає активною. Зібрана і розподілена в біосфері енергія Сонця перетворюється в решті решт у вільну енергію, що може виконувати роботу.

Вивільнена в процесі розпаду поживних речовин енергія, перш ніж перейти в якусь іншу форму (наприклад, механічну енергію мускул), має спочатку перетворитися в особливий вид хімічної енергії. Такою специфічною формою хімічної енергії, специфічним паливом, є енергія, що міститься в пірофосфатних сполуках АТФ. В тепловій машині енергія, що вивільнюється при згорянні пального, перш ніж виконати роботу має перейти в іншу форму (наприклад, в потенційну енергію тиску пари). Живий організм, як будь-яка машина, потребує спеціального пального. Першою, найважливішою стадією перетворення енергії в живому організмі, є витрата вільної енергії на синтез АТФ. Загальний ККД всього термодинамічного процесу досягає 60-70%. Така висока ефективність використання енергії пояснюється тим, що живий організм представляє собою не теплову, а особливу «хімічну» машину.

Перетворення енергії в живих організмах біосфери, як і в будь-яких інших системах, відбувається за фундаментальними законами термодинаміки. По-перше, енергія може переходити з однієї форми в іншу, але не може при цьому ні зникати безслідно, ні створюватись з нічого. По-друге, будь-яке перетворення енергії неможливе без втрат у вигляді некорисного розсіяного тепла. Частина енергії, що втрачається і не може виконати якусь корисну

роботу, називається ентропією (S). Будь-яка жива система намагається прийти до стану рівноваги, в якому її термодинамічні параметри набувають незмінного значення. В такому стані ентропія стає максимальною. Тому говорять, що ентропія Всесвіту зростає. На рис. 1.11 представлена схема перетворення енергії в біосфері, з якої видно, що всі етапи перетворення супроводжуються втратами тепла, яке зникає врешті решт в світовому просторі.

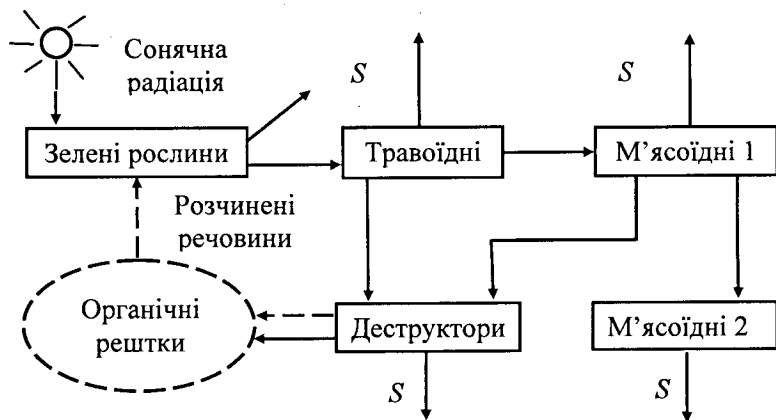


Рис.1.11

Будь-яка жива система характеризується вільною енергією G , яка є корисною частиною енергії і в певному розумінні протилежна ентропії. Вільна енергія має здатність виконувати роботу в ізотермічних умовах, характерних живим клітинам рослин і тварин. Зміна вільної енергії відбувається згідно залежності

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad (1.18)$$

де ΔH – обмін теплом між системою і зовнішнім середовищем (ентальпія системи), T – абсолютна температура, ΔS – зміна ентропії.

Всі органічні речовини при згорянні втрачають велику кількість тепла в зовнішнє середовище, тобто мають високу від'ємну ентальпію. Вільна енергія і ентропія, як видно з рівняння (1.18), змінюються в протилежному напрямі, але зрівноважують одна одну лише в тому випадку, коли нема обміну теплом з зовнішнім середовищем. В біосфері відбувається невинне поглинання тепла з зовнішнього середовища і, отже, зменшення вільної енергії менше за зростання ентропії. Цим пояснюють спонтанну еволюцію

біосфери до все більш складних і біологічно організованих стадій розвитку, на яких кількість вільної енергії зростає.

Екосистемою називається стабільна в часі функціональна єдність суспільства організмів (автотрофних і гетеротрофних), що посідають певну частину суші чи океану. Розрізняють первинну продукцію, кількість органічної речовини, що вироблена автотрофними рослинами, і вторинну, яка відповідає збільшенню біомаси гетеротрофів. Продуктивність екосистеми виражається або масою отриманої сухої речовини за рік, або кількістю енергії, еквівалентної даній біомасі. Загальна продуктивність біосфери оцінюється величиною від 83 до 170 млрд тон сухої речовини за рік. Але розподілена вона між екосистемами нерівномірно (табл. 1.3).

Таблиця 1.3

Екосистема	Поверхн, млн км ²	Біомаса, млрд т	Приріст, млрд т/рік	Первинна продукт., кг/м ² /рік
Вічнозелені тропічні ліси	17	765	37,4	2,2
Тропічні листопадні ліси	7,5	260	12	1,6
Хвойні ліси	5	175	6,5	1,3
Тайга	12	240	9,6	0,8
Листяні ліси	7	210	8,4	1,2
Чагарники	8,5	50	6	0,7
Савани	15	60	13,5	0,9
Тундра	8	5	1,1	0,14
Напівпустелі	18	13	1,6	0,09
Пустелі	24	0,5	0,07	0,003
Агроекосистеми	14	14	9,1	0,65
Болота	2	30	4,1	2,0
Озера і ріки	2	0,05	0,5	0,25
Суша взагалі	149	1837	115	0,773
Відкритий океан	332	1	41,5	0,125
Зони апвелінгу	0,4	0,008	0,2	0,5
Шельф	26,6	0,27	9,6	0,36
Коралові рифи	0,6	1,2	1,6	2,5
Естуарії	1,4	1,4	2,1	1,5
Океан взагалі	361	3,9	55	0,152
Біосфера взагалі	510	1841	170	0,333

Чиста продукція наземних рослин є результатом функціонально пов'язаних між собою фундаментальних процесів фотосинтезу, дихання, росту і відмирання. Деякі вічнозелені тропічні рослини (наприклад, цукрова тростина) можуть досягати продуктивності 6-10 кг/м²/рік. Проте це потребує додаткових витрат енергії. Порівняно висока продуктивність сільського господарства також досягається не ефективністю фотосинтезу, а за рахунок енергії пального, що витрачається при обробці ґрунту і збиранні врожаю, транспорті, зрошуванні тощо.

Максимальна інтенсивність фотосинтезу досягається при деякій оптимальній температурі повітря, але максимальний приріст чистої продукції відповідає більш низькій температурі. До того ж, фотосинтез залежить ще й від освітленості, кількості води та мінеральних солей, концентрації вуглекислого газу та інших чинників. Збільшення концентрації вуглекислого газу на 10% дає приріст чистої продукції на 5-10%.

На рис. 1.12 показана узагальнена діаграма потоку маси речовини (кг/м²/рік) в лісовій екосистемі, де цифрами позначено: 1 – загальний потік (2,65), 2 – дихання рослин (1,45), 3 – чиста продукція (1,2), 4 – накопичення зеленої біомаси (0,5), 5 – підстилка (0,36), 6 – коріння (0,31), 7 – гумус (0,42), 8 – накопичення гумусу (0,05), 9 – сумарне накопичення (0,55), 10 – сумарне дихання (2,1).

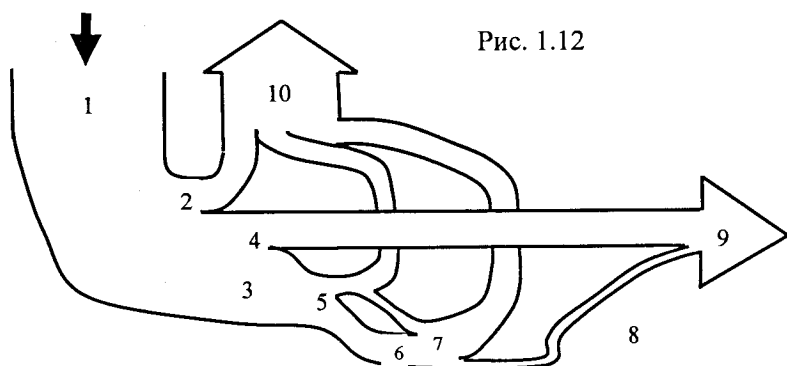


Рис. 1.12

Океани у порівнянні з наземними екосистемами дуже малопродуктивні. Середня продуктивність океану становить всього 0,15 кг/м²/рік. В екосистемах океану процес енергообміну залежить від первинної продуктивності фітопланктону, яка обмежена

освітленістю. Швидкість фотосинтезу максимальна за оптимальної освітленості порядку 50 Вт/м².

1.5. Роль повітря в біосфері

Сучасна атмосфера містить 1000000 млрд тон вільного кисню, що має біогенне походження. В первинній атмосфері кисень був відсутній. Життєдіяльність первинних організмів була основана на бродінні органічних речовин, утворених в результаті хімічних реакцій в анаеробному середовищі. Первинні організми були не тільки анаеробними, але і гетеротрофними. Поява більше 3 млрд років тому автотрофних організмів у середовищі океану стала дуже важливим етапом на шляху біологічної еволюції. Накопичений в океані кисень переходив в атмосферу. Під дією сонячного випромінювання молекули кисню розпадались на атоми і перетворювалися в молекули озону. Утворення озонного екрану, який поглинав згубну ультрафіолетову радіацію, сприяло розвитку автотрофних організмів у верхніх шарах океану, а потім і на поверхні суші. В результаті широкого розповсюдження організмів фотосинтезу швидкість утворення кисню значно зросла. Так починалося утворення атмосфери.

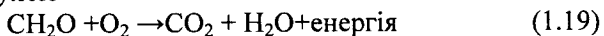
Завдяки життєдіяльності первісних організмів стала можливою еволюція вищих видів тварин і рослин. Багатоклітинні організми могли виникнути лише після того, як в атмосфері накопичилася достатня кількість кисню.

Розкладаючи в присутності кисню паливо, створене на початку в процесі фотосинтезу, клітини вищих організмів отримують необхідну для їхньої життєдіяльності енергію. Подібний процес розкладу називається диханням. Необхідно відзначити, що вільний кисень взагалі дуже небезпечний для всіх форм життя, основаних на вуглецеві. Тому більшість організмів виконує процес окислення в анаеробних умовах, забираючи в своїй поживи водень, а не додаючи до неї кисень. Отже, роль кисню в розвитку і сучасному існуванні біосфери суперечлива. З одного боку, енергетичні потреби вищих організмів можуть бути забезпечені лише за допомогою окислення, з іншого боку, виникнення і розвиток життя було б неможливе без захисту від вільного кисню.

Кисень є дуже важливим елементом, що входить до складу практично всіх життєво важливих органічних молекулярних сполук.

В середньому кожен четвертий атом живої речовини – це атом кисню. В процесі фотосинтезу утворюється і накопичується універсальне паливо всіх організмів – вуглеводи з загальною формулою $(\text{C}_n\text{H}_m\text{O}_n)$. В клітинах рослин і тварин первинний продукт фотосинтезу піддається різноманітним хімічним перетворенням. При цьому відбуваються зміни як в атомному складі органічних сполук, так і в накопиченій в них енергії. В результаті вуглеводи можуть перетворюватися в більш відновлені чи більш окислені сполуки. В більш відновлених сполуках більше атомів водню і менше атомів кисню, у більш окислених – навпаки. При спалюванні більш відновлених сполук вивільнюється більше енергії, ніж при спалюванні більш окислених. Реакції окислення і вивільнення становлять суть усіх біологічних процесів виробництва і споживання енергії.

В процесі окислення відбувається зменшення кількості атомів водню або ж збільшення кількості атомів кисню. Це може відбуватися різним чином: оксигенуванням (безпосереднє приєднання кисню), дегідрогенуванням (видаленням водню) і дегідрогенуванням з дегідратацією (приєднанням води і видаленням водню). При диханні оксигенування не відбувається, кисень є лише переносником водню. Окислення вуглеводів при диханні виражається формулою



Біологічне окислення органічної речовини починається з дегідрогенування. При цьому ферменти відбирають у молекул речовини атоми водню і віддають їх спеціалізованим молекулам – переносникам водню. В анаеробних умовах процесу бродіння роль таких переносників відіграють органічні молекули. Тому при бродінні одні органічні сполуки окислюються, інші відновлюються. Наприклад, при зброджуванні глюкози дріжджами частина її молекул окислюється до вуглекислоти, інша частина відновлюється до етилового спирту. При аеробному диханні переносником атомів водню є кисень.

Перенесення атомів водню в клітинах вищих рослин і тварин здійснюється за допомогою цілої системи каталізаторів і ферментів, зосереджених в так званих мітохондріях. Це такі собі ефективні низькотемпературні печі, призначені для спалювання органічних молекул за присутності кисню. Молекули кисню можуть і мимовільно реагувати з органічною сполукою чи іншою

відновлювальною речовиною, викликаючи токсичну дію кисню при великих його концентраціях.

Одноклітинні і найпростіші багатоклітинні організми можуть отримувати кисень, розчинений у воді, безпосередньо через зовнішню і внутрішню мембрани клітини. Складні багатоклітинні рослини і тварини потребують більш досконалих способів подачі кисню до тканин і органів, який у підвищених концентраціях становить небезпеку для організму. Окислювальні реакції вищих організмів протікають в аеробних умовах мітохондрій, що забезпечують енергією дуже активні процеси їх життєдіяльності. Типовими переносниками кисню служать гемоглобін і міоглобін. Гемоглобін переносить кисень з легень до тканин. Міоглобін вступає в дію при м'язових скороченнях в умовах гострої недостатці кисню.

Іншим за важливістю компонентом повітря є вуглекислий газ. Загальна його кількість становить 2000 млрд тон, тобто лише 0,03% від загальної маси атмосфери. Вуглекислий газ утворюється при диханні рослин і тварин, а також внаслідок промислової діяльності людей (рис. 1.13).

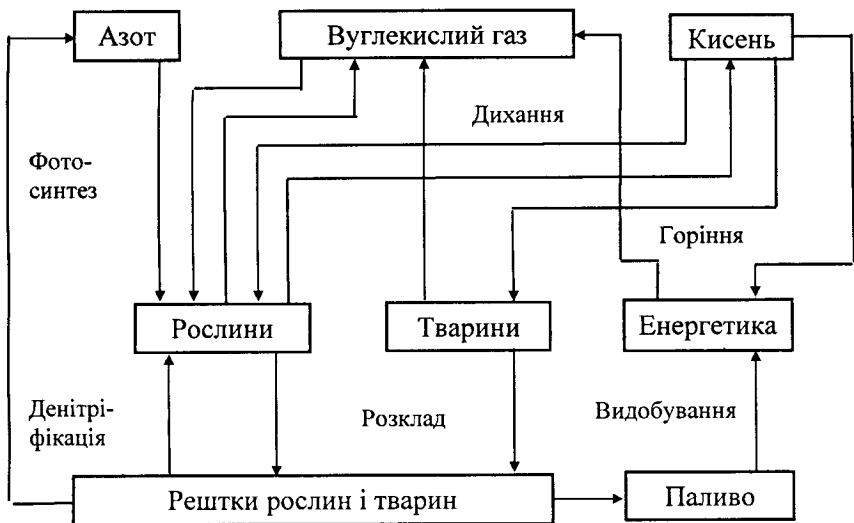


Рис. 1.13

Вивільнений вуглекислий газ частково повертається в атмосферу, а частково поглинається океаном, причому в океані його в 50 разів більше, ніж в атмосфері. Щорічне надходження вуглекислого газу в атмосферу і вихід його з атмосфери в результаті біологічних процесів становить 10% на суші і біля 3% в океані. Вуглекислий газ відіграє важливу роль у підтримці температури на поверхні землі. Підраховано, що якби, наприклад, кількість вуглекислого газу в повітрі збільшилась в 2-3 рази, то температура земної поверхні зросла б на 8 °С.

Вуглекислий газ – єдине джерело неорганічного вуглецю, з якого завдяки фотосинтезу утворюються всі органічні сполуки, що складають живу клітину. Продукти фотосинтезу є також джерелом енергії, необхідної організму для виконання механічної, хімічної та інших видів діяльності. Звичайний вміст вуглекислого газу в повітрі є лише мінімальним. Інтенсивність засвоєння вуглецю в процесі фотосинтезу досягає максимуму, коли вуглекислоти в повітрі становить 10%. Реальній атмосфері далеко до цього стану, тому рослинний світ відіграє роль потужного автоматичного регулятора, що реагує на збільшення вуглекислоти збільшенням інтенсивності його споживання. Іншим подібним регулятором є океан.

Збільшення вуглекислого газу в атмосфері завжди викликає підвищення інтенсивності фотосинтезу і виявляється корисним для рослин. Тому для підвищення врожайності багатьох видів рослин, що вирощуються в оранжереях, теплицях і навіть у польових умовах, використовують удобрення повітря вуглекислим газом. Для більшості овочевих культур оптимальною є концентрація вуглекислого газу 0,2-0,3%. Це дозволяє підвищити врожайність в теплицях на 20-50 і, навіть, 100%. Рослини стають більш розвиненими, збільшується кількість хлорофілу в листі, вони мають більшу опірність до захворювань.

За звичайних умов сільськогосподарські рослини засвоюють близько 120-250 кг вуглекислоти з кожного гектару за добу. Зелене листя несе величезні навантаження. Дійсно, в кубічному метрі повітря міститься лише 0,5 г вуглекислоти, і для отримання 1 г цукру рослина має переробити 3 м³ повітря. Це означає, що протягом дня над площею в 1 га змінюється 3600000 м³ повітря і через листя рослин проходить до 1800 кг вуглекислоти. Штучне збагачення нижнього шару повітря вуглекислим газом в польових

умовах підсилює процес фотосинтезу і підвищує врожайність сільськогосподарських культур.

Вміст вуглекислого газу над полем значно змінюється протягом доби. Зазвичай кількість вуглекислого газу вдень менша, ніж вночі. Крім добових існують помітні річні коливання, з настанням весни спостерігається зменшення вуглекислого газу в атмосфері на всіх її висотах. З квітня до вересня атмосфера північної півкулі втрачає 3% свого вуглекислого запасу.

Ліс не лише головний споживач вуглекислого газу на суші, але й потужний акумулятор біологічно зв'язаного вуглецю. В лісах сконцентровано 400-500 млрд т вуглецю, тобто 2/3 всього атмосферного запасу. Щорічно в деревину переходить біля 15 млрд т з вуглекислого газу повітря.

Третій основний елемент повітря, азот, найбільш поширений. Його кількість в атмосфері становить 4000000 млрд тон. Але він хімічно дуже інертний, необхідні особливі умови для утворення азотних сполук і їх засвоєння живими організмами. З розвитком життя на Землі під дією сонячного випромінювання, грозових розрядів, метеоритів тощо виникали реакції утворення окисів азоту, які перетворювались потім у кислоти і солі. В такому вигляді азот засвоювався первинними організмами. Найбільш активними постачальниками фіксованого азоту в біосфері є ґрунтові бактерії. Велика кількість азоту фіксуються промисловістю у вигляді добрив.

Азот – один з необхідних елементів для побудови молекул білку. В анаеробних умовах сполуки азоту можуть відігравати роль окислювачів органічних сполук з виходом корисної енергії. Специфічна роль азоту в біологічних процесах обумовлена надзвичайно великою кількістю валентностей. В органічних речовинах тварин і рослин більша частина азоту присутня або у вигляді іону амонію, або у вигляді аміносполук.

У біосфері азот проходить складний шлях перетворень (рис. 1.13), починаючи з атмосфери в клітини азотофіксуючих бактерій, потім у ґрунт у вигляді солей азоту. З ґрунту азот попадає в клітини рослин і потім в організми тварин. Відмираючи, вищі організми повертають фіксований азот у ґрунт, звідки він або поступає в нові рослини, або за допомогою бактерій-денітрифікаторів повертається у вільній формі в атмосферу.

1.6. Роль води в біосфері

Вода – основний продукт усіх життєвих процесів рослин, тварин і людей. Рослини і тварини містять більше 56% води. У людини частка води становить 65% маси тіла, а в деяких організмах кількість води може сягати 98%. В складних процесах обміну речовин вода займає центральне місце. Надзвичайні фізичні і хімічні властивості води, що ґрунтуються на здатності її молекул змінювати структуру водневих зв'язків, дають можливість протікання в живих організмах складних біологічних реакцій.

Фізичні властивості води справді унікальні. В температурному інтервалі, що найбільше сприятливий для протікання життєвих процесів, це рідина з найбільшою густиною при температурі 4 °С. Холодніша вода плаває зверху, що має дуже велике фізичне і біологічне значення. Вода має найбільшу питому теплоємність і теплоту пароутворення, завдяки чому вона є головним носієм енергії в природі. Вода має найбільше поверхневе напінання, утворюючи надзвичайно міцну поверхневу плівку. Завдяки поверхневому напінанню вода може підніматися в капілярах рослин.

Вода в природі складається з суміші її різновидів, що відрізняються хімічними властивостями. Молекули звичайної води складаються з двох атомів водню з атомною вагою 1 і атом кисню з атомною вагою 16. Існують атоми водню з атомною вагою 2 – дейтерій і 3 – тритій. Важка і надважка вода в природі зустрічаються дуже рідко. Атоми кисню також можуть мати різні атомні ваги (16, 17 і 18). Теоретично можливо 42 сполучення атомів водню та кисню в молекулі води, але лише 9 із них є стійкими. На сьогоднішній день підтверджено існування води з молекулярною вагою 19, 20, 21 і 22. В природних умовах існує 99,73% звичайної води з атомною вагою кисню 16 і 0,04% та 0,02% відповідно – 17 і 18.

Молекули води наділені деяким дипольним моментом, що збільшує розчинність речовин у воді. Тому рідка вода в біосфері ніколи не буває хімічно чистою. У воді можуть розчинитися тверді, рідкі і газоподібні речовини, навіть такі як золото і граніт. У незначних кількостях присутні в ній і мікроелементи: бор, бром, йод, мідь, арсен, фтор, кобальт тощо. Разом з водою мікроелементи надходять в клітини організмів, проявляючи позитивний вплив на ріст, розмноження і тривалість життя тварин і рослин.

За допомогою рослин у кругообіг залучається 475 млрд тон води. Вода відіграє важливу роль у формуванні білків, жирів і вуглеводів. В основі всіх цих процесів утворення органічних сполук лежить фотосинтез. Це не лише фізичний процес споживання сонячної енергії, це також і хімічний процес зв'язування води і вуглекислого газу з утворенням вуглеводів та інших органічних сполук. Вода в рослинах присутня в двох формах: вільній і зв'язаній. Кількість вільної води в рослині приблизно в 5 разів більша, ніж зв'язаної. Так, наприклад, для синтезу 20 тон сирової біомаси через корені рослин має пройти 2000 тон води. В результаті ці 20 тон біомаси міститимуть 15 тон вільної води і 5 тон сухого органічного матеріалу, з яких 3 тони – засвоєна і трансформована вода. Біля 40% сонячної енергії витрачається на випаровування води в процесі її транспірації через листя, 30% відбивається від рослин і лише 1% переходить в енергію біомаси.

Вуглекислий газ проникає через численні мікроскопічні отвори в листі і потрапляє в міжклітинне середовище. В подальшому засвоєнні вуглекислого газу вже безпосередньо приймає участь і вода. Основу механізму фотосинтезу становлять внутрішньоклітинні сполуки – так звані хлоропласти. Оптимальна інтенсивність фотосинтезу спостерігається при незначному дефіциті води в листі. Збільшення кількості води ускладнює доступ вуглекислого газу до клітин, її ж зменшення збільшує в'язкість протоплазми. І те і інше перешкоджає доступу вуглекислоти в хлоропласти.

Фізіологічні процеси рослин можуть протікати нормально за умови достатнього насичення їхніх клітин водою. Основним органом, що забезпечує рослини водою, є коренева система, яка складається із зон росту, всмоктування і передачі. Разом з водою в рослинні клітини надходять і солі азоту, фосфору, калію та інші. Використання води строго регулюється органами рослин. Невпинність руху води всередині рослини забезпечується високопродуктивними осмотичними механізмами клітин і процесами транспірації листя. Ґрунтова вода може бути приступною і неприступною для рослини. Перша ознака дефіциту води – в'ялість листя і стебел. Дефіцит більше 20% призводить до зниження інтенсивності фотосинтезу, 50% – до його припинення. Гострий дефіцит може викликати припинення внутрішньоклітинних процесів обміну речовин аж до повного руйнування білків і вуглеводів.

Отже, вода в житті рослини відіграє виключно важливу роль. За участі води здійснюються практично всі фізіологічні процеси. До того ж, вода створює умови поєднання і взаємозв'язку ґрунту, рослин і атмосфери.

Вода має надзвичайно важливе значення в організмі і посідає чільне місце в складному процесі обміну речовин. Жоден життєвий процес в організмі людини чи тварини не може відбуватися без води і жодна клітина організму не може існувати без водного середовища. Найбільше клітинної води (біля 70%) знаходиться в протоплазмі, 7% – у плазмі крові і 23% – у міжклітинній рідині. Вода, як чудовий розчинник харчових продуктів, використовується органами травлення. Велика теплота випаровування води через шкіру забезпечує надійну терморегуляцію організму. Добова потреба води організмом дорослої людини становить 2,5 л. Частина цієї води утворюється безпосередньо в організмі в процесі життєдіяльності при розпаді білків, жирів та вуглеводів (ендогенна вода).

Переміщення води з крові у міжклітинний простір відбувається за фізичними законами. В результаті роботи серця всередині судин створюється гідростатичний тиск, який намагається просочити рідину через стінку судини. Цьому протидіє осмотичний тиск розчинених у воді речовин. В артеріальній частині капіляру гідростатичний тиск переважає, і вода разом з розчиненими речовинами проникає крізь стінки судини в міжклітинний простір. У венозній частині капілярів гідростатичний тиск падає, і вода разом з відпрацьованими продуктами життєдіяльності організму повертається назад у кров.

З міжклітинного простору вода попадає в клітини. Цей процес також відбувається відповідно закону осмосу і визначається властивостями клітинної мембрани. Мембрана діє подібно такому собі біологічному насосові, що регулює осмотичний тиск і керує процесом проходження води з міжклітинного простору всередину клітини і назад.

Головний шлях виведення води з організму – через нирки. Це один з органів, що найбільш інтенсивно працюють в організмі. При масі нирок, яка становить лише 1/200 маси тіла, вони використовують 10% всього спожитого людиною кисню. Споживання енергії на одиницю маси нирки більше ніж у будь-якому іншому органі. У нирках кров очищується від непотрібних

продуктів обміну речовин, що надходять з тканин у розчиненому вигляді. Крізь стінки ниркових капілярів проходять всі розчинені в плазмі речовини, крім білків. Серед них багато і корисних речовин. Тому в нирковому апараті виконується ретельний розподіл розчину. Корисні продукти разом з водою повертаються назад у кров. В кінцевому відділі ниркового каналу розміщені нервові рецептори, які реагують на вміст води в крові. При зниженні насиченості водного розчину виробляється спеціальний фермент, під дією якого збільшується проникність стінок ниркових каналів для виведення води в кров. Таким чином, нирки відокремлюють лише відпрацьовані продукти обміну речовин і лише надлишкову, непотрібну організмові, воду.

За недостатньої кількості води в організмі частина відпрацьованих продуктів залишається не виведеною і може викликати отруєння. Тому водне голодування є небезпечним станом для організму: погіршується самопочуття, зменшується працездатність. Дефіцит води 6-8% від нормальної маси тіла призводить до підвищення температури тіла, задухи, слабкості м'язів, запаморочення. При втраті 10% води починаються незворотні зміни в організмі.

Вода, що входить до складу клітинної протоплазми, міжклітинної рідини та інших утворень організму, за своєю структурою нагадує лід. Подібну воду прийнято називати структурованою. Вона має особливі фізичні і біологічні властивості. В тканинах живих організмів існує також і звичайна вода, але структурована вода важливіша для тривалого збереження функціональної життєздатності тканин і органів. Молекули живої речовини (білки, нуклеїнові кислоти тощо) у структурованій воді знаходяться начебто «упаковані» і не руйнуються. Вода з упорядкованою структурою приймає участь в біологічних процесах синтезу живої речовини клітини.

Аналогічні властивості має тала вода, яка ще довгий час зберігає залишки кристалічної структури. За результатами численних досліджень встановлено, що тала вода є своєрідним біологічним стимулятором. Так, наприклад, вона сприяє кращому проростанню насіння, більш інтенсивному росту курей, свиней та деяких видів овочів. Тала вода справляє цілющу дію на хворих серцево-судинною системою та порушенням обміну речовин. Вважають, що тала вода

може не тільки підвищувати життєвий тонус організму, але і сприяти довголіттю.

Отже, вода має величезне значення в житті організмів, і як середовище існування, і як безпосередня компонента всіх фізіологічних і біохімічних процесів. З водою з організму видаляються відпрацьовані продукти, що утворюються внаслідок обміну речовин.

Високоякісна вода – одна з неодмінних умов збереження здоров'я людей. У природній воді міститься величезна кількість різноманітних мінеральних речовин, як корисних, так і шкідливих для організму людини. Вода вважається доброю, якщо мінералізація її не перевищує 1000 мг/л. Але і дистильована вода також шкідлива для здоров'я.

Твердість води характеризується вмістом солей кальцію і магнію. Надлишкова твердість сприяє розвитку сечокам'яної хвороби. Наявність у воді 1 мг/л фтору сприяє зменшенню розповсюдження карієсу зубів, але при його надлишку розвивається флюороз. Мікроелементи арсену і свинцю небезпечні для здоров'я, і їх концентрація не повинна перевищувати 0,05 мг/л. Вміст стронцію в природних водах коливається в широких межах від 0,1 до 45 мг/л. Тривале вживання води, що містить 7 мг/л стронцію не викликає змін в організмі, проте у великих кількостях він впливає на процеси формування кісткових тканин. Радіоактивний уран, що знаходиться в мікроскопічних кількостях в усіх рослинних і тваринних організмах, є нормальним компонентом протоплазми клітин. Допустимою є концентрація урану в воді 1,7 мг/л.

Найбільш поширені способи знешкодження води – хлорування і озонування. Озон добре знебарвлює воду і надає їй приємного смаку. Якість питної води можна надовго зберегти, збагативши її іонами срібла в кількості 0,05-0,4 мг/л. Ще один спосіб знезараження води пов'язаний з обробкою ультрафіолетовим випромінюванням.

Останнім часом для отримання високоякісної води в південних районах використовуються опріснювальні установки, що використовують дешеву сонячну енергію. Розроблені різноманітні конструкції опріснювачів: парникового типу і з концентраторами енергії. Опріснювати солону воду можна в спеціальних ваннах, пропускаючи через неї струм, а також шляхом її виморожування.

Вода з давніх-давен використовується людиною і в економіці. Виключно важливе значення має вода, як джерело енергії. Це використання потенціальної енергії води, як рушійної сили в турбінах ГЕС. У паросилових установках ТЕС і АЕС в якості рушійної сили використовується водяна пара. Тепло нагрітої води використовується для обігрівання приміщень. Одним з найбільш значних споживачів води є сільське господарство. Це, перш за все, зрошення, яке охоплює 15% всіх оброблюваних площ світу. Продукція зрошуваних земель становить більше половини світового обсягу. Зрошувальне землеробство швидше за все буде і в майбутньому домінувати. Потужними споживачами високоякісної води є також промислові тваринницькі комплекси. Величезних водних ресурсів потребує розвиток рибного господарства.

1.7. Роль ґрунту в біосфері

Ґрунт разом з суміжною частиною атмосфери є головною ареною розвитку життєвих процесів. Вище і нижче цього насиченого шару прояви життя поступово сходять нанівець. Практично все рослинне життя суші, а отже і залежний від нього світ тварин, пов'язані з ґрунтом, як областю існування і необхідним джерелом харчування. Завдяки ґрунту з допомогою рослин і тварин ми отримуємо необхідні нам їжу, енергію, сировину для промисловості. Ґрунтовий покрив світу, його родючість створюють надійний фундамент життя на Землі. Проте ґрунти утворились не відразу. Потрібні були сотні мільйонів років, перш ніж суша стала більш-менш придатною для розповсюдження життя.

Спочатку земна кора являла собою суцільну гірську породу. Поступово процеси механічного руйнування гірських порід під впливом температурних змін, води та вітру, а також хімічної дії на них атмосфери і гідросфери приводили до утворення розпушеного поверхневого шару і мінералізації водних розчинів. В результаті утворилися так звані осадові породи у вигляді наперемісних шарів глини і піску. В наш час більша частина поверхні Землі вкрита осадовими породами, хоча процес руйнування гірських порід триває й донині.

Проходили тисячоліття. В умовах зростання ролі живих організмів процеси утворення осадових порід посилювались. Першими живими організмами були бактерії, потім мохи і лишайники. Вони

разом з водою і повітрям продовжували руйнування гірських порід. Відмираючи, вони розкладалися і утворювали перегній – гумус. Перегній змішувався з осадовими породами і цементував їх. Так починав зароджуватися у верхній півці земної кори специфічний органічний комплекс – ґрунт. Він послужив середовищем для розвитку більш складних і сильних наступних видів рослин.

Гірська порода продовжувала руйнуватися, а густа мережа коріння зміцнювала ґрунт. Родючість ґрунту неухильно зростала. Рівнини і гори покривалися зеленню, жили й розвивалися рослини, а разом з тим підвищувалась якість ґрунтів. Однак не лише рослини заселяють ґрунт, в ньому знаходять своє місце величезна кількість бактерій, комах, тварин. Велике значення для утворення ґрунту мають дощові черв'яки. Все це жило, рухалося, харчувалося, розмножувалося і відмирало. Працюючи день у день, воно переробляло ґрунт, удосконалюючи його структуру і удобрюючи.

Величезну роль у процесі утворення ґрунту відіграють бактерії. Ці мікроскопічні малі організми також живуть бурхливим життям: дихають, живляться і розмножуються. Бактерії розкладають відмерлі рослини і тварини, перероблюючи їх у гумус, потім у корисні мінеральні речовини. Особливо велике значення мають бактерії, які забезпечують живлення рослин сполуками азоту. Завдяки життєдіяльності цих бактерій, які розкладають рештки організмів, утворюються аміак, азотиста і азотна кислоти, селітра, які безпосередньо використовуються в живленні рослин. Утворена в ґрунті азотна кислота розчиняє ряд мінеральних речовин, що містять фосфор, калій та інші корисні елементи, і перетворює їх в легкодоступну для рослин форму.

Існують і інші дуже важливі бактерії, які для побудови свого тіла засвоюють вільний азот атмосфери. Ці бактерії-аероби найчастіше зустрічаються в добре провітрюваних ґрунтах. Для засвоєння азоту їм потрібна енергія, яку вони отримують, розкладаючи органічні речовини в процесі дихання. Після відмирання клітини бактерій піддаються гниттю, і в результаті утворюються азотисті солі, які можуть засвоюватися рослинами.

Найбільш активними споживачами вільного азоту є бактерії бобових. Проникаючи в тканину кореневої системи своїх рослин-хазяїв (конюшини, люцерни, вики, гороху тощо), вони швидко розмножуються і утворюють на корінні малесенькі нарости – бульбочки. Спочатку ці мікроби поїдають у рослин потрібні їм

органічні речовини, але коли рослина досить зміцніє, вона своїми соками вбиває мікробів і відбирає зібраний ними запас зв'язаного азоту. Зазначені бактерії збагачують азотом не лише самі рослини бобових, але і ґрунт. Крім того, після відмирання рослин бульбочки виділяють значну кількість органічного азоту.

Зв'язаний азот ґрунту незамінний у житті багатьох рослин. Кожний кілограм спожитого азоту ґрунту дає приріст врожаю зернових 5-10 кг, картоплі і цукрового буряку 50 кг і т. д.

Розвинений ґрунт значно відрізняється від того, що лише зароджується. Це значний пласт землі товщиною іноді в декілька метрів. В ньому можна виділити горизонтальні шари (рис.1.14).

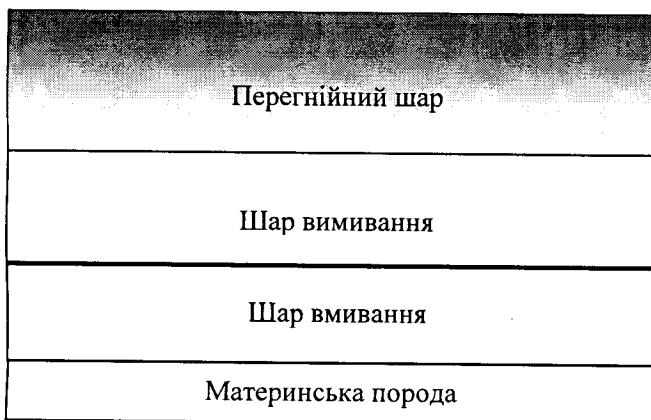


Рис. 1.14

Верхній шар ґрунту темного кольору, в якому зосереджена більша частина коріння рослин, називається перегнійним. Цей шар утворений відмерлими листям і стеблами рослин, тварин і іншими рештками організмів, що зотліли і перетворилися на гумус. Змішуючись з частинками гірських порід, гумус склеює їх, цементує і перешкоджає вимиванню та вивітрюванню. Легко розчинні солі зазвичай виносяться з цього шару дощами. Під перегнійним шаром розташований світліший шар вимивання. Перегною в ньому значно менше. Найдрібніші частинки ґрунту і солі теж утримуються тут гірше і вимиваються водою сильніше, ніж з перегнійного шару. І, нарешті, третій шар, що по зовнішньому вигляду нагадує породу, з якої утворився ґрунт, називається шаром вмивання. Це найбільш

щільний шар, в якому осідає частина вимитих з верхніх шарів речовин.

Всі три означені шари – перегнійний, вимивання і вмивання – складають ґрунт взагалі. Отже, ґрунт, що може давати врожай, – це поверхневі шари осадових порід, перероблені і змінені сукупною дією клімату, бактерій, рослин і тварин, а також діяльністю людини. Під шаром ґрунту залягає первинна осадова порода, що породила ґрунт. Її називають материнською гірською породою. Потужність ґрунтового покриву може змінюватися в широких межах, середнє її значення прийнято 1 м. Об'єм ґрунтового покриву Землі оцінюється величиною 120000 км³, що відповідає масі сухої речовини ґрунту 160000 млрд т.

До складу ґрунту входять мінеральні та органічні речовини, рідка фаза у вигляді ґрунтових вод і газова фаза у вигляді ґрунтового повітря. Об'ємне співвідношення цих фаз у відсотковому вираженні 50:20:30. Інший вигляд має аналогічне вагове співвідношення 87,07:12,9:0,03. Основна маса ґрунтового матеріалу зосереджена в її мінеральній частині, що містить кварц, окиси алюмінію і заліза, вапно, гіпс та ін. За складом мінеральної частини розрізняють глинисті і суглинні, піщані і супіщані ґрунти. Глинисті і суглинні ґрунти вміщують ряд мінералів, що мають необхідні рослинам елементи: кальцій, калій, фосфор, залізо, алюміній та ін. Піщані і супіщані ґрунти містять дуже багато кварцу, який не використовується рослинами.

Разом з водою рослини засвоюють з ґрунту необхідні їм мінеральні речовини, що містять азот, фосфор, калій, кальцій, залізо, сірку, мідь, магній, алюміній та багато інших. Всі ці речовини дуже потрібні рослинам, і жодна з них не може бути замінена іншою. Більшість мінеральних речовин зазвичай є в наявності в ґрунті в кількості, достатній для живлення рослин, а ось азот, калій і фосфор, що використовуються рослинами в значних дозах, потребують спеціального їх внесення в ґрунт.

Органічні речовини ґрунту у вигляді гумусу або перегною, торфу і підстилки утворюються з залишків рослин, тварин і мікроорганізмів після певної стадії їхнього розкладу і нового сполучення окремих частин. Близько 90% органічної речовини ґрунту становить гумус, кількість якого в біосфері оцінюється величиною до 2500 млрд т. Запаси органічної речовини у вигляді торфу і підстилки відповідно дорівнюють 250 і 190 млрд т.

Гумус, що містить велику кількість темних речовин, сприяє підвищенню родючості ґрунтів, покращенню їхньої структури. Завдяки гумусу ґрунт стає пухким, добре пропускає воду і повітря. В ґрунті відбувається безперервний кругообіг перетворення органічних речовин: розклад і мінералізація гумусу і новоутворення гумусних речовин. В результаті Земля звільняється від накопичення решток, що є одним з природних механізмів оздоровлення біосфери. Максимальний вік гумусу в різних місцях земної поверхні становить від 4 до 19 тисяч років. Кількість утвореного гумусу залежить, перш за все, від умов розкладу органічних речовин. Якщо умови не сприяють збереженню продуктів розпаду, то накопичення гумусу буде мізерним навіть при великій продуктивності живої речовини. І навпаки, умови сповільненого розкладу можуть приводити до значного накопичення гумусу і за низької продуктивності. Мінералізація гумусу відбувається під дією ґрунтових організмів (безхребетних, бактерій і грибків), а також доступу кисню повітря.

Повітря ґрунту значно відрізняється від атмосферного. Воно збагачене вуглекислим газом, який утворюється при тлінні органічних решток, диханні живих організмів і коріння рослин, в ньому менше кисню. Особливо багато вуглекислого газу в зораному шарі ґрунту (від 0,12 до 2,5%). Процес виділення вуглекислого газу з ґрунту отримав назву «дихання ґрунту». Дихання ґрунту покращує умови вуглецевого живлення рослин. Крім того, рослини можуть засвоювати до 5% вуглекислого газу своєю кореневою системою, транспортуючи його в листя, де він перетворюється за допомогою сонячної енергії в органічні сполуки.

Розділ 2

НООСФЕРА І ЕКОЛОГІЯ

2.1. Поняття ноосфери

Головними складовими ноосфери, її признаками і факторами є інертна і жива матерія, людство як головна геологічна сила, наукова думка як планетарне явище, соціальна структура і діяльність суспільства, культура як прояв біохімічної енергії. Стійкість розвитку ноосфери може забезпечити лише світове правління, яке повинно керуватися загальнолюдськими інтересами і нормами. Жива речовина є потужною силою, що створює оболонку Землі і підтримує її основоположні властивості. Людина і людство взагалі є закономірною частиною живої речовини біосфери. Причинами зростання ролі людства в розвитку біосфери виступають трудова діяльність і зростання наукових знань. Наукова думка стає планетарним явищем.

Саме тому формується роль людства як арбітра всіх явищ і процесів у світі. Людина стає ноосферною істотою, яка, керуючись Вищим Законом Творця, все визначає і перетворює, у тому числі і саму себе. Ноосферна людина – це продукт розвитку біосфери і творець ноосфери. Вона повинна оволодівати знаннями і бути духовно-моральною особистістю. Людство в біосфері відіграло провідну роль, воно виступало в геологічному процесі як єдине ціле по відношенню до решти всього живого. Існує тісний взаємозв'язок між геологічним, біологічним і соціально-історичним процесами в законі розвитку природи і суспільства. Це є закон природи. Людство в деякому розумінні – потужна геологічна сила, яка виконує перебудову біосфери в інтересах вільно мислячої людини.

Зростання кількості населення стає в наш час глобальною проблемою. Забезпечення все зростаючої потреби людства збільшує навантаження на біосферу, потребує все більше і більше їжі, енергії, мінеральних і органічних ресурсів. Уже в недалекому майбутньому ці навантаження можуть перевищити можливості біосфери.

Обмеження природних ресурсів змушує людство уже сьогодні діяти в такий спосіб, щоб не порушувати рівноваги між прогресом і природою. Діяльність нинішнього покоління повинна давати можливість буття і майбутніх поколінь. Економіка все більше і більше стає світовою, отже повинна обов'язково враховувати екологічні фактори.

Поняття народонаселення включає раси, нації, кількість працездатних, рівень освіти і професійної підготовки, соціальний склад, стан здоров'я і багато інших характеристик. Народонаселення виступає як суб'єкт всіх суспільних відносин. Демографічні процеси в структурі народонаселення останнім часом набувають особливого значення. В деяких частинах світу має місце перенаселення, коли з'являються надлишки населення і неможливість території забезпечити засоби існування. Це викликає дифузії населення із слаборозвинених країн в індустріально розвинуті і породжує ряд проблем, пов'язаних з різницею в культурі, релігії між мігрантами і корінним населенням.

За прогнозами ООН кількість населення на нашій планеті в 2050 році може зрости до 9 млрд мешканців, кількість населення Індії досягне 1,5 млрд. Кількість населення країн, що розвиваються, зросте до 7,8 млрд. Що до розвинених країн, то тут кількість населення залишиться на тому ж рівні, а в деяких країнах буде навіть зменшуватись: в Росії на 26 млн, в Японії на 15 млн, в Германії на 10 млн. Продовжуватиме зростати населення США до 400 млн. До 2100 року населення Землі зросте до 10-11 млрд.

Світ зіткнеться з проблемами недостачі продуктів харчування, з загрозами продовольчої безпеки. При тому всьому в світі зростатиме кількість зерна, що використовується на виробництво біоетанолу, палива для двигунів. Це зменшить кількість угідь для вирощування зернового фуражу на виробництво м'яса і молока. Дуже часто вдаються до використання дешевого генномодифікованого зерна, що дуже сильно впливає на якість і безпеку харчування. Сільським господарством стає займатися не вигідно.

Проблема народонаселення – одна з найскладніших, вона розвивається за своїми специфічними законами, які не відповідають соціально-економічному і культурному рівням розвитку суспільства. Спостерігається тенденція саморегулювання людської популяції, стан незмінної чисельності за рахунок зближення показників народжуваності і смертності, динамічної рівноваги. На

цьому шляху до рівноваги людство пережило 4 стадії демографічного переходу: 1) високий рівень народжуваності і смертності дорослих і дітей, середня тривалість життя 18 років; 2) зниження народжуваності і смертності, середня тривалість життя 35-40 років; 3) уповільнення темпів зниження народжуваності, наближення рівнів народжуваності і смертності, високий рівень людей похилого віку; 4) стійка динамічна рівновага народжуваності і смертності, близький до 0 приріст населення.

Природа сама починає контролювати і регулювати приріст населення планети. Але величезну роль відіграє і становлення спільноти людства. Існує тісний взаємозв'язок геологічного, біологічного і соціально-історичного розвитку природи і суспільства. Еволюційний процес цілком направлений на перебудову біосфери в інтересах вільно мислячої людини.

Виникає необхідність створення нового глобального етносу на основі загальнолюдських цінностей на особистісному рівні. В основі загальнолюдських цінностей мають стати довіра, солідарність, добро, співробітництво в політичній і економічній сферах, гуманізм, які повинні стати нормою діяльності окремих людей, суспільства, міжнародних органів і держав. Загроза термоядерної катастрофи перестає бути нагальною для людства, а от загроза екологічної кризи уже відраховує час до загибелі людства. Перед людством стоїть дилема: або ми спасемо природу і забезпечимо умови життя всіх людей на планеті, або нам не вдасться це зробити і тоді всі загинемо.

Загроза термоядерної і екологічної катастроф зближують людство, породжують загальнолюдські інтереси, цінності і моральні норми, розумність рівноваги, баланс інтересів всіх мешканців Землі. Загальнолюдські норми моральності: не вбий, не кради, поважай, будь чесним, справедливим, відповідальним та інші потребують для свого впровадження в життя узгодження політичних, економічних і культурних дій і відмови від насильства. Кожний індивід повинен вкладати в своє моральне кредо свою приналежність не лише до свого оточення, класу, нації, країни, але і до всього людства як одного цілого. Кожен має зрозуміти: хочеш жити, ствердуй і виконуй загальнолюдські цінності і принципи.

Людина отримала велику владу над природою, над долею всієї планети і над власною долею. Загрозу несуть не тільки негативні наслідки неправильного використання досягнень науки, але і

знання. Знання без мудрості і духовності, без гуманізму ведуть до катастрофи. Лише мудра і духовно розвинена людина може уникнути техногенної катастрофи, використовуючи нові ресурси, направляючи їх на благо людства. Духовність – вищий рівень пізнання світу людьми в поєднанні теоретичних і емпіричних знань, моральності і естетики, в оволодінні культурою і досвідом людства. В наш час спостерігається перехід від релігії страху до моральної релігії. З'являється новий етап розвитку релігії – космічна релігія почуття, характерна для видатних людей, яка відкидає наявність антропоморфного Бога. Індивід відчуває марноту людських бажань і величність природи та світу ідей. Він починає розглядати своє існування як якесь тюремне ув'язнення, а Всесвіт сприймати як єдине ціле і розумне. Перед релігією стоїть важливе завдання – стати єдиною світовою космічною релігією, що поєднує любов до Бога, природи, людей і Космосу. Вона повинна призивати людство до досконалості на основі досягнень науки і многогранності духовного світу, матерії і соціального досвіду.

Людина стає явищем екологічного, ноосферного, масштабу і в той же час регулятором і гармонізатором соціальної і природної еволюції. Важлива і відповідальна роль у підготовці такої людини покладається на систему освіти. Майбутнє диктує сучасності програму освіти і виховання на майбутнє. Школа і університет повинні готувати покоління людей, що житимуть в недалекому майбутньому в умовах небезпечних ризиків і викликів відносно екології, що швидко погіршується.

Система освіти має давати не тільки все зростаючу суму знань, але й такі аспекти майбутнього суспільства як духовність, моральність, гуманізм. Духовне має ставати пріоритетом при зростаючому впливі людей на природу, поглиблення знань, необхідних для створення машин і нових технологій, у тому числі інтелектуальних. Формування духовності повинно стати альтернативою технократичним, негативним впливам різних виробництв на природу. Потрібне партнерство всіх культур, націй, народів, цивілізацій. Це мають розуміти не лише політики, а й школярі, студенти, з яких з часом виростуть нові політики, організатори виробництв, діячі науки.

Екологізація всієї життєдіяльності людства потребує встановлення гармонії між суспільством і природою, збереження середовища мешкання. Молоді люди повинні з молоком матерії

засвоювати необхідність берегти природу, розумно розпоряджатися її ресурсами. Екологія не знає ні територій, ні політичних кордонів, вона єдина, а людство є частиною природи і має підкорятися її законам. Історія свідчить, що коли держави, нації не мають великої ідеї, їм загрожує падіння і загибель. Загальна ідея – основа виживання людства, виходу із кризи всього світу. Всі люди планети повинні перейнятися духом цієї ідеї. Кожна людина має відчувати сенс свого життя, знайти сферу використання своїх сил і від цього отримувати матеріальне і моральне задоволення і радість життя.

Подібна екологізація людської діяльності набуває сьогодні обов'язкового характеру. Увага до екологічного виховання людей повинна мати пріоритетний характер. У свідомості кожної людини необхідно закладати невідворотність закону гармонії між суспільством і природою, збереження для себе і нащадків придатного для життя середовища проживання. Наслідки нерозумної господарської діяльності не повинні загрозувати людству ані сьогодні, ані в майбутньому. Екологічна суспільна свідомість має прищепити кожній людині розуміння того незаперечного факту, що кожна людина є частинкою природи і має підкорятися її законам, що закони природи мають вищий пріоритет над законами соціальними. Величезна господарська діяльність людства потребує від господарників високої моральності і розуму. Все це потребує розуміння і виваженості в політиці, взаємовідносинах між державами і народами перед лицем масштабних викликів і проблем глобального характеру.

В основі фундаментальних соціально-економічних і соціально-природних відносин повинна бути моральність людей. У нинішнього людства бракує духовності, відповідальності і почуття обов'язку перед прийдешніми поколіннями людей – нашими дітьми, внуками і правнуками. Це особливо стосується апарату чиновників держав усього світу. Наслідки прогресу в економіці не повинні загрозувати існуванню людства в майбутньому. Для цього необхідно послідовно і наполегливо дбати про екологічну грамотність підприємців, чиновників і всіх простих людей за стан природи нашої планети. В основі екологічного виховання людей повинен бути науковий світогляд натуралістичної філософії і соціально-етичних ідеалів. Наукова думка є головним джерелом екологічного виховання людей і повинна бути пріоритетом в будь-якій державі. Це вимагає значних змін в системі освіти, поступового

її вдосконалення, посилення її ролі і значення. Освіта має передбачати не лише засвоєння певної суми знань, але і створення таких аспектів майбутнього суспільства як духовність, моральність, гуманізм. Дух, мораль і гуманність повинні стати альтернативою технократизму, негативного впливу виробництва на природу і життя людей.

2.2. Еволюція ноосфери

Біосфера, як було зазначено вище, – це результат взаємодії живої речовини з неживою природою. Біосфера є саморегульованим органом, що підтримує власне існування завдяки біогенно налаштованому геологічному процесові еволюційного розвитку планети. Відповідно біохімічні процеси – обмін речовин на земній поверхні. Суть біосфери не обмежена лише областю поширення життя на Землі, сукупністю взаємовпливу організмів, але і сукупністю умов впливу неорганічного середовища, інертної речовини. Ця єдність функціонує як система в активному розвитку. Біосфера Землі також тісно пов'язана і з Космосом. Космічне випромінювання несе енергію для розвитку нашої планети. Величезна роль у цьому процесі належить Сонцю. Якраз сонячне проміння обумовлює головні риси механізму функціонування біосфери.

Жива речовина забезпечує обмін атомів на Землі між живою і неживою природою, між організмами і інертною речовиною. Жива речовина становить порівняно незначну частку маси земної кори, та через тіла організмів за кожен рік проходить більше вуглецю, ніж його містить земна кора. Майже весь вільний кисень у біосфері утворився за допомогою діяльності організмів. Процеси окислення проходять на Землі в мільйони разів інтенсивніше, ніж імовірно будь-де в Космосі.

За останнє тисячоліття спостерігається інтенсивне зростання впливу людини, як одного з видів живої речовини, на всю біосферу. Під впливом наукової думки і людської праці біосфера переходить в новий стан – ноосферу. Такий вплив на біосферу не є випадковим явищем і не залежить від волі людини, а виступає як закономірний природний процес трудової діяльності і зростання наукових знань.

Біологічною основою розумової діяльності людей є еволюція головного мозку. Центральна нервова система і мозок людини в її

розвитку не мають зворотного напрямку. В цьому полягає причина зростання розумової діяльності людства. Соціальне життя, система навчання і виховання людей, накопичення і передача досвіду за допомогою мови сприяють прогресивному розвитку. Людина стає потужною геологічною силою. Перед людиною стає грандіозна проблема перебудови біосфери в інтересах майбутнього людства як одного цілого. Наукове розуміння і науковий пошук захоплюють сотні мільйонів людей, практично все населення планети. Наука призначена не лише пізнавати істину, але і робити її надбанням всього людства, створювати основу подальшого розвитку цивілізації. Завдяки біологічній еволюції ноосфера не лише набуває свідомості через людей, але і отримує свободу розпоряджатися собою, продовжувати себе і, як діяльний індивід, тримати себе в своїх руках.

Ноосферу слід розглядати як оболонку Землі, що перетворюється працею і розумом людини, що зародилася у далекому минулому. Вона почалася з моменту мислення і трудової діяльності людини як потужна геологічна сила. Велику роль в її становленні і розвитку відіграє жива речовина, наукова думка, людський розум, що стає планетарним явищем. Ноосфера є плодом трудової і духовної діяльності людства, завдяки яким і відбуваються геологічні процеси і біологічна еволюція переходу біосфери в ноосферу. Але необхідно відмовлятися від будь-яких намірів підкорення природи. Ілюзорність перемоги над природою більш небезпечна за поразку. Лише підкорюючись природі можливо володіти нею. Чим швидше, тим краще потрібно переходити від підкорення природи до її охорони і зберігання. Людина повинна жити в узгодженій взаємодії з природою на основі розумної діяльності.

Як зазначалося, в біосфері розрізняють дві частини: живі організми і інертна речовина. Живі організми, людина з її розумом і трудовою діяльністю перетворюють як першу, так і другу частину біосфери. Людство весь час намагається навести лад у суспільстві і природі, але воно не може впоратися зі стихійними процесами як у природі, так і в суспільстві. Ноосфера може успішно розвиватися лише на основі глибокого пізнання законів природи і біосфери зокрема. Отже, ноосфера є лише частиною біосфери. Біосфера і ноосфера співіснують одна з одною, ноосфера входить в біосферу, не поглинаючи і не замінюючи її, тобто ноосфера, як частина

біосфери, організована моральною силою розуму людей. Звідси випливає необхідність формування духовності, наукового світогляду, загальної культури, гуманізму і любові в суспільстві.

На початку існування людства його вплив на процеси в біосфері був мізерним, і лише 15-20 тисяч років тому він став проявлятися наочніше. Збільшення ролі людей на розвиток геохімічних процесів можна бачити на прикладі освоєння все більшої кількості хімічних елементів. В давні часи люди використовували лише 22 елементи, до XVIII сторіччя – 28, у XVIII сторіччі – 30, у XIX – 52, а в XX – 62. Протягом другої половини XX сторіччя видобуток вугілля виріс з 1950 до 4615 млн т, нафти з 516 до 3467 млн т, газу з 196 до 2126 млрд м³, залізної руди з 245 до 1000 млн т, видобуток хрому збільшився в 5 разів, титану – в 6,6 разів, нікелю – в 6,3 рази, ванадію – в 20,1 рази, молібдену – в 8,2 рази, міді – в 4 рази і т. д. Зростали не тільки обсяги видобутку, але і їх вартість та ціна: цинку – в 3,6 рази, свинцю – в 3,16 рази, міді – в 6,4 рази, залізної руди – в 7 разів, нафти – в 35 разів! Людство значно збільшило свій вплив на біохімічні процеси в біосфері. Дуже небезпечна тенденція, адже запаси корисних копалин не безкінечні. Виходить, що живемо за принципом: на наш вік вистачить, а після нас хоч потоп. Чи скажуть нам спасибі за це наші нащадки? Риторичне запитання.

Незважаючи на успіхи використання методів прогнозування, людство не може гарантовано передбачати наслідки використання нових досягнень науки, техніки і технології. Воно і досі мусить користуватися методом проб і помилок, при тому, що ціна помилок неймовірно зростає. Людина чим далі, тим повніше використовує потенціальні сили природи, підкоряє їх своєму впливу, потребам і інтересам. Перед нею відкривається велике майбутнє, але і величезні небезпеки. Упокорюючи природу, вона може впасти в гордощі і своєчасно не побачити негативних наслідків своєї діяльності. Залишається надіятися лише на людський розум як нову форму біогеохімічної енергії, яку можна назвати енергією людської культури, що рухає в наш час розвиток біосфери. Отже, наукові знання виступають як основна геологічна сила, яка створює ноосферу і служить основою розвитку суспільства. Наукова думка стає природною функцією біосфери, частиною змін природи в часі, як і еволюція хімічних елементів, космічних тіл і живих форм.

Отже, головними складовими ноосфери, її признаками і факторами розвитку виступають інертна і жива матерії, люди як

головна рушійна сила, наукова думка як планетарне явище, соціальна структура діяльності суспільства і людська культура як прояв біогеохімічної енергії. Життя і жива речовина – обов'язкові атрибути ноосфери, каталізатор і прискорювач геохімічних, біологічних і соціальних процесів на Землі. Жива речовина виступає проміжною ланкою між нашою планетою і Космосом. Цей зв'язок значно поширився і поглибився з виходом людини в космічний простір. Головним космічним фактором, що впливає на земні процеси, є Сонце, воно і обумовлює геохімічні цикли нашої планети, кругообіг речовин у природі.

В ноосфері головну роль виконує людина як носій розуму, головної рушійної сили, що організовує трудову діяльність, створює нову техніку і удосконалює технології. Стан і розвиток ноосфери потребує невідкладної перебудови суспільного керування і створення органів з новими функціями, у тому числі світового правління, державного об'єднання людських зусиль, широкого використання природних засобів на благо країн і народів. На черзі дня стоїть необхідність забезпечення стійкості світового розвитку, створення єдиної світової ідеології, єдиної світової релігії, нових принципів і цінностей, моральних норм. Головним принципом взаємовідносин між народами, державами, націями і індивідами повинна бути любов. Ноосферу можна уявляти як оболонку Землі, створену працею і розумом людей. Ця оболонка постійно зміцнюється, прогресує завдяки досягненням людства, об'єднанню людей в єдину глобальну спільноту, завдяки активному розвитку науки.

Багато вчених вважають, що причиною сучасної глобальної екологічної кризи є зростання чисельності населення планети і його природоборча ідеологія. За деякими даними на початку нової ери на планеті проживало 200 млн людей і на кожного індивіда витрачалося 3000 кілокалорій в день. Зараз на Землі проживає більше 7 млрд людей і на кожного витрачається більше 200000 кілокалорій в день. Навантаження на природу збільшилося в сотні разів.

Історія розвитку людства найтісніше пов'язана з отриманням і використанням енергії. До палива належать нафта і нафтопродукти (керосин, бензин, дизельне паливо, мазут), природний газ, вугілля, торф, горючі сланці, деревні і рослинні відходи, ядерне і ракетне паливо. Паливо буває тверде, рідке і газоподібне. Розрізняють також

мінеральне, рослинне паливо і продукти промислової переробки. В біосфері діють закони збереження енергії, матерії і руху, має місце ентропія, здатність енергії до перетворення. Завдяки цій властивості всі види енергії намагаються перетворитися в тепло. Тому ентропія весь час зростає, енергія деградує і земний світ невідворотно прямує до «теплової смерті». Це так званий другий закон термодинаміки, який діє лише в замкненій ізольованій системі.

Сучасна біологічна наука стверджує, що в процесі еволюційного розвитку відбувається удосконалення і створення нових видів рослин і тварин. Суспільна наука доводить можливість прогресу соціальних структур і матеріального виробництва. Все це суперечить другому закону термодинаміки, але існує можливість вирішення проблеми за рахунок розширення ізольованої системи, в рамках якої відбувається обмін енергії і матерії. Це дозволяє живим організмам і соціальним системам удосконалювати свій стан і протидіяти ентропії, взаємодіючи з розширеним середовищем мешканців. Проте цілком ентропія не може бути подолана, вона лише починає діяти в нових розширених підсистемах. Вихід в Космос дозволяє людству відтермінувати закон ентропії, але не відмінити його, хоча і дає надію на подальший прогрес. Космос являється глобальним середовищем, спільним надбанням. Освоєння космічного простору стало важливою міжнародною програмою. Формуються риси майбутньої космічної індустріалізації, космічних технологій, використання космічних енергетичних ресурсів.

Раніше вважалося, що планета Земля може прокормити 100 і більше мільярдів свого населення. Зараз цю цифру зменшено за різними оцінками до 10-40 мільярдів. Має місце тенденція зменшення народжуваності в окремих регіонах планети, але виникає й інша проблема – старіння населення, що призводить до нестачі робочої сили, вимирання сіл. Проте нема чисто біологічного вирішення проблеми подальшого розвитку людства. Практично неможливо скоротити кількість людей планети в 10 разів і забезпечити нульовий приріст населення в майбутньому. Хоча, мабуть, все ж не обійтись без прийняття рішень про певні рамки чисельності населення планети, за які неможливо виходити.

Ідея стійкого розвитку характерна в наш час лише для розвинених країн. Регіони стійкого розвитку не зменшують, а збільшують розрив між розвиненими країнами і країнами, що розвиваються. Тому необхідна нова ідея стійкого світового

розвитку. В її основі не може бути ідеалів західного світу з його розвиненими ринковими відносинами. Звичайно не можна ігнорувати досвід передових країн, потрібно взяти від них все цінне і йти далі шляхом гуманізму, моральності виправданих форм управління. Подальший світовий прогрес без цього неможливий.

Тенденція до глобалізації вимагає від національних урядів діяти разом. Завдяки цьому прийнято заборону випробування атомної і ядерної зброї, Кіотський протокол, Паризькі домовленості, заборона винищення деяких видів тварин і рослин, впроваджена Червона книга і т. д. Але для ефективного управління світовими процесами прогресивного розвитку цивілізації на Землі має з'явитися світовий уряд, який буде керуватися загальнолюдськими інтересами, принципами і нормами. В наш час національні уряди вимушені формувати глобальну політику і стратегію вирішенням глобальних протиріч і конфліктів. Демократично сформований світовий уряд міг би здійснювати це більш ефективно. Для цього він повинен покінчити з бідністю в країнах, що розвиваються, з мілітаризацією світової економіки, а вивільнені кошти направити на покращення екологічного стану на планеті, освоєння космічного простору на благо всього людства, стійкість світового розвитку, створення ефективної системи народної освіти з метою формування наукового світогляду, високої духовності і моралі, гуманізму, творчих здібностей.

Ноосферна людина повинна мати широкі і глибокі знання законів природи і суспільства, високу духовність і мораль, мислити в масштабах планети і Космосу. Важливим компонентом світогляду ноосферної людини виступають загальнолюдські інтереси, стремління до істинної рівності людей, до гуманізму. Такі складові діяльності людей як економіка, екологія і етика повинні бути тісно пов'язані і взаємозалежні.

Таким чином, узгодження інтересів усіх країн, об'єднані дії всього людства на шляху переходу біосфери в ноосферу можливо лише створенням світового уряду, світової ідеології. Лише велика ідея забезпечить стійкий прогресивний розвиток планети, ідея створення ноосфери, планетарного розуму, – це найвеличніша ідея, яка може і повинна об'єднати все людство.

В останні роки стали надзвичайно актуальними, перш за все в Європі і в США, питання стійкості розвитку світової спільноти, що виникли у зв'язку з глобальними проблемами світового розвитку, які

загрожують життю всього людства. Концепція стійкості світового розвитку в своїй основі має розумну необхідність узгодження розвитку суспільства і природи. Закони розвитку соціального життя людства створюються людьми. Закони ж природи, дані Богом, люди відкривають. Вони носять об'єктивний, незалежний характер. Закони природи незмінні і загальнообов'язкові для всіх мешканців на планеті, і ними можна лише користуватися, розумно чи нерозумно. Отже сучасний період розвитку людської цивілізації потребує обов'язкового узгодження соціальних законодавств із законами природи. Тільки так можна задовольняти потреби людей без порушення природо-використання і уникнення загрози знищення людської цивілізації. Ось чому на перший план виходять проблеми екології і необхідності екологічного всеобучу.

Стійкість розвитку світової цивілізації виходить із незаперечного факту бережного відношення до природних ресурсів, необхідності їх економного використання, збереження і примноження. Такий розвиток, що забезпечує потреби суспільства сьогодні, не повинен впливати на навколишнє середовище в розмірі можливостей біосфери і не повинен руйнувати природне середовище. Воно повинно зберігатися в необхідних параметрах, які можуть забезпечувати відновлення репродуктивної життєдіяльності людей. Вирішити цю проблему самостійно дуже важко і складно, але жити необхідно, для чого необхідно подолати цілий ряд дуже складних протиріч. Це протиріччя між природою і суспільством, екологією і економікою, розвинених країн і тих, що розвиваються, глобальних вимог переходу на шлях стійкого розвитку і національними інтересами, нинішнім і майбутніми поколіннями, багатством і бідністю, апетитом і розумними потребами людини тощо.

Для цього необхідний розумний взаємозв'язок і єдність геологічних, біологічних і соціальних законів розвитку природи і суспільства. Роль людини в системі космічної еволюції полягає в розумінні того, що геологічний еволюційний процес відповідає біологічній єдності і рівності всіх людей, які виступають єдиною потужною геологічною силою в перебудові біосфери і інтегрування вільно мислячих людей в одне ціле. Тривалий процес умовної незалежності людства від законів біосфери закінчився. Починається період співіснування з природою, в якому цивілізація має розвиватися в рамках обмежень, визначених законами біосфери.

Інакше людина може остаточно зруйнувати біосферу, і людство загине. Природа ж з часом знову досягне, мабуть, стійкої рівноваги і в цьому новому стані, але вже без існування людства.

2.3. Економічний прогрес і екологія

Поняття прогресу многогранне, – це і взагалі напрямок будь-якого розвитку, що характеризується переходом від нижчого до вищого рівня. Прогрес може бути як у світовому масштабі, так і в окремих підсистемах. Розрізняють суспільний і науково-технічний прогрес, прогрес еволюції живих систем, прогрес у техніці і технологіях і т. д. Але у всіх цих визначеннях відсутня розумна залежність прогресу від можливостей природи. Прогресивний розвиток пов'язують з необмеженістю природних ресурсів. Якщо вони обмежені, то не може бути постійного прогресу. Земна планета обмежена в просторі і ресурсах, крім того, вона не вічна, тоді і само людство не вічне.

Звичайно, іде процес підвищення рівня організації матерії, зростання кількості елементів і підсистем, ускладнюється організація їхньої структури, зростає кількість зв'язків і якість функціонування всіх елементів природи і суспільства. Все це підвищує стійкість і пристосованість живої і неживої природи. Але не можна не погодитись, що прогрес можливий лише в межах певних можливостей природи. Тому останнім часом намагаються відійти від поняття прогресу, замінивши його іншими поняттями – розвиток.

Ось чому необхідна екологізація суспільної свідомості, розуміння того незаперечного факту, що людина є частиною природи і повинна підкорятися її законам. Спочатку людина справді підкорялася законам природи, яка була господарем для неї. Потім людина почала підкоряти природу і довела стан нашої планети до глибокої екологічної кризи. Зараз настає третій етап взаємодії суспільства і природи – розуміння законів природи і обов'язкового їх використання на благо як всього людства, так і природи. Це коли розвиток суспільства обмежується можливостями природи і повністю підпадає під ці можливості. Нова філософія суспільного розвитку має будуватися на планетарній основі. Людство має розглядати планету Земля як єдиний організм, який розвивається за

власними земними законами. Саме ці закони і мають враховуватися як критерії розвитку економіки.

Взяти, наприклад, сільське господарство. Первісній людині, збирачеві, потрібно було 500 га території з постійною вегетацією рослин, а мисливцеві – ще більша територія. В наш час аграрій може прокормити за допомогою 1 га всю свою сім'ю. Прогрес прискорюється і далі. Все це поступово веде до глибоких змін в біосфері і її руйнування, оскільки замість натуральних екосистем створюються штучні агросистеми, які порушують натуральні процеси обміну речовин і саморегулювання навколишнього середовища. За рахунок сільськогосподарської діяльності протягом 10 тисяч років на 1990 рік викиди в атмосферу склали 180 млрд т вуглецю. Так, людство досягло безумовного прогресу у виробництві продуктів харчування, але за рахунок катастрофічного регресу в середовищі проживання.

Стара система взаємовідносин між суспільством і природою базувалася на постулаті, що світ безкінечний, природні ресурси невичерпні і прогрес не знає меж. До ХХ сторіччя вважалося, що природа зобов'язана безплатно постачати людству всі засоби для існування і поліпшення комфорту його життя. Природні ресурси не входили складовою до собівартості виробленої продукції. З часів А. Сміта вважалося, що лише праця є джерелом багатства і культури, а природа і природні ресурси є даниною людської цінності і не можуть використовуватися в її ціні. К. Маркс писав: "Сили природи не варті нічого, вони входять у трудовий процес, не входячи в процес створення вартості". Проте класична політична економія хоч і не взаємодіяла з екологією, але все ж враховувала етичну компоненту. А. Сміт у своїй етичній теоретичній праці розкрив протиріччя між егоїзмом, як природною властивістю людини, і альтруїзмом, як вимогою сумління ставити суспільний інтерес вище особи. Чим більше ти вкладеш грошей, енергії і любові в бізнес, тим більше цих компонент бізнес принесе тобі, – це закон економіки. Але А. Сміт все ж не торкався етики взаємовідносин між суспільством і природою.

Нова система взаємовідносин між суспільством і природою повинна базуватися на постулаті, що природа є вихідним об'єктом виробництва, економіки і екології. Екологізація економіки в наш час набуває обов'язкового характеру. Це впливає з необхідності гармонійного розвитку соціальних, економічних і природничих

відносин, із важливості збереження середовища проживання при користуванні природними ресурсами. Величезна господарська діяльність людства потребує високої моральності всіх людей. Цивілізованість суспільства визначає відношення до екології. Крім корисності і економічності виробництва необхідно враховувати і його вплив на навколишнє середовище, підвищувати відповідальність за його стан. Наслідки розвитку економіки не повинні загрожувати існуванню людей у майбутньому.

На початку нової ери на земній кулі проживало не більше 200 млн людей, зараз кількість населення перевищує 7 млрд. До 2050 року за прогнозами на нашій планеті проживатиме 10 млрд людей, і ця цифра майже досягне межі спроможності утримування. Навантаження на природу зростає в декілька тисяч разів. Демографічний вибух неймовірної потужності давить на природу і може привести до її катастрофи.

Академік Вернадський В. І. запропонував нову систему взаємовідносин між природою і суспільством, що включає наступні положення. Можливості планети обмежені, отже людство в своїй діяльності повинно виходити з пріоритетності природних законів над соціальними, прогрес має обмежуватись ресурсами природи. Людина повинна забезпечити бережне відношення до використання вичерпних природних ресурсів, встановити ліміти на використання поновлювальних ресурсів за умов обмеження можливого їх поновлення природою. Забруднення навколишнього середовища не повинно переважати можливості природи по її самозбереженню і відновленню. Необхідно шукати резерви для подальшого прогресу за рахунок освоєння Космосу, запроваджувати точно розраховані і узгоджені з законами природи економічні механізми існування і розвитку земної цивілізації.

Ринковий механізм уже не відповідає потребам ноосфери. Він не враховує масштаби і темпи витрат природних ресурсів, налаштований на зростання виробництва і прибутків, не враховує можливостей біосфери. Товарне виробництво налаштоване на пріоритет індивідуального прибутку замість врахування загального блага. Це викликає необхідність боротьби з індивідуалізмом, суспільним і державним егоїзмом, гармонійного поєднання інтересів усіх мешканців нашої планети. Сучасні ринкова економіка і створена нею економічна теорія мають в своїй основі такі категорії як фінанси, торгівля, виробництво, які пов'язані з прибутком і

ціновою грою і не враховують екологічний підхід до збереження біогеоценозів, їх деградації, погіршення здоров'я людей як результат згубних змін навколишнього середовища. Головним показником ринкової економіки виступає прибуток практично за будь-якої ціни.

Поняття економіка з старогрецької мови перекладається як мистецтво керування домашнім господарством. Воно включає сукупність відносин між людьми в процесі виробництва, форми власності, все народне господарство з його галузями виробництва. З одного боку, економіка має забезпечувати розкриття потенційних можливостей людини, а з іншого – вона, як результат промислового виробництва і сільськогосподарської діяльності, порушує рівновагу в природі, перетворює навколишнє середовище в джерело людських хвороб, втрат здоров'я. Біля 90% захворювань серед жителів великих міст – виключно фактори екологічні: забруднені питна вода, повітря, ґрунт, їжа і т. д. Отже простежується прямиий зв'язок екології з економікою.

Можна уявити три умовні стадії розвитку земної цивілізації: економіка незважаючи ні на що, економіка з урахуванням екології і екологія незважаючи ні на що. Поки що світова економіка знаходиться десь на другій стадії, але прискореними темпами наближається до третьої. Обмеження ресурсів вимагає не порушувати рівноваги між суспільством і природою, забезпечувати можливості існування і нинішнього, і майбутніх поколінь.

Людство все більше і більше починає розуміти загрозу своєму існуванню і вживає заходів до покращення екологічної ситуації. Створена і почала з величезними труднощами виконуватися програма скорочення викидів в атмосферу парникових газів, головним чином двоокису вуглецю. Підписано основними країнами Кіотський протокол, є Паризькі домовленості, хоч вони поки що діють і не дуже ефективно. Але ж зі шкідливими викидами треба якось боротися. Майже вся історія людства була спрямована на тотальну експлуатацію природних екосистем заради підвищення рівня поточного життя, але не всього людства, а лише окремих країн, які, витративши власні екологічні ресурси, стали користуватися екологічними ресурсами більш відсталих країн, нічого не платячи їм за це. Це не є правильно як з точки зору самих відсталих країн, так і екологічного стану всього світу загалом. Все це потребує розумного і виваженого підходу в політиці

взаємовідносин між державами і націями, тому що людство стоїть перед необхідністю вирішення проблем глобального характеру. Настав час, коли неможливо і далі обходитися без врахування наслідків будь-яких дій чи бездіяльності.

Економіка і екологія в своєму поєднанні можуть забезпечити таке природокористування, яке поєднає зростання життєвого рівня населення планети і збереження навколишнього середовища. Екологічність економіки в наш час набуває обов'язкового характеру, що потребує гармонізації соціально-економічних і соціально-природних відносин. Величезна відповідальність потребує від суб'єктів господарювання високої моральності.

Протягом ХХ сторіччя використання викопного палива зросло більше ніж в 10 разів. В атмосферу щорічно викидаються сотні мільйонів тон окислів сірки, азоту і вуглецю. Чи може світова спільнота не рахуватися з такими негативними явищами? Запитання риторичне, – не може і не повинна. Але економіка понині виходить із визначення собівартості продукції лише даного автономного підприємства. А потрібно, щоб екологічні технології закономірно були економічно вигідними. Вважається, що генерація електричної енергії на АЕС найбільш ефективна за всі інші способи, і перш за все в порівнянні з нетрадиційною енергетикою. А якщо враховувати збитки навколишньому середовищу від Чорнобильської і можливих майбутніх катастроф, тоді собівартість якої енергії менша? Хто це сьогодні прорахує? Знову запитання риторичне, – ніхто.

Ще один приклад. Вважається економічно вигідним будівництво потужних ТЕЦ. Для функціонування котельні такої ТЕЦ потрібна труба заввишки 500 м, яка забруднює кислотними дощами навколишнє середовище в радіусі півтори тисячі кілометрів, наносячи збитків сільському, лісовому, рибному господарствам тощо.

Подібних прикладів можна наводити безліч. Економічність будь-якого виробництва потрібно розраховувати з урахуванням його впливу на навколишнє середовище. Необхідно підвищити відповідальність за його стан. Наслідки розвитку економіки не повинні загрожувати існуванню людства в майбутньому. Для цього необхідно підвищувати екологічну грамотність підприємців, їх моральність і відповідальність за стан природи. Глобальність впливу процесів на планету потребує злагодженості дій з боку влади, бізнесу і природоохоронних органів. Сьогодні, як і завжди, бізнес

думає лише про одержання прибутків, економічне виживання. Влада більше займається проблемами політики. Але час вимагає об'єднання зусиль всіх країн. Координатором їхньої діяльності в усьому світі має виступати ООН.

Екологія не знає політичних, територіальних чи соціальних меж. Ресурси Землі повинні розглядатися як спільне надбання і належати всім. Частина ресурсів і квоти на відновлюване використання ресурсів біосфери мають бути лімітовані. При цьому не обійтися без створення єдиного світового уряду, єдиного інформаційного і економічного простору. Але на практиці існує дуже багато перепон. Розвинені країни не зацікавлені в екологізації виробництва, а слаборозвинені не можуть цього зробити.

Головна причина в недостатній духовності і моральності людей, відповідальних перед майбутніми мешканцями планети. Це особливо стосується правлячих кіл держав світу. Необхідно якомога швидше зрозуміти і подолати небезпеку індустріалізації, неправильне розуміння антропоцентризму. Втрачені моральні мотиви розвитку економіки, моральна відповідальність монополій і синдикатів за свої дії. Недолугість екологічного виховання загрожує катастрофічними наслідками для прийдешніх поколінь. Потребою часу слід вважати піднесення рівня екологічної етики у відношенні людей до природи.

Людина повинна перебудувати свою життєдіяльність, але вона повинна робити це розумно. 50% забруднення повітря припадає на автотранспорт. Але випуск автомобілів у світі швидко збільшується. Зростає не тільки кількість автомобілів, але і їх потужність. Необхідно створити такий суспільний транспорт, щоб кожен міг зручно дістатися будь-якого населеного пункту і не створював загрози навколишньому середовищу. Кожний автомобіль використовує за рік одну тону кисню, сучасний літак лише за один переліт з Європи в Америку використовує до 50 т. У вартість квитка входить багато компонент, але вартість використання кисню і шкода атмосфері від вихлопних газів не враховується. Повітря, як і будь-який природний ресурс, повинно мати свою ціну. Подібних прикладів безплатного використання природних ресурсів можна навести безліч. Цей принцип має стати обов'язковим у світі економіки.

Візьмемо інший приклад – вода. Якщо раніше воду брали безпосередньо з відкритого джерела (ріки, озера тощо), то зараз її

треба подати в населений пункт. Для цього потрібна трубопровідна мережа, мотори, насоси, очисні споруди, водовідведення, зарплата працівникам. Вода має ціну, яка безперервно зростає. Це нинішній стан. Далі інше. Забруднення водних джерел веде до споживання неякісної води і до зростання антисанітарії. Щорічно від поганих санітарних умов водоспоживання помирає щорічно біля 2 млн дітей. Майже половина мешканців слаборозвинених країн потерпає від захворювань через нестачу якісної води і антисанітарії. Витрачаються величезні кошти на озброєння, а на чисту воду і створення необхідних санітарних умов грошей нема. І за це природа помщається на таких діяннях людства. Світ втратив розум. В чому ж сенс життя людей і людства? Подібні запитання виникають і в зв'язку з забрудненням ґрунту, повітря та інших природних ресурсів, які перестають бути поновлювальними ресурсами.

Біосфера руйнується такими швидкими темпами, що в середовищі проживання зникає ніша для існування людини. Необхідно створювати певний культ духовності в економічному житті людей. Економічна вигода однієї людини, однієї країни, однієї нації не повинні входити в протиріччя з благом усього людства. Такий стан не може довго тривати. В світі існує два види законів: закони права, що створюються людьми, і закони природи, що ними відкриваються. Закони права поступово удосконалюються, закони ж природи незмінні, вони можуть лише в певній мірі пізнаватися і розумно використовуватися. Закони природи не можна відмінати, закони права можуть застаріти, і тому їх потрібно замінити новими, які більше відповідають реальності.

2.4. Сучасний стан екології

Індустріальні технології лише за 100 років свого існування призвели до викидів в атмосферу 150 млрд т вуглецю. Концентрація вуглецю в атмосфері за останні 200 років збільшилась на 25%, метану на 9%, причому близько половини цього приросту припадає на період після 1950 р. З'явилися хлор-фтор-вуглеводи в складі повітря, яких раніше не було. Повітря перестало бути відновлюваним ресурсом природи.

Найбільш поширеним є аерозольне забруднення атмосфери. Аерозолі – це тверді або рідкі частинки, що знаходяться в повітрі у вигляді диму, туману, димки, мли. Значна частина аерозолів

утворюється при взаємодії твердих фрагментів з рідкими або з водяною парою. Більша частина пилу викидається в атмосферу внаслідок виробничої діяльності людей. Тверді компоненти аерозолі особливо небезпечні як для людей, так і взагалі для організмів, викликаючи специфічні захворювання. Основним джерелом аерозольного забруднення повітря є ТЕС, які використовують вугілля високої зольності, збагачувальні фабрики, металургійні, цементні, магнезитові і сажові підприємства. Ці забруднювачі характеризуються широким спектром хімічного складу: сполуки кремнію, кальцію, вуглецю, трапляються оксиди заліза, магнію, марганцю, цинку, міді, нікелю, свинцю, вісмуту, селени, миш'яку, берилію, кадмію, хрому, кобальту, молібдену тощо.

Ще більше різновидів органічного пилу, який може містити в собі аліфатичні і ароматичні вуглеводні, солі кислот, які утворюються при спалюванні нафтопродуктів, в процесі піролізу на нафтопереробних, нафтохімічних та інших підприємствах. Постійним джерелом аерозольного забруднення являються промислові відвали, що скидаються при відкритій розробці корисних копалин або як відходи промислових підприємств переробної промисловості, ТЕС тощо. Джерелом пилу і отруйних газів можуть бути також масові підривні роботи. Виробництво цементу та інших будівельних матеріалів, що має в своїй основі подрібнення шихти і отримання продукції в потоках гарячих газів, також є потужним джерелом викидів пилу в атмосферу. Насичені і ненасичені вуглеводні піддаються різним перетворенням і взаємодіють з іншими атмосферними забруднювачами внаслідок дії сонячної радіації. В результаті подібних реакцій утворюються у вигляді аерозолів перекисні сполуки, вільні радикали, сполуки вуглеводнів з оксидами азоту і сірки.

За деяких погодних умов можуть утворюватися величезні скупчення шкідливих аерозольних домішок у приземному шарі повітря у вигляді фотохімічного туману (смогу). Фотохімічний туман є багатокомпонентною сумішшю газів і аерозольних частинок. До складу смогу входять озон, оксиди азоту і сірки, численні органічні сполуки перекисної підгрупи, що мають назву фото-оксиди. Фотохімічний смог виникає внаслідок поєднання певних умов: висока концентрація оксидів азоту, вуглеводнів, інтенсивна сонячна радіація, слабкий вітер у приземній зоні. В

атмосфері накопичуються різні переокиси, з яких утворюються оксиданти, тобто вільні радикали, що характеризуються дуже високою реакційною здатністю. За своєю фізіологічною дією вони дуже небезпечні для дихальної і кровоносної систем, спричиняють багато смертей міським мешканцям.

Серйозні руйнівні процеси відбуваються з водними ресурсами. Світова економіка викидає 1500 км³ в рік забрудненої води, що потребує 50-100-кратного розбавлення для надання їй натуральних властивостей. Для порівняння, весь світовий річковий стік дорівнює 45000 км³ в рік, але і він повністю забруднений. Слід додати, що тут ще не враховані величезні об'єми води, що стікають з сільськогосподарських полів, територій тваринницьких ферм, міських територій і територій, зайнятих господарськими інфраструктурами. Таким чином, прісні води земної поверхні теж перестали бути поновлюваним ресурсом.

Забруднення водного середовища носять хімічний, фізичний і біологічний характер. Хімічні забруднення призводять до зміни натуральних хімічних властивостей води за рахунок збільшення в ній шкідливих домішок неорганічного (мінеральні солі, кислоти, луги та глина) і органічного (нафта і нафтопродукти, органічні речовини, пестициди тощо) походження. Неорганічні забруднювачі можуть бути небезпечними для мешканців водного середовища, особливо сполуки миш'яку, свинцю, кадмію, ртуті та ін. Вони зазвичай попадають у воду внаслідок людської діяльності. Важкі метали поглинаються планктоном і потім передаються по харчовому ланцюгу більш розвиненим організмам. До небезпечних забруднювачів водного середовища можна віднести неорганічні кислоти і основи. Серед поширених джерел забруднення гідросфери мінеральними речовинами і біогенними елементами найбільше відзначаються підприємства харчової промисловості і сільського господарства.

Величезної шкоди завдають мешканцям водного середовища не тільки мінеральні та біогенні речовини, але і органічні рештки. Стічні води, що містять в собі суспензії органічного походження, згубно впливають на стан водоймищ. Вони покривають дно і затримують або і повністю блокують розвиток та життєдіяльність мікроорганізмів, які беруть участь у процесах самоочищення вод. При гнитті осадів можливе утворення шкідливих сполук і отруйних речовин, сірководню тощо. Органічні суспензії ускладнюють також

проникнення світла і уповільнюють процеси фотосинтезу. Шкідливо впливають всі забруднення, які тим чи іншим способом сприяють зниженню вмісту кисню в воді. Жири, олії, мастильні матеріали утворюють на поверхні води плівку, яка перешкоджає газообміну між водою і атмосферою, що зменшує ступінь насиченості води киснем.

Швидка урбанізація і уповільнені темпи будівництва очисних споруд або їх незадовільна експлуатація призводять до забруднення водного середовища побутовими відходами. Особливо потерпають від забруднення водоймища з уповільненою течією та непроточні водосховища і озера. Розпад у воді органічних відходів може стати середовищем патогенних організмів. Вода стає непридатною не лише для пиття, але й для інших потреб. Побутові відходи є джерелом небезпечних хвороб таких як черевний тиф, дизентерія, холера та багато інших. Вони потребують для розкладання багато кисню.

Нищівні процеси відбуваються і в ґрунтовому шарі планети, концентрація шкідливих речовин змінюється в гіршу сторону, як і у воді та повітрі. За деякими даними лише за період з 1970 по 1990 роки втрачено майже 500 млрд т верхнього шару ґрунту в світі, 120 млн га сільськогосподарських земель, а 1500 млн га пасовищ частково перетворилися на пустелі. Отже і ґрунт перестав бути поновлюваним ресурсом.

Шар ґрунту є важливим компонентом біосфери планети, він є основою багатьох процесів, що відбуваються в біосфері. Важливість значення ґрунту полягає в акумулюванні органічних речовин, різноманітних хімічних елементів, а також енергії. Ґрунтове покриття виконує функції біологічного поглинання, руйнування і нейтралізації всіляких забруднень. Якщо цю ланку зруйнувати, то усталене функціонування біосфери стане безповоротно порушене. Саме тому дуже важливо знати й підтримувати стан ґрунтового покриву внаслідок антропологічної діяльності.

Одним з найбільших антропогенних впливів є забруднення пестицидами. Пестициди, хімічні засоби захисту рослин і тварин від різних шкідників і хвороб, – одне з найбільших досягнень сучасної науки. Однак внаслідок бездумного, безконтрольного тривалого використання пестицидів у сільському господарстві і медицині повсюдно спостерігається зниження їх ефективності при одночасному підвищенні опірності шкідників і розповсюдження

нових видів шкідливих організмів, природні вороги і конкуренти яких були винищені пестицидами. Це явище пов'язане з генетичною, фізіологічною і біохімічною перебудовою організмів. Непомірне використання пестицидів (гербіцидів, інсектицидів і дефоліантів) негативно впливало і на якість ґрунтів. Тому необхідно провадити подальші дослідження питань знешкодження шкідників хімічним і біологічним способами. Дуже важливо створювати такі препарати, які мають невелику тривалість існування (тижні, місяці).

Величезні викиди оксидів сірки, азоту і вуглекислого газу внаслідок господарської діяльності людей є причиною зростання кислотності атмосферних опадів і ґрунтового покриття, що являється однією з найгостріших проблем сучасності і найближчого майбутнього. Кислотність з низхідним потоком води розповсюджується на весь профіль ґрунту і викликає значне підкислення ґрунтових вод. Головним джерелом викидів зазначених оксидів є спалювання сланців, нафти, вугілля і газу в промисловості, сільському господарстві і побуті.

Охорона навколишнього середовища – головна проблема нашого часу. Знову і знову ми чуємо попередження про небезпеку, що загрожує нашому довкіллю. Багато з нас вважають їх неприємним, але неминучим породженням цивілізації і думають, що ми ще встигнемо впоратися з усіма цими проблемами. Але вплив людства на навколишнє середовище уже досяг загрозових масштабів. Щоб докорінно змінити становище, необхідні цілеспрямовані і продумані дії. Відповідальність політиків держав по відношенню до навколишнього середовища буде можлива лише в тому випадку, якщо ми матимемо надійний моніторинг про дійсний стан довкілля, обґрунтовані знання про взаємодію найважливіших екологічних факторів і розроблені ефективні методи протидії шкоді, що наносить людство природі.

Зміни клімату, кислотні дощі, розливи нафти, радіоактивні відходи, транспортне забруднення загрожують нашому здоров'ю, нашій економіці і навколишньому середовищу. Все це є результатом використання нами і енергетичних ресурсів неекологічним способом. Зміни клімату загрожують широкомасштабним руйнуванням більшості світових природних екосистем, кислотні дощі – це небезпека для дерев, дикої природи і споруд; приземна концентрація озону перешкоджає росту рослин; забруднене повітря викликає рак і респіраторні захворювання, які щороку вбивають

багато тисяч мешканців, впливають на стан здоров'я ще більшої кількості людей, вимагають багатомільярдних витрат на виконання програм оздоровлення; це втрати продуктивності, зменшення урожайності і пошкодження споруд та багато іншого.

Енергія є основною умовою нашого соціально-економічного розвитку і служить наріжним каменем для зусиль з підвищення якості нашого життя і задоволення запитів населення. Вважається, що енергетичні потреби Європи постійно збільшуються. Очікується, що залежність Європейського Союзу від імпорту енергоресурсів досягне у 2020 році 70% від загального споживання первинної енергії. В доповіді Європейської Комісії "Європейська енергетика 2020" розглянуто 4 сценарії для майбутнього, тільки один з яких передбачає зниження викидів вуглекислого газу до рівня, меншого ніж у 1990 році, і це супроводжується підвищенням частки атомних станцій у виробництві енергії. Однак існують інші можливості. При наявності політичної волі, яка б супроводжувалась значними змінами у політиці, спрямованої на підтримання життєздатних альтернатив, можливе зменшення викидів вуглекислого газу одночасно із згортанням атомної енергетики. Суттєвою перепоною є недостатня політична усвідомленість того факту, що потенціал заходів, пов'язаний з розробкою альтернативних енергетичних джерел і підвищення енергоефективності, зменшує залежність від вуглецево-водневих корисних копалин і ядерного палива.

Обмеження щодо використання ресурсів залежать не стільки від міри їх доступності, скільки від можливості переборювати наслідки їх впливу на екосистеми на локальному і глобальному рівнях. На існуючому рівні використання ресурсів приводить до високого екологічного впливу. Якщо не враховувати їх екологічної і соціальної ціни, то споживання енергоресурсів і забруднення навколишнього середовища виглядають дуже дешевими. Тому в споживанні енергії екологічним чином необхідно дотримуватися наступних принципів: попередження забруднення, плати за забруднення, рівноправності країн у використанні ресурсів, рівноправності поколінь.

Концепція екологічного простору об'єднує ці принципи з метою створення безпечного, рівноправного і екологічно стійкого майбутнього. Хоча в останні десятиліття економічне зростання і споживання енергії не були жорстко пов'язані, теперішнє економічне зростання все ще залишається надмірно матеріально і

енергетично містким. Більше того, використання енергії і матеріалів продовжує зростати в абсолютному вимірі. Хоча існує немало можливостей споживання енергії, які не створюють загрози екологічному і соціальному розвитку.

Розглянемо деякі ключові практичні кроки, які необхідно зробити для переходу Європи на екологічно стійке використання енергії. В одному з досліджень показано, що небезпека лише від викидів сірчистих газів обходиться Європі щорічно більш ніж в 10 млрд. єю. Підраховано, що в країнах Центральної і Східної Європи ці викиди можуть бути зменшені на 50% за рахунок енергозбереження і зміни складу палив. У Західній Європі ці цифри є меншими, однак залишаються досить значними – близько 25%.

Територія Західної Європи забруднена приземним озоном, який, за останніми розрахунками, може зменшити врожайність сільськогосподарських культур на 10%. Шведські спеціалісти підраховали, що приземний шар озону викликає втрати врожаю близько 9%. Забруднення взагалі впливає на природне середовище багатьма шляхами: тварини і рослини прямим чином потерпають від токсичних забруднювачів, на регіональному рівні окислення ґрунтів і води може привести до зміни водного балансу, на глобальному рівні зміни клімату викликають значні зміни в природних популяціях. Необхідно вжити невідкладних заходів для припинення викидів газів, які викликають парниковий ефект. Тільки таким чином можна зупинити катастрофічні зміни клімату, які негативно впливають на екосистеми і соціально-економічне становище, в тому числі на забезпечення харчовими продуктами і водними ресурсами, а також на стан здоров'я населення.

Останні наукові дослідження показують, що викиди парникових газів зараз суттєво впливають на клімат у глобальному масштабі. В рамках Конвенції ООН з питань змін клімату, яку підписали промислово розвинуті країни, останні зобов'язались зменшити викиди парникових газів до рівня 1990 року. Але навіть ця скромна мета є недосяжною для більшості країн. Необхідно визначити конкретну мету на 2050 рік, щоб дати поштовх виробникам і проектантам для розробки нових технологій і внесення структурних змін, необхідних для досягнення скорочення негативного впливу на клімат планети у майбутньому. Головним пріоритетом могло б стати визначення орієнтирів для граничної кількості викидів вуглекислого газу від викопного палива. Відносно легко підрахувати те, що ці

викиди обумовлюють близько 60% парникового ефекту, а якщо не буде вжито певних заходів, то він досягне у 2100 році 75%.

Виключно ефективним може бути своєчасне зменшення викидів метану для зниження ризику зміни клімату, що може відбутися в найближчий час завдяки його кількості і відносно короткому терміну знаходження в атмосфері. Ще одна пріоритетна проблема охоплює зменшення кількості викидів газів, що повільно розкладаються, таких, як гексафторид сірки і перфторвуглеводи, як компонентів поточних викидів, які будуть відчуватися ще протягом тисячі років. Також необхідно втілювати методи збору і акумуляції парникових газів, підвищувати ефективність цих методів для уникнення викидів, беручи до уваги зобов'язання, які виходять з Конвенції ООН.

Було запропоновано багато методів для розрахунку граничних показників викидів і зміни ситуації з часом. Але більшість з них не базуються на принципах екологічності і рівноправності. Наприклад, кумулятивні орієнтири виходять з того, на який усереднений за кілька років ризик підуть країни, котрі зважилися використати більшу частину відведеної їм вуглекислої квоти у перші ж роки, що робить неможливим досягнення загальної мети. Врахування невикористаних лімітів на викиди дозволяє оцінити доступніші цілі і навіть приводить до того, що зменшення викидів відкладається на потім. Запозичення права на викиди за рахунок майбутнього повністю суперечить принципу рівних прав поколінь і необхідності швидких дій щодо обмеження кліматичних змін у встановлених рамках.

Комплексне втілення квот на викиди повинно ґрунтуватися на суворих принципах досягнення екологічно ефективного зниження викидів парникових газів, особливо CO₂. Хоча введення таких міжнародних механізмів пов'язане з проблемами технічного характеру і потребує створення ефективних екологічних та соціальних гарантій. Багато фахівців цікавляться, чи будуть ці заходи корисні для країн, що розвиваються, в стратегічному плані, і закликають до того, щоб договори, що стосуються зменшення викидів, були пов'язані з механізмами їх дотримання і міжнародними правилами торгівлі. Але через численні зміни такий підхід не може бути застосованим в найближчий час. Що стосується розвинутих країн, то вони несуть найбільшу відповідальність за викиди парникових газів як у накопиченому, так і в поточному плані

і повинні бути в перших рядах борців за припинення негативних змін клімату. Урядам необхідно докладати постійних зусиль для підтримки стратегії, що узгоджується з необхідністю зменшення викидів парникових газів.

Діяльність щодо запобігання кліматичним змінам має стимулюватися страхом урядів діяти самостійно без міжнародних угод, спільної стратегії і узгоджених заходів. Виникає необхідність, наприклад, юридичного оформлення міжнародних угод зі стратегії і програм, таких як, наприклад, оподаткування авіаційного палива. Потрібно також, щоб з цих стратегій і програм було виключено будівництво гігантських ТЕС з огляду на їх значний негативний вплив на соціальні та екологічні фактори життєдіяльності.

Скорочення викидів парникових газів не тільки необхідне, але бажане і можливе при здійсненні ефективних мало-витратних програм. Багато з цих стратегій і програм, що покликані зменшити загрозу глобальних кліматичних змін, пов'язані також з цілями, що впливають з розширеного контексту екологічно стійкого розвитку, і підвищення екологічної безпеки, зменшення локального забруднення оточуючого середовища, боротьби з бідністю, удосконалення практики використання і збереження землі. В інтересах кожної країни розвивати діяльність, що сприяє значному зниженню викидів парникових газів.

Якість життя людей прямо залежить від обсягу споживання енергії. Одним з показників якості життя є середня тривалість життя людей. В ХХ сторіччі вона зросла з 30 до 56 років. Однією з причин такого зростання можна вважати високий рівень енергоспоживання в розвинених країнах. Проте навіть за сприятливих обставин в зростанні якості життя може настати насичення, а потім і спад. Причиною цього є тісна взаємозалежність між ростом виробництва енергії і забрудненням навколишнього середовища. При спалюванні різних видів палива в атмосферу з відхідними газами попадають шкідливі речовини, такі як окис вуглецю, двоокис сірки, окиси азоту, вуглеводні, пилові викиди. Пропорційно кількості спожитої енергії зростають і викиди вуглекислого газу в атмосферу. При світовому споживанні 10-11 млрд тон умовного палива щорічно викиди вуглекислого газу складають більше 6 млрд тон. Найбільшого зростання викидів вуглекислоти було досягнуто в останні десятиріччя минулого століття.

Екологи застерігають, що накопичення вуглекислого газу в атмосфері приведе до глобального потепління клімату з катастрофічними наслідками. Екологічно шкідливим фактором, прямо пов'язаним з обсягом енергоспоживання, є також і теплове забруднення. Обсяги споживання тепла для виробництва електроенергії, гарячої води і пари водночас є обсягом теплового забруднення навколишнього середовища. Отже, боротьба з тепловим забрудненням ідентична енергозбереженню. Чим вищий рівень енергозбереження технологій, тим більший результат боротьби з тепловим забрудненням навколишнього середовища. Прямий зв'язок. Зменшуючи енергоспоживання в конкретному місці на 1%, ми тим самим зменшуємо і теплове забруднення на 1%. Проблема теплового забруднення має два виміри: глобальний і локальний. В глобальному масштабі теплове забруднення не перевищує 0,1% сонячної радіації, що поступає на Землю. Але з іншого боку, потужність теплового забруднення перевищує 32% потужності всіх природних процесів фотосинтезу.

За останні якихось сто років внаслідок зростання енергоспоживання відбулися глобальні зміни в природі, що стало результатом зростання більше, ніж втричі, концентрації вуглекислого газу в атмосфері, зростання майже вдвічі окису вуглецю і збільшення на 80% двоокису сірки. А забруднення світового океану нафтопродуктами зросло більше, ніж в 3500 разів! Хіба не є небезпекою уже в наш час для природного середовища і людини високий рівень енергоємності за умови переважання органічного палива в енергетичному балансі?

Як же людство має протистояти екологічним загрозам? Перш за все, негайно провести експлуатаційні і організаційні заходи існуючих технологій і обладнання з метою зменшення шкідливого впливу підприємств на навколишнє середовище (шкідливі викиди, теплове забруднення). Продовжити (а декому розпочати) перехід на енергоефективне обладнання і технології виробництва. Здійснювати поступовий і неухильний перехід всієї світової економіки на природоохоронні принципи діяльності з використанням нетрадиційних джерел енергії.

Розвиток економіки держав забезпечить поступові зміни в суспільстві і природі. Показником цих змін є рівень витрат енергії на душу населення. Однією з головних умов розвитку суспільства є раціональне використання матеріалів, енергії та інших ресурсів,

зменшення їх питомих витрат у процесі людської діяльності. Найважливішою складовою цієї діяльності є енергозбереження. В ширшому розумінні виникає потреба обмеження мінеральних ресурсів, які, не зважаючи на їхні величезні запаси, на жаль, не є невичерпними. За таких обставин зрозуміло і логічно виглядає необхідність їх економного використання з найбільшим ефектом, освоєння нетрадиційних джерел енергії вітру, сонця, води, біомаси тощо. Це дозволяє уже сьогодні вирішувати масу екологічних проблем і зберегти для нащадків частину мінеральних ресурсів, а не вивозити їх безконтрольно за межі держави, щоб купляти новітнім нуворишам дорогі вілли за кордоном. Можливо наступні покоління зможуть з більшою користю розпорядитися цими ресурсами, використавши їх, наприклад, для виробництва продуктів, ліків, препаратів.

Подібна витратна політика не може тривати безкінечно, це робить наше життя неприпустимо марнотратним. Уявіть собі, що лише третина видобутих ресурсів якимось використовується для забезпечення прямих і опосередкованих послуг населення, ще одна третина іде на експорт, а решта втрачається в процесі виробництва, постачання і використання продукції. Нашому суспільству необхідно створювати нові принципи балансу між зростанням матеріального виробництва, необхідного для забезпечення необхідного рівня життя, і підтримкою достатнього рівня екологічності ресурсів води, повітря, ґрунту тощо. Це і має стати основою фундаменту стійкого розвитку суспільства.

Розділ 3

ЕКОЛОГІЯ І СУЧАСНЕ ВИРОБНИЦТВО

3.1. Загальні екологічні проблеми

Основна проблема сучасності – забруднення навколишнього середовища. Існують різні джерела забруднення атмосфери: промислові підприємства, енергетика, транспорт, побут. Особливо слід відзначити металургійні підприємства, які викидають у повітря оксиди азоту, сірководень, хлор, фтор, аміак, сполуки фосфору, ртуті і миш'яку. Значно забруднюють повітря цементні заводи. Теплові електростанції з димом викидають в атмосферу сірчистий і вуглекислий гази. Багато шкідливих газів попадає в повітря внаслідок роботи транспорту, опалювання житлових приміщень, спалювання і переробки побутових і промислових відходів.

Історія розвитку людства найтісніше пов'язана з отриманням і використанням енергії. До палива належать нафта і нафтопродукти (керосин, бензин, дизельне пальне, мазут), природний газ, вугілля, торф, горючі сланці, деревні і рослинні відходи, ядерне і ракетне паливо. Паливо буває тверде, рідке і газоподібне. Розрізняють також мінеральні і рослинні види палива, продукти промислової переробки. Уже і космос став глобальним середовищем, спільним надбанням всього людства. Освоєння Космосу перетворюється у важливу міжнародну програму. Формуються риси майбутньої космічної індустрії, космічних технологій, використання космічних енергоресурсів.

Найбільшою проблемою сучасності є викиди вуглекислого газу в атмосферу, що призводить до глобальних кліматичних змін на планеті. Внаслідок діяльності електроенергетики в атмосферу щорічно викидається 12,2 млрд тон вуглекислоти, промисловості – 9,5 млрд тон, автомобільного транспорту – 4,8 млрд тон, будівництва – 3,3 млрд тон, інше – 1,8 млрд тон.

За останні 100 років середня температура на планеті зросла на 0,6 °С. Для добового коливання температури ця величина мізерна, але для глобальних кліматичних характеристик це дуже багато. За останні 20 років швидкість зміни температури збільшилась в 20 разів. Максимальне потепління зафіксоване в найхолодніших регіонах, де зосереджені основні запаси льоду, а саме: на Алясці, в Сибіру і в Антарктиді. В деяких місцях температура за сторіччя зросла на 3,5 °С. Потепління в зоні вічної мерзлоти дуже небезпечні. Це може викликати танення льодовиків, які є основним сховищем запасів прісної води. На сьогоднішній день уже розтало біля 20 % льодовиків. Крім того, зміна клімату в процесі глобального потепління супроводжується повеннями, посухами, сильною спекою чи похолоданням. Зміна клімату може призвести до вимирання багатьох видів рослин і тварин. Доведено, що на зміну клімату впливають так звані парникові гази, основними з яких є вуглекислий газ, метан і закис азоту. Вуглекислий газ являється основним продуктом згоряння вуглеводневого палива, а метан викидається в атмосферу головним чином при видобутку газу і вугілля. На долю енергетики припадає близько 70 % викидів усіх парникових газів, з них 99,8 % вуглекислого газу.

Результати математичного моделювання показали, що для припинення зростання концентрації вуглекислого газу в атмосфері з урахуванням зміни інтенсивності його переходу в океан і біосферу землі необхідно в найближчі роки знизити його викиди до рівня, в 3 рази нижчого, ніж був у 1990 році. Світове співтовариство, усвідомлюючи небезпеку глобальних змін клімату, вирішило обмежити кількість викидів парникових газів, в результаті чого Японією, Канадою і США був прийнятий Кіотський протокол. Документ підписали в 1992 році 190 держав рамочної конвенції ООН про зміну клімату. Конвенція вступила в силу в 1994 році. Загальна мета – досягти безпечного рівня антропогенного впливу на глобальну кліматичну систему без обмеження можливостей економічного розвитку країн. У 1997 році Кіотський протокол підписали всі провідні країни світу.

Для скорочення викидів парникових газів економічно доцільними способами Кіотським протоколом в доповнення до національних заходів встановлені три механізми взаємодії між країнами: торгівля правами на викиди, проекти спільного виконання і механізм чистого розвитку. Торгівля правами на викиди надає

можливості країнам, які успішно виконують свої зобов'язання, переуступати права на викиди країнам, що їх потребують. Країна, яка зазнає труднощів з виконанням своїх зобов'язань, може виділити кошти на реалізацію заходів у іншій країні, де скорочення викидів буде досягнуто значно меншими витратами. Отримане зменшення викидів частково або повністю передається країні-інвестору і зараховується їй як виконання зобов'язань.

Наявність резерву по викидам відкриває перед країною перспективи можливого продажу своїх квот. Але при цьому слід пам'ятати, що цей резерв з'явився лише внаслідок величезної стагнації її промисловості. При активному економічному зростанні ми можемо зіткнутися з іншою проблемою, коли ми будемо викидати більше парникових газів, ніж становить наша квота. Тому для нас більш вигідним є не прямий продаж квот, а їх передача в обмін на наукові технології по обмеженню і запобіганню викидів у спільному виконанні.

3.2. Екологізація енергетики

Енергетика, як система, включає в себе весь паливно-енергетичний комплекс. В широкому розумінні вона передбачає також видобуток, переробку, перетворення, транспортування і використання енергоресурсів. Отже, вона перекриває області діяльності багатьох інших галузей економіки. Розрізняють чотири стадії трансформації первинних енергоресурсів: видобування або пряме їх використання, переробка до придатного стану, перетворення зв'язаної енергії ресурсів в електричну і теплову та використання енергії. На рис. 3.1 показана загальна структурна схема енергетики.

Визначальними в енергетиці і всьому паливно-енергетичному комплексі є паливно-енергетичні ресурси, переробні підприємства, енергетичні комплекси, до яких входять виробники електричної і теплової енергії, і підприємства передачі цих двох видів енергії споживачам. Вичерпними джерелами енергії є нафта, газ, вугілля і сланці. Оцінка запасів видобутку органічного палива в світі виконується в залежності від можливостей геологорозвідки і пошуку нових його родовищ і має тенденцію до збільшення. Тому можна вважати, що теоретично запасів вугілля має вистачити не менше, ніж на 1500 років, нафти – на 250 років і газу – на 120 років.

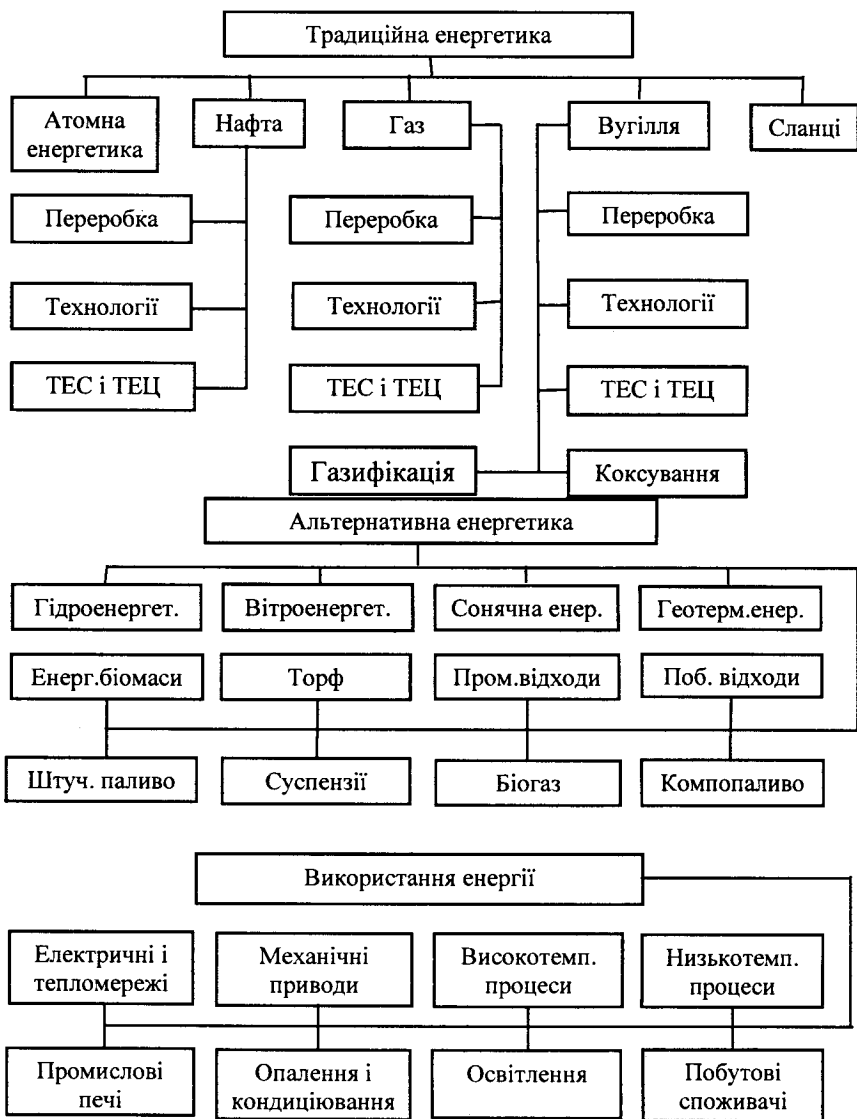


Рис. 3.1. Структурна схема енергетики

Потенціал же лише сонячної енергії, що надходить щорічно на поверхню Землі, перевищує всі запаси органічного палива в 10-20 разів.

Детальний аналіз ситуації в енергоспоживанні вуглеводневої сировини в балансі паливно-енергетичних ресурсів у світі і регіонах показує, наскільки обмежене реальне використання вуглеводневої сировини і наскільки гостро необхідні альтернативні джерела для забезпечення енергобезпеки. Енергетична безпека промислово розвинених країн визначається наявністю надійних джерел вуглеводневої сировини (в першу чергу нафти і газу).

Якщо саме високорозвинені країни є основними споживачами нафти і газу, то значна частина експортного виробництва сконцентрована в порівняно невеликій групі країн з перехідною економікою. Так, частка США в світовому споживанні нафти становить більше 25 %, тоді як їхня питома вага в світовому видобутку не перевищує 10 %. Серед експортерів нафти на першому місці стоїть Близький Схід, який видобуває майже 30 % світової нафти, але споживає лише 6 %. Друге місце посідає Росія, яка видобуває 10 % світового рівня і споживає менше 4 %. США ввозять нафту і нафтопродукти з Мексики, Канади, країн Південної Америки, Близького Сходу, Африки, Європи, а також Росії. Таким чином, США забезпечують себе великою кількістю постачальників, пом'якшуючи можливість енергетичної кризи.

На рівень, характер і види споживання вуглеводневої сировини істотно впливає рівень емісійного забруднення. При виробництві енергії на основі нафти рівень забруднення в 2 рази нижчий, ніж при використанні торфу або вугілля, а при використанні газу – в 3 рази нижчий. Проте, ситуація, що склалася у використанні вуглеводневої сировини вказує на обмеженість їх використання. Безумовно, незважаючи на нижчу екологічну якість, вугілля з його значними запасами буде використовуватись більш активно, ніж нафта і газ. Але використання вугілля при різко зростаючих екологічних вимогах по викидам сильно підвищить вартість виробленої енергії.

Господарська діяльність людей пов'язана з використанням величезної кількості органічного палива, що було накопичено природою за мільйони попередніх років. Значна частина цієї кількості палива припадає на енергетику – основу всієї економіки. Найбільша кількість електроенергії виробляється на теплових електростанціях конденсаційного типу (рис. 3.2).

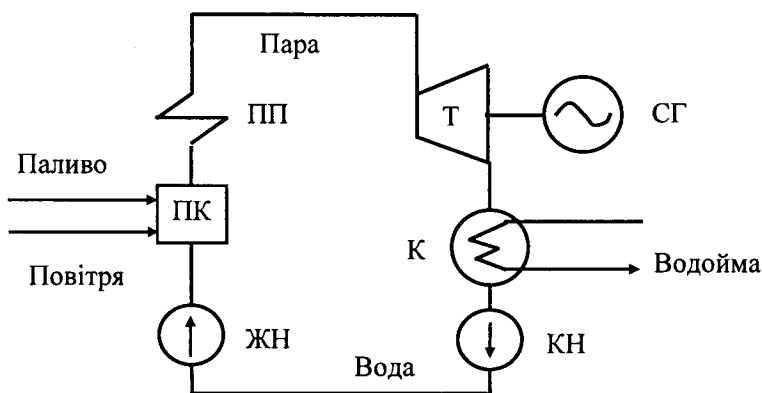


Рис.3.2. Принципова схема ТЕС: ПК – паровий котел, ПП – пароперегрівач, Т – турбіна, СГ – синхронний генератор, К – конденсатор, ЖН – живильний насос, КН – конденсаційний насос

Енергетика являється одним з головних забруднювачів повітря. Викиди від електростанцій, що працюють на традиційних видах палива, становлять третину всіх шкідливих викидів в атмосферу, забруднюють поверхню землі і стічні води. Виділення двоокису вуглецю пов'язане з парниковим ефектом, катастрофічним наслідком якого країни світового співтовариства намагаються запобігти за допомогою механізму Кіотського протоколу. Парниковий ефект пов'язаний з потеплінням клімату планети, підвищенням рівня Світового океану і затопленням прибережних ділянок суші. Атмосфера забруднена двоокисом сірки, оксидами азоту, залишками вуглеводнів, золою, сажею.

Зазначені обставини змушують енергетиків світу при забезпеченні енергетичної безпеки рухатись двома стратегічними напрямками: підвищенням ефективності використання паливних ресурсів і за рахунок впровадження нових високоефективних технологій у порівнянні з традиційними паросиловими установками. Звичайно, можливе підвищення ефективності і традиційного обладнання на 8-12% за рахунок аеродинамічного вдосконалення, оптимізації циклів, підвищення параметрів пари і впровадження подвійного проміжного перегріву, але це потребує більших матеріальних витрат, доцільність яких має обговорюватися.

Значно більший ефект при менших матеріальних витратах досягається впровадженням парогазових установок (ПГУ), що поєднують газотурбінний (з високотемпературним підводом тепла) і паровий цикл, для якого характерний відвід тепла при дуже низьких, близьких до навколишнього середовища, температурах (рис. 3.3).

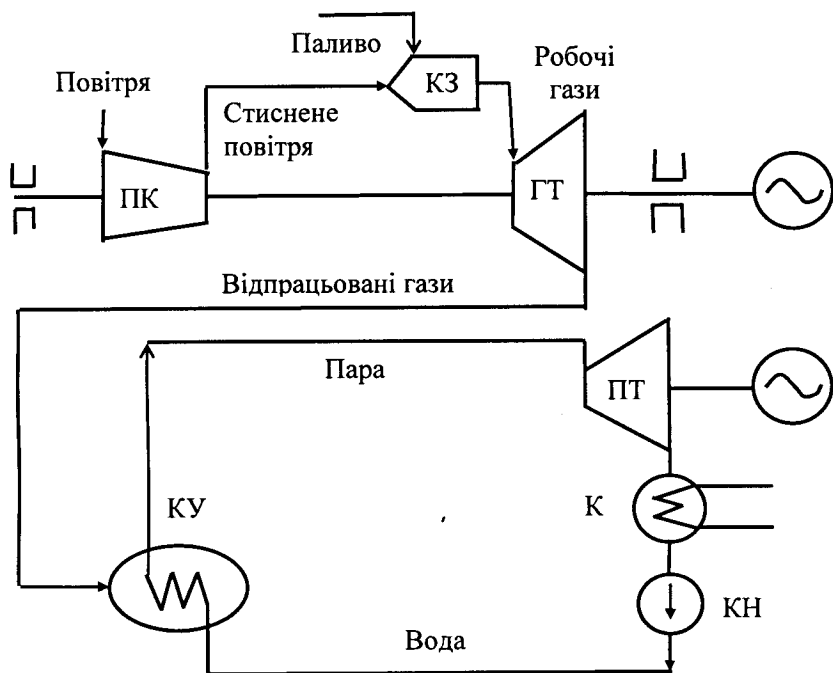


Рис.3.3. Структурна схема ПГУ: ПК – повітряний компресор, КЗ – камера згорання, Т – газова турбіна, КУ – котел-утилізатор, ПТ – парова турбіна, К – конденсатор, КН – конденсаційний насос

Для порівняння, ККД блоків з ПГУ може досягати 58%, а для традиційних теплосилових установок він знаходиться в межах 38-42%. Дуже привабливою бачиться перевага ПГУ в чисто бінарному циклі, коли тепло підводиться з паливом в газотурбінну установку, а виробництво і перегрів пари здійснюється за допомогою тепла відпрацьованих газів.

Основними науково-технічними задачами, які потребують розв'язання в рамках цього напрямку, є створення котлів для

спалення вугілля з циркулюючим киплячим шаром, котлів-утилізаторів, високотемпературних парогенераторів і газових турбін, потужних парогенераторів для їх роботи в складі ПГУ з внутрішньо-цикловою газифікацією твердого палива, сірко-очисних установок, комплексних азотно-очисних установок, технологічно ефективних фільтрів, високопродуктивних систем и комплексів екологічно чистого гірничого і транспортного обладнання для видобутку вугілля, технології і технічних засобів для утилізації відходів виробництва теплових електростанцій і підприємств вугільної промисловості.

Енергетична ситуація в світі диктує необхідність більш відповідального відношення до вугілля, розробки безвідходних і екологічно безпечних вугільних технологій (газифікації вугілля, оптимізації процесів спалення вугілля і його сумішей з біомасою та побутовими відходами тощо), підвищення ККД теплових електричних станцій, використання енергії поновлюваних джерел. Збільшення частки використання альтернативних до вуглеводневих джерел енергії дозволяє вирішувати дві важливі стратегічні задачі: підвищувати енергетичну безпеку країн, що не мають значних запасів вуглеводневої сировини, і зменшувати емісійне забруднення атмосфери у порівнянні з використанням традиційних вуглеводневих джерел енергії. Особливо активно розробляють і впроваджують цей напрямок такі країни як США, Німеччина, Данія, Швеція і Китай.

Альтернативою надмірному спалюванню органічного палива вважається атомна енергетика. Але і вона має ряд проблем. І це не тільки загроза страшних наслідків аварій. Ядерне паливо, уран, також являється вичерпним. Крім того продовжує існувати проблема переробки і захоронення відпрацьованого радіоактивного матеріалу.

З переходом від електростанцій, що працюють на нафті, до використання природного газу в 1960-х роках, з десульфатизацією викидів вугільних електростанцій в 1980-х і 1990-х роках, з практичним зупиненням будівництва атомних електростанцій європейська інфраструктура постачання електричної енергії поступово стає чистішою і ефективнішою. Директива для електростанцій, що використовують паливо, вимагає від країн членів Європейського Союзу зниження викидів оксидів вуглецю, сірки і азоту до рівня 2005 року. Однак це не стосується збитків від

високих рівнів викидів приватних електростанцій, що знаходяться в місцях екологічно чутливих до кислотних осадів. Є потреба у відповідному законодавстві для всіх європейських країн з метою обмеження валових викидів виробництв для забезпечення необхідної якості повітря в кожному регіоні.

Просування в напрямку зменшення викидів і підвищення ефективності вугільних електростанцій, наприклад, шляхом впровадження інтегрованого газифікованого комбінованого циклу, зниження показників викидів окислів азоту і сірки для газоподібних викидів – все це позитивні кроки у випадках використання вугілля. Але вугілля дає більші викиди вуглекислого газу на одиницю енергії, ніж нафта і газ, і всі ці чисті вугільні технології лише частково вирішують проблеми вугільних ТЕС.

Газові турбіни комбінованого циклу забезпечують значно ефективніше використання палива, ніж конденсаційні електростанції, але їхня загальна ефективність все ж нижча 60%, в той час як ефективність ТЕЦ, що базуються на комбінуванні виробництва тепла і енергії (рис. 3.4), перевищує 85% від загальної енергії палива.

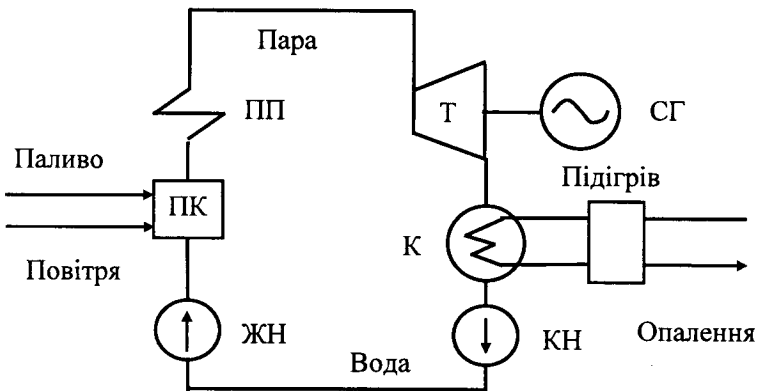


Рис.3.4. Структурна схема ТЕЦ

ТЕЦ є найбільш дешевою формою генерації теплової енергії, крім того, така форма приводить до меншого викиду сполук вуглекислого газу, ніж всі інші застарілі форми генерації енергії з використання палива. Однак існує багато перепон на шляху запровадження такої форми виробництва енергії в Європі.

Наприклад, ціни для незалежних споживачів в основному низькі, а планування і фінансова структура більш сприятливі для централізованих підприємств, орієнтованих тільки на виробництво електричної енергії. Лібералізація ринку викликає багато проблем, існування яких забезпечує потенціал, що орієнтує їх на відновлювані енергоносії. Це матиме позитивні результати для навколишнього середовища.

Навколишнє середовище є основою здорового, якісного і довготривалого життя людей, а викопні природні ресурси, в тому числі і енергетичні, – основа прогресуючого розвитку економіки і благополуччя людської цивілізації. Відбувається великомасштабний матеріальний і енергетичний обмін з навколишнім середовищем. Людство бере корисне і викидає непотріб – шкідливе. Наслідком цього є негативний вплив на навколишнє середовище, яке потребує свого захисту. Тобто енергетика породжує екологічні проблеми, пов'язані з виробництвом величезної кількості електричної і теплової енергії.

Для оцінки екологічності теплоенергетики важливе значення має структура паливного балансу теплових електричних станцій. В балансі ТЕС в усьому світі в цілому більше 70% становить вугілля. З екологічної точки зору ТЕС є джерелом викидів в атмосферу продуктів згоряння палива і скидання у водойми величезної кількості низькотемпературного тепла. Найбільший вплив на атмосферу, людей, рослин і тварин світу при спалюванні газу становлять викиди оксидів азоту і вуглецю. Утворення оксидів вуглецю при спаленні газу і мазуту мінімізоване завдяки раціональній організації топкового режиму. При спаленні твердих і рідких палив додатково виділяються оксиди сірки та зола. Завдяки технологічним заходам по зменшенню викидів оксидів азоту, підвищенню ефективності золоуловлювання на котлах тощо удалось значно зменшити шкідливі викиди в атмосферу.

Головний напрямок у вирішенні екологічних проблем енергетики полягає у створенні екологічно чистих ТЕС. Суттєве значення має при цьому антропологічне навантаження на навколишнє середовище, яке залежить від густини потоку споживання енергії, віднесеної до одиниці площі території країни. В табл. 3.1 наведені наближені дані по деяким країнам на кінець минулого сторіччя.

Таблиця 3.1

Країна	Питомий потік споживання енергії	Індекс антропологічного навантаження
Світ в цілому	25	1
Нідерланди	920	42
Німеччина	420	20
Великобританія	360	17
Японія	350	16
Китай	25	1

Зменшення викидів золи за останні роки досягнуто в основному за рахунок оснащення електричними фільтрами і вологими золоуловлювачами з коагулятором Вентурі та ін. Запроваджуються в життя галузеві програми по використанню золо-шлакових відходів у виробництві будівельних матеріалів і виробів з урахуванням запитів споживачів у районах розміщення ТЕС. Викидаються також стічні води технологічного процесу ТЕС: водо-підготовки, забруднення нафтопродуктами, продувка замкнених технологічних контурів, систем гідро-золо-видалення, хімічної очистки теплосилового обладнання та ін. Система раціонального водокористування ТЕС повинна забезпечувати очищення як води, що поступає на станцію, так і власних стоків у відповідності до діючих норм. Необхідно скорочувати об'єми втрат води на власні потреби, повторно використовувати стоки в циклі ТЕС, вибрати екологічно сприятливий водний режим.

Програма природоохоронних заходів по зменшенню забруднення водного басейну повинна включати переведення систем гідро-золо-видалення на циклічні з виключенням викидів в системі гідро-золо-видалення, раціоналізацію схем збору обмивальних вод з видаленням сполук ванадію і нікелю, використання раціональних технологічних схем каналізації стічних вод після хімічної очистки, широке впровадження типових очисних споруд для очищення стічних вод тощо.

Одними з основних напрямків являються створення екологічно чистих ТЕС, парогазових і газотурбінних установок високої економічності і в той же час з високими екологічними показниками. Але і на екологічно досконалих електростанціях не уникнути

значних викидів в атмосферу. Це потребує організації інформаційних систем екологічного моніторингу ТЕС і найближчого навколишнього середовища.

Важливе значення серед комбінованих систем тепlopостачання будуть відігравати теплові насоси, які можуть бути використані в різноманітних системах з віддаленими джерелами тепла. Так, наприклад, для опалювання міських кварталів можуть використовуватися компресійні і абсорбційні теплові насоси.

Загалом системна економія палива в схемах компресійного тепlopостачання може досягати 6 % порівняно з роздільним виробництвом енергії. Вода тепlopережі від ТЕЦ надходить у вигляді низькотемпературного тепла у випарник, де випаровується робоче тіло (рис. 3.5). Його пара надходить в компресор і при стисканні нагрівається до 80-90 °С і направляється в конденсатор, в який подається вода обігрівального контуру. Частина тепла використовується в теплообміннику для підігріву води в системі гарячого водопостачання. Рідке робоче тіло проходить через дросель і направляється знову в випарник.

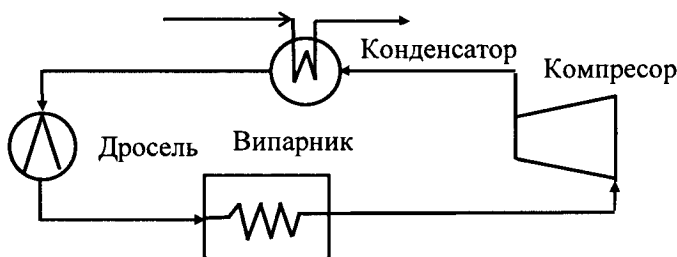


Рис. 3.5. Структурна схема компресійного теплового насоса

Серед абсорбційних обігрівальних систем тепlopостачання можуть використовуватися бромисто-літієві теплові насоси. У випарнику теплового насоса при пониженому тиску, що відповідає температурі води в мережі ТЕЦ, яка є низькотемпературним енергоносієм, випаровується вода. Її пара надходить в абсорбер, де поглинається розчином бромистого літію. Відбувається розігрівання розчину за рахунок тепла цієї реакції. Тепло передається воді обігрівального контуру. Слабкий водний розчин бромистого літію підводиться до генератора, що обігрівується димовими газами з

камери згоряння. В генераторі вода з розчину випаровується. Пара надходить в конденсатор, де конденсуючись, віддає тепло воді в мережі обігрівального контуру. Конденсат з конденсатора надходить у випарник. Утворений в генераторі міцний розчин бромистого літію направляється знову в абсорбер і цикл повторюється.

Основні переваги перед системами енергопостачання споживачів від традиційних ТЕЦ наступні. Перш за все це енергозберігаюча технологія, яка витісняє пікові водонагрівальні котли на ТЕЦ, беручи участь в покритті пікової частини навантаження теплового графіка з вищим ККД і економією палива в цих режимах енергопостачання.

Тепло-насосна технологія обумовлює перехід ТЕЦ з нормативного температурного графіка до графіка зі зниженими температурами прямої і зворотної води в мережі при теплофікаційному навантаженні до 0,65-0,75 відносно традиційних значень. Це також забезпечує економію палива в системі і економію електроенергії на мережні насоси, оскільки коефіцієнт власних потреб ТЕЦ зменшується на 0,5 %. Перехід на знижений температурний графік майже в 2 рази зменшує втрати тепла в магістральних теплопроводах, що також дає значну економію палива. Зниження температури води в мережі до 50-70 °C обумовлює зменшення тиску в теплофікаційному відборі і, як наслідок, збільшення виробництва електроенергії комбінованим способом, що дає додаткову економію палива і служить аварійним резервом в енергосистемі.

Використання теплових насосів є витрато-зберігаючою технологією. Перехід на більш низькі температури мережної води в магістральних теплопроводах дозволяє використовувати для них більш дешеві труби з синтетичних матеріалів, які не піддаються корозії з тривалістю експлуатації до 50 років. До того ж, принципово виключені аварійні режими з закипанням мережної води. Відпадає необхідність в будинкових теплових пунктах, оскільки мережна вода може надходити безпосередньо в опалювальні радіатори. Загалом капіталовкладення зменшуються в 1,5 рази у порівнянні з традиційним варіантом. Значно зменшуються терміни вводу теплових потужностей, підвищується надійність системи теплового постачання.

Технологія використання ТЭЦ з тепловими насосами забезпечує структурне резервування теплових споживачів при аваріях на магістральних теплопроводах як послідовно-паралельна структура, коефіцієнт готовності якої оцінюється в 0,9. Валові викиди шкідливих речовин зменшуються за рахунок економії палива.

Атомна енергетика зараз широко визнана як неефективна, яка має прибуток тільки завдяки значним урядовим субсидіям. Повні витрати на атомну енергетику суттєво недооцінюються всіма урядами країн Європи, які мають атомні технології, і тільки з недавнього часу стала відомою справжня вартість. Приховані витрати на захоронення відходів, виведення реакторів та ліквідацію аварій ніколи раніше повністю не враховувались, що приводило до масового перевищення ресурсів європейських країн. Це буде тривати багато років, оскільки вартісна і небезпечна ліквідація атомного виробництва заводить в глухий кут.

Проблеми безпеки і впливу на навколишнє середовище будуть постійними для атомної промисловості як у Східній, так і в Західній Європі. Багато країн Європи з цієї причини вирішили не розвивати атомну енергетику, але радіоактивне забруднення не має національних меж. Атомні електростанції загрожують здоров'ю і достатку всіх націй, а також навколишньому середовищу. Існує дуже серйозна проблема транспортування ядерних матеріалів. Для повного і всебічного гарантування виключення всіх найбільш імовірних ризиків аварій на атомних реакторах західного і східного типів необхідно враховувати реальну ціну на електричну енергію атомних станцій на багато більшу відносно існуючого рівня.

З урахуванням того, що більшість країн ЄС мають надто мале бажання починати або надавати новий імпульс ядерним програмам, здається дивною така величезна частка фінансування фондів ЄС, яка витрачається на ядерну технологію. В ЄС зараз не мають конкретних планів щодо збільшення потужностей атомних станцій, близько половини країн вільні від атомної енергетики, інші планують зменшити або ліквідувати атомну енергетику повністю. Тому не раціонально витрачати великі кошти на галузь, що знаходиться в повній диспропорції до тієї ролі, яку атомна енергетика повинна відіграти у майбутньому. Програми нового європейського реактора високого тиску і ядерного синтезу підтримуються обіцянками безпечнішої експлуатації, але з урахуванням того, що суспільство серйозно налаштоване проти

атомної енергетики, більшість схиляється до того, що в подальшому потрібно збільшити інвестиції у відновлювану енергетику, яка має суспільну підтримку.

Акумулятор енергії Рубіа пропонується як альтернатива безпечної форми використання атомної енергії і, крім того, як часткове вирішення проблеми ядерних відходів. Однак залишаються сумніви щодо екологічної безпеки і запобігання поширенню швидко-накопичуваних відходів, які необхідно брати до уваги. Розробка цієї технології означала б витрачання великих коштів, які спочатку йдуть на ядерну технологію, тільки іншого типу, з виникненням у майбутньому таких самих проблем і такою самою суспільною протидією, яка існує зараз по відношенню до ядерного синтезу. У зв'язку з обмеженим фінансуванням необхідні термінові зміни, щоб направити фінансування ядерних програм, включаючи розмножувальні і переробні технології, в бік безпечніших технологій, які мають суспільну підтримку, залишаючи частину фінансування для ізоляції атомних відходів, їх контролю і очистки. В атомній промисловості буде необхідна ще більша кількість робочих місць для управління її наслідками, які були створені попередніми поколіннями.

Виділення плутонію є одним з головних джерел радіоактивних відходів. Плутонієві відвали і скиди, які утворюються в процесі збагачення, викликають все зростаючу міжнародну тривогу. Більше того, збагачення використаного палива дає відходи середньої і низької якості, – в 150 разів більше, ніж об'єм первинного палива. Тому немає ні економічного, ні екологічного виправдання для продовження процесів регенерації палива. Крім того, використання змішаного окисленого палива створює нові екологічні проблеми і не стримує загрози, пов'язаної з розщепленням плутонію.

Атомна промисловість розраховує на підтримку атомної енергетики з точки зору проблеми зміни клімату. Однак її велика вартість, тривалий робочий цикл, значний екологічний ризик і проблеми відходів потребують довготермінових дій, що робить атомну енергетику дуже проблематичною. Швидше за все, розгортання різноманітних енергоефективних технологій і відновлюваних джерел енергії забезпечить більш швидкий і надійний підхід до зменшення викидів вуглекислого газу.

Атомні електростанції некомерційного рівня виведені з експлуатації в усьому світі. Це значний крок до стримування

прототипів міні-реакторів, розміщених окремо від крупних комерційних реакторів. Затрати на виведення реакторів з експлуатації залишаються головною невизначеністю, деякі зі схем виведення оцінюються в десятки разів вище витрат на їх будівництво. Крім того, місця розміщення атомних станцій не були обрані з розрахунком на тривалу придатність захоронень ядерних відходів, і це неможливо навіть якщо вони за умовчанням є тимчасовими захороненнями ядерних відходів. Виведення з експлуатації також є небезпечною операцією для його виконавців.

На противагу принципам екологічно стійкого розвитку, які закладені у порядок денний на 21 сторіччя, накопичення стійких до розпаду радіоактивних відходів без вирішення проблем їх розміщення буде тяжіти важким спадком для майбутній поколінь. Було б абсолютно безвідповідальним і морально недопустимим поставити майбутні покоління перед фактом існування ядерних матеріалів в значних масштабах, якщо переконливо не показати хоча б одним прикладом безпечності ізоляції цих відходів протягом тривалого часу. Пройшло багато часу, однак такий метод досі не знайдений. В цілому по Європі політика щодо ядерних відходів знаходиться в занедбаному стані, зростає суспільна протидія переміщенню і захороненню ядерних відходів.

Отже, безпечне розміщення ядерних відходів не відповідає нашим технічним і науковим можливостям, тому ми не повинні починати згортання атомної промисловості. Там, де створені ядерні відходи, сховища повинні бути охоплені повним моніторингом до того часу, поки буде винайдений метод довготривалого зберігання і розміщення таких відходів. Цей метод повинен гарантувати ізоляцію відходів від природного середовища. Сухі сховища є найбільш придатними, але головна екологічна мета – це припинення виробництва таких відходів узагалі. Регенерація відпрацьованого палива не є придатною стратегією управління відходами і повинна бути зупинена. Захоронення ядерних відходів низького рівня у підземних сховищах і розчинення звичайних відходів ядерними з наступним розміщення їх у навколишньому середовищі повинно бути зупинене. Імпорт і експорт радіоактивних відходів потрібно заборонити, і всі країни, які їх мають, повинні нести відповідальність за їх захоронення.

Міжнародні фонди повинні бути відсторонені від програм нових реакторів і ядерного синтезу, а засоби слід направити на допустимі

форми енергії, у яких реальне майбутнє. Зараз спостерігається неадекватне втягнення Європейського парламенту в проблеми атомної енергетики. Рівні аварійності атомних станцій штучно занижені. Необхідно переглянути їх і у зв'язку з цим виділити додаткові засоби для підтримки довготривалої їх безпечності.

3.3. Екологізація видобування

Видобувна промисловість є причиною значного впливу на наше здоров'я і навколишнє середовище. Кислотні дощі, зміни клімату, нафтове забруднення і викиди транспорту – все це результати використання викопного палива. Стає все зрозумілішим, що нам необхідно обмежити використання викопного палива до рівня, на якому світове природне середовище може впоратися з викидами. Основну увагу в подальшому потрібно приділити не об'ємам запасів усього палива, а тій його кількості, яка може бути використана без серйозних порушень екосистем, від яких залежить наше благополуччя. Було розраховано, що для обмеження змін клімату до безпечного рівня, при якому є можливість уникнути небезпеки для існування екосистем, у наступному столітті можна використати лише чверть з об'єму викопного палива, який використовується сьогодні і вважається економічно вигідним для споживання. При сучасній інтенсивності використання ми досягнемо цієї межі за декілька десятиріч.

Видобуток і використання викопного палива має спустошливий місцевий вплив. Наприклад, вугільна промисловість має (особливо в умовах ринкової лібералізації) короткотривалі переваги при використанні відкритих розробок вугілля. Величезні території, де мешкають тисячі громадян, з первинною природою і високоякісною життєдіяльністю по всій Європі стають непридатними для використання в результаті забруднення повітря і води, вибухів і шуму машин на відкритих гірських розробках. Відсутність стандартів для вугільних розрізів означає, що більшість наслідків цієї діяльності не береться до уваги.

Підприємства нафтової і газової промисловості також мають немалий вплив на навколишнє середовище. Рибальство, індустрія туризму і дика природа – все це відчуває техногенний тиск. Наприклад, нафтові плями після аварій танкерів завдають шкоди навколишньому середовищу, а методи, які використовуються в

операціях з очищення, часто не сприяють повному відновленню, збираючи менше 10-15% нафти. Аварії танкерів дають тільки 13% від всього річного забруднення моря нафтою. Викиди нафти з добувних платформ, її дренаж, нелегальний викид з кораблів, які промивають свої танки, витіки з трубопроводів – все це приводить до серйозного впливу на навколишнє середовище.

Відносно малі розливи оріоемульсії (суспензії маленьких частинок бітумоподібного матеріалу у воді) обумовлюють високий рівень небезпеки для життя моря і ведуть до акумуляції цих частинок у харчових ланцюгах життєдіяльності внаслідок високого рівня стійкості і біоакумулюючих властивостей цих речовин. Вони не плавають на поверхні, як сира нафта, а розповсюджуються на декілька метрів в глибину, що фактично робить неможливим очищення. Ризик, пов'язаний з переміщенням оріоемульсії, і забруднення, викликане нею, означає, що її недоцільно використовувати як паливо.

Існує така серйозна проблема, як згортання офшорної нафтової інфраструктури. Навіть тоді, коли ліквідація нафтових башт у відкритому морі є дійсно вигідною, для всіх існує небезпека, що вони будуть захоронені у морі через домовленості нафтових компаній і урядів без консультацій з іншими зацікавленими сторонами. Неврахування консультацій з громадськістю частково пов'язане з відсутністю незалежного погодженого екологічного комітету, який зробив би свій внесок в організацію громадського протесту щодо цих планів. Хоча повне згортання нафтових структур у Північному морі складає 6-7,5 млрд. єкю, громадськість не погодиться з фінансовими обмеженнями як головною причиною нездатності для повного згортання офшорних нафтових структур, особливо якщо більшість цих витрат буде покривати промисловість через податково-пільгові механізми. Згортання і повна відмова від усіх нових офшорних нафтових структур потребують обґрунтування проєктів, системного підходу до проблеми відходів, враховуючи можливості вторинного використання нафтових структур або їх компонентів, а також визначення небезпечних матеріалів та їх ізоляцію.

Процеси згортання та ліквідації технологічних структур повинні супроводжуватись програмами відновлення навколишнього середовища. Більше того, екологічний моніторинг повинен супроводжувати діяльність цих структур протягом всього часу їх

роботи і тривати до тих пір, поки весь вплив на навколишнє середовище від операцій з нафтою або газом буде повністю компенсовано.

Отже, для того, щоб зменшити вплив на навколишнє середовище промисловості викопного палива, необхідно радикально обмежити споживання викопного палива. Для цього повинні бути скорочені субсидії на його видобування. Всі регіони, де намічається видобування викопного палива, повинні проходити екологічний аналіз, який міститиме цілісну оцінку впливів на навколишнє середовище. Результати цього аналізу повинні бути враховані при прийнятті будь-яких рішень при реалізації технічного проекту. Стратегічна екологічна оцінка повинна бути врахована при прийнятті рішень про надання ліцензій і дозволів на втілення проекту, їх реалізація повинна супроводжуватись незалежним моніторингом, а результати повинні бути доступні для суспільного контролю. Національні і міжнародні екологічні звіти і результати екологічного аудиту компанії повинні бути враховані при видачі їй відповідної ліцензії. Ця процедура повинна повторюватися кожні 5 років і повинна бути доступною для суспільства. Існує потреба у повному аналізі всіх витрат і наслідків діяльності промисловості викопного палива на експлуатацію, добування, згортання виробництва, відновлювальні роботи і впливу на навколишнє середовище.

Необхідні подальші дослідження наслідків відкритих робіт, які б враховували такі фактори, як якість підземних вод і вплив на здоров'я населення. Певні райони моря необхідно визнати як заповідні, в межах яких заборонено видобувати нафту і газ. Необхідні регулярні інспекції нафтових вишок з метою отримання висновків про відповідність компаній екологічним вимогам, які визначені у виданих ліцензіях. Якщо умови, які визначені в ліцензії, порушені, повинні бути застосовані суворі штрафні санкції. Існує необхідність перегляду і проведення жорсткішої політики покарань. Захоронення нафтових башт у морі повинно бути визнано кримінальним злочином. Потрібно докласти всіх зусиль до зменшення об'ємів відходів і втілити їх рекуперацію згідно з загальноприйнятим принципом менеджменту відходів. Потрібно примушувати підприємства до робіт з відновлення морського дна після згортання робіт при добуванні.

3.4. Екологізація транспорту

Сотні тисяч людей у світі помирають передчасно кожен рік внаслідок забруднення повітря транспортом. Крім того, автотранспорт створює шум, приводить до нещасних випадків, руйнування ландшафту і нерационального використання ресурсів. З транспортом пов'язане найбільше підвищення рівня викидів вуглекислого газу, і на нього припадає близько 50% споживання нафти в ЄС. Незважаючи на жорсткі стандарти, які обмежують забруднення повітря, прийняття рішучих дій в напрямі планування транспортної політики та альтернативного палива для транспорту, збільшення кількості транспорту і його використання все ж випереджає можливі покращення і зводить до мінімуму всі зусилля. Заходи, які зараз застосовуються, зонайменше не мають далекоглядної мети. Необхідні рішучіші дії з метою значного зменшення цього впливу і пов'язаних з ним наслідків.

Є гостра необхідність у чистому паливі, ефективнішому транспорті, а також у плануванні системи, яка б загалом намагалась зменшити необхідність поїздок. Покращене планування території може також мінімізувати вимоги до транспорту і споживання енергії шляхом наближення об'єктів сервісу і роботи людей до місця мешкання. Оскільки дороги практично використовуються безкоштовно, для обмеження використання мережі доріг існує мало стимулів. Це дає можливість промисловості транспортувати продукцію з одного регіону в інший без відповідної плати за використання доріг. Однак витрати стають обтяжливими для суспільства і навколишнього середовища через забруднення повітря, деградації системи доріг, зростання «пробок» і збільшення кількості аварій. Дослідження показали, що дорожній транспорт практично субсидується на 85%, тому ціна бензину повинна збільшитися, якщо скасувати ці субсидії.

Країни ЄС зараз перевозять 70% своїх товарів по шосейних дорогах, які вкрай зношені. Безумовно, існує гостра потреба розвантаження доріг і завантаження залізничного транспорту. Залізничний транспорт ефективніший і менше впливає на навколишнє середовище в порівнянні з автомобільним транспортом. Використання викопного палива для виробництва електроенергії для транспорту всіх країн порівняно неефективне, і необхідно в подальшому розробляти досконалішу систему. Відсутність

фінансування є типовим прикладом сучасної транспортної політики багатьох країн. Недостатньо фінансується будівництво і реконструкція доріг, автомобільна промисловість, будівництво залізниць.

Збільшення повітряних сполучень веде до значного збільшення викидів, особливо на великих висотах, де вони вкрай небезпечні. Це веде до посилення місцевого і глобального забруднення повітря разом з подальшою зміною клімату і знищенням озонового шару. Зараз авіаційний сектор отримує прибутки, вільні від податків на паливо і на міжнародні квитки, що схиляє ринок на користь повітряного сполучення.

Інша податкова суперечність, на яку слід звернути увагу, пов'язана з дизельним паливом, яке значно менше оподатковується порівняно з бензином у більшості країн, хоча дизель викидає більшу кількість найшкідливіших забруднювачів, включаючи окисли азоту і специфічні речовини, від нього більше шуму і взагалі більше проблем при експлуатації доріг у порівнянні з бензином.

Вже зараз запропоновано багато перспективних рішень. Розроблені ефективніші автомобілі, які витрачають менше 3 л на 100 км і можуть використовувати альтернативне паливо, яке має численні потенційні переваги для зменшення локального забруднення повітря і викидів парникових газів. Наприклад, дизельне біопаливо, яке отримується з олійних культур, є нетоксичним і біологічно швидко розпадається. З ним пов'язані менші викиди парникових газів, сірки і сажі, ніж з нафтохімічним паливом. Передбачається в майбутньому щорічно забезпечувати цим паливом не менше 5% паливного ринку. Але подальшому розвитку виробництва біопалива загрожує, перш за все, скорочення в процентному відношенні площі землі, яка призначена для такого використання. Також і стиснутий природний газ та рідкий нафтовий газ, які отримуються як видобувне паливо, забезпечують значне зменшення викидів окислів азоту і забруднення.

На перший план виходить використання електромобілів та їх похідних. Електромобілі мають значні переваги завдяки відсутності викидів у густо населених районах, і потенційно, якщо електроенергія буде постачатися з відновлюваних джерел, вони стануть взагалі менш забруднюючим видом транспорту. Однак для цього потрібен значний прогрес у напрямку батарейно-

акумуляторних технологій, зменшення ваги і часу підзарядки акумуляторів.

Інший напрям розвитку – це дизель-електричні і бензо-електричні гібриди. Ці транспортні засоби мають значно менший двигун, що працює при постійному навантаженні з виробництвом електроенергії, яка живить електродвигун транспортного засобу. Викиди набагато менші в порівнянні з двигунами внутрішнього згорання, якщо транспорт працює в електричному режимі, забезпечуючи своє пересування протягом тривалого часу.

Існує першочергова необхідність в таких транспортних засобах, які зменшують забруднення повітря в містах. У майбутньому водень, що отримується з води і використовується для виробництва електроенергії в бортових паливних елементах, може забезпечити ще нижчий рівень викидів.

Розглянемо деякі пропозиції фахівців з реформування транспортної галузі, що стосуються скорочення руху автотранспорту в густо населених регіонах. Перш за все треба перекинути фінансування з програм будівництва доріг на об'єднання транспортних систем, змінити планування транспортної системи, надаючи пріоритет пішоходам, велосипедистам, а також громадській ролі вулиць, громадському транспорту, і лише потім – використанню автомобіля.

Громадськість має вимагати від своїх місцевих влад планування розміщення місць дозвілля і магазинів якомога ближче до місць проживання, забезпечуючи тісний суспільний зв'язок з ними, сприяти визначенню стратегічної екологічної оцінки повної вартості будівництва автомобільних доріг по відношенню до інших варіантів, таких, як залізниця, вимагати повну оцінку екологічного впливу на навколишнє середовище по кожному проекту будівництва доріг, враховуючи всі інші альтернативи, захищати основні місця проживання від транспортної інфраструктури.

Місцева влада має надавати громадськості схеми ціноутворення шляхів у містах, використання річного прибутку міст і податків за експлуатацію доріг та паркування для покращення і субсидування громадського транспорту і системи управління рухом. Центральна влада має законодавчо закріпити включення зовнішніх екологічних витрат у вартість транспорту, суттєво збільшити кількість станцій спостереження за якістю повітря, забезпечити податкові пільги для невеликих і екологічно ефективних автомобілів, ввести фіскальні

заходи для покарання неефективних транспортних засобів і встановити правила з обмеження швидкості, встановити обов'язкові стандарти на якість палива для легкових автомобілів з метою підтримки напрямку створення транспорту з нульовими викидами, посилити обмеження на вміст сірки в паливі і встановити стандарти для специфічних речовин, забезпечити фіскальні механізми фінансування дослідних робіт і підтримку транспорту на альтернативному паливі.

Який же прогноз розвитку електромобільного транспорту в найближчій перспективі? Нинішнє покоління буде їздити на екологічно чистих, безпечних і енергоефективних машинах, що приводяться в дію за допомогою такого собі суперкумулятора. Одні на цю сенсацію реагують захоплено, інші, скептики, відповідають, – в електромобіля нема осяжного майбутнього. Цей розбрід оцінок оптимістів і скептиків відповідає прогнозам розвитку електромобільного транспорту професіоналів і поважних експертів. Ось авторитетне агентство *Australian Energy Market Commission* опублікувало прогноз, за яким уже в 2030 році 45% всіх нових автомобілів в Австралії будуть працювати на акумуляторних батареях. Ще більш оптимістичним є прогноз *UK's Committee on Climate*, який передбачає 60% сумарного обсягу автомобільного ринку для електромобілів. Але потужні нафтовидобувні компанії прогнозують, що електромобілі і гібриди в 2030 році складуть лише 4-5%.

Значний розкид оцінок вказує на те, що ми знаходимося в точці біфуркації, в технологічному міжсезонні, коли важко вибрати якийсь один напрямок розвитку. Нафтовика-песиміста легко запідозрити в необ'єктивності. Але і незалежний експерт визнає, що двигуни внутрішнього згорання, подвоївши до 2030 року свою економічну ефективність, так просто не здадуться. Отже істина буде лежати десь посередині. З іншого боку, прогрес у сфері створення суперконденсатора рухається по експоненціальному закону, багатомільярдні капіталовкладення в паливні елементи дадуть очікуване здешевлення, що приведе до технологічної революції, подібної до тієї, яку викликала парова машина. Класичне інноваційне рішення – гібридний електроавтомобіль – навряд чи буде вирішувати проблему: дві з трьох стратегій в решті решт виявляться глухими, доведеться робити вибір, бо на все ресурсів не вистачить. У всякому разі, гроші, вкладені в електромобілі не

пропадуть даремно. Та ж безпровідна зарядка чи суперконденсатор збудуть десятки майбутніх ринків і галузей альтернативної економіки.

Слід визнати також, що багато з того, що говориться про електромобілі, є перебільшенням. Поки що вони дорогі і не такі вже й екологічні. Вони мають багато як достоїнств, так і недоліків. Тому в найближчому майбутньому розвиток мабуть відбуватиметься в напрямку гібридних електроавтомобілів, оснащених рекуператором і електродвигуном. Вони будуть поєднувати достоїнства автомобілів і електромобілів і позбавляти їх недоліків.

Звичайно, автомобілі поки що дешевші, проте за результатом тривалого періоду експлуатації матиме місце значна економія за рахунок різниці між дешевою електроенергією і дорогим бензином. До того ж слід пам'ятати, що час працює на електромобіль. Згадаймо, як було з мобільним телефоном і ноутбуком. Що більший об'єм виробництва, то дешевші будуть батареї, а сьогодні вартість батареї становить добру половину загальної вартості електромобіля. З 2009 року собівартість батареї уже знизилась на третину за рахунок збільшення кількості електромобілів, і до 2020 року електромобіль може стати дешевшим від автомобіля аналогічного класу.

Що до екологічності теж не все ясно поки що, хоча в майбутньому і це питання має бути вирішене на користь електромобіля. Дійсно, прихильники електромобілів перебільшують, коли наголошують, що на відміну від двигунів внутрішнього згоряння електродвигуни взагалі не забруднюють навколишнє середовище. Вони при цьому забувають, яким чином виробляється та електроенергія, що споживає цей електродвигун. Адже для отримання електроенергії було спалено велику кількість мазуту і вугілля на електростанціях, а отже навколишнє середовище загалом не стало чистішим. Можна відповісти, що в майбутньому частка атомних, гідравлічних та нетрадиційних джерел енергії буде збільшуватися. Це так, але поки що більша частина електроенергії виробляється на теплових електростанціях і зелена енергетика ще не сказала свого останнього слова.

Таким чином, стверджують песимісти, враховуючи ті факти, що розвиток альтернативної енергетики обмежується, атомна енергетика через аварійну небезпеку теж гальмується, нафтові ресурси вичерпуються, розвиток сланцевої енергетики теж

сумнівний, в структурі енергетики буде переважати використання вугілля, запасів якого вистачить ще на декілька століть. Виходячи з цього, вони підраховали, що розвиток електромобільного транспорту призведе до збільшення теплової генерації в 2 рази. Отже викиди в атмосферу в будь-якому випадку поки що не зменшаться і вони напевно перекриють ту екологічну економію, яку дадуть електромобілі. Тому найближче майбутнє не за електромобілями, а за гібридами, тобто машинами, спорядженими і бензиновим, і електричним двигунами, які будуть поєднувати переваги і навзаєм компенсувати недоліки один одного.

Гібридний електромобіль споряджений малопотужним і компактним бензиновим двигуном, на який можна перемкнутися у будь-який момент, і він працюватиме на підзарядку батареї. Крім того, передбачається використання рекуператора (пристрою, що дозволяє генерувати електроенергію при гальмуванні) не лише в автоматичному режимі, але і в ручному, отже гальмувати двигун, як тільки з'являється така можливість або бажання. При комбінації цих способів електромобіль може без підзарядки пройти не одну сотню кілометрів.

Таким чином, бензиновий або дизельний двигун буде виконувати головну роль, а електричний двигун у комплексі з потужною батареєю і рекуператором буде економно витратити паливе за рахунок утилізації енергії гальмування і використовувати її при розгоні. Крім того, двигун внутрішнього згорання буде працювати на великій відстані, а електродвигун з живленням від акумулятора буде служити для екологічно чистого пересування в містах.

Німеччина планує до 2020 року випустити 1 млн електромобілів, включаючи автомобілі з основним бензиновим двигуном і з можливістю підзарядки батареї від розетки, і серійні гібриди, тобто електромобілі, оснащені двигуном внутрішнього згорання лише для підзарядки акумулятора. Пересуватися на великі відстані електромобілі поки що неспроможні, але через декілька років така можливість клієнтам буде надана.

За основним показником, викидами двоокису вуглецю в атмосферу, генерація електроенергії на ТЕС на даний момент в два рази перевищує автотранспорт. Все це правильно, отже викиди в атмосферу при масовому використанні електромобілів переносяться з мегаполісів в місця розташування ТЕС. Перехід же на

електромобілі в комплексі з переходом на нетрадиційні джерела енергії дає значне покращення екологічного становища країн планети. Наприклад, у Норвегії електроенергія виробляється майже повністю на гідравлічних і вітрових електростанціях, і забруднення навколишнього середовища значно зменшиться з переходом на електромобільний транспорт.

Фірма *Audi* реалізує проєкт *Balanced Mobility*, який має передбачити стратегію перебудови компанії. Частиною цього великого задуму є проєкт *e-gas*. Суть проєкту полягає в тому, що електроенергія, яка виробляється вітровими генераторами, частково буде використовуватися для підзарядки електромобілів, а частково для виробництва водню і потім, шляхом зв'язування його з вуглекислим газом повітря, – для виробництва метану. На всіх газових автозаправних станціях Німеччини він безперешкодно пропонується всім нашим клієнтам, що придбали нове покоління автомобіля *Audi* на газовому приводі. Проєкт забезпечує не тільки виробництво електроенергії для електромобілів, але і за допомогою лишньої енергії вітрових електростанцій відбирає вуглекислий газ атмосфери для виробництва палива газових автомобілів.

До 2050 року федеральний уряд Німеччини передбачає, що 80% енергоспоживання Німеччини буде покриватися з поновлюваних джерел. Значна кількість надлишкової електроенергії буде вироблятися в нічні часи, за допомогою якої буде синтезуватися значний обсяг *e-gas*-метану для нейтральних автомобілів на газовому приводі і використовуватися для зарядження батарей електромобілів. Отже, фірма *Audi* має чітке бачення перспективи: пересування в містах без вихлопів і на великі відстані з нейтралізацією вихлопного вуглекислого газу.

Якщо технологія виготовлення електродвигунів досить розвинена, то технологія виготовлення батарей знаходиться в стадії безперервного розвитку. Зараз найбільш актуальною є проблема розробки високовольтних акумуляторів. Компанія *Panasonic* постачає комірки батарей, а фірма *Audi* виготовляє акумуляторні системи з них. Сьогодні зарядка батареї виконується за допомогою кабелю, але вже відпрацьована технологія безконтактної зарядки за допомогою індукції, що значно підвищує комфортабельність цієї операції.

3.5. Екологізація промисловості

Електромобілі не дають викидів шкідливих речовин в атмосферу, сонячні батареї на відміну від ТЕС не викидають хмари диму. Однак якщо простежити процеси всіх попередніх виробництв, ми змушені будемо констатувати, що неврахованими залишилися екологічні наслідки попередніх виробничих стадій відносно спожитих ними матеріальних і енергетичних ресурсів: електроенергії для заправки електромобілів, свинцю для акумуляторів, кольорових металів і цементу для будівництва СЕС і т. д. Необхідно враховувати втрати і від вилучення значних площ землі для всіх цих виробництв. Використання матеріалів і виготовлення обладнання також пов'язані з забрудненням навколишнього середовища.

Виробництво будь-яких товарів чи надання послуг у сучасних умовах долає довгий, розгалужений і циклічний шлях. До кінцевої стадії виготовлення стікаються потоки матеріалів, енергії, устаткування, інформації. Все це є окремими ланками виробничого ланцюга. Кожна з ланок виробництва тією чи іншою мірою впливає на природне середовище, і кожний вид товарів чи послуг є відповідальним за негативні наслідки цього процесу. Причому не тільки за прямий збиток власного виробництва, але й за непрямі наслідки, що виникають на попередніх стадіях виробництва матеріалів і енергії.

Отже, щоб отримати загальний показник екологічної ціни, потрібно врахувати відповідні показники як даної так і всіх попередніх стадій. У сучасній виробничій діяльності окремі господарства тісно взаємопов'язані. Вплив на довкілля відбувається у вигляді забруднення атмосфери і води, розміщення твердих відходів, шкоди, заподіяної рослинному і тваринному світу та природно-заповідному фонду, аварійного забруднення довкілля тощо.

Нагальною потребою людини є незадимлене повітря для дихання, чиста вода для пиття і незабруднені продукти харчування. Людина розуміє, що погано проживати в промисловій зоні, споживати неочищену воду і дешеві продукти, що містять консерванти чи залишки пестицидів. Все це сприяє виникненню інтересу до екологічних товарів і послуг, і якщо людина має кошти, виникає попит до них. Але для цього люди мають бути достатньо

заможними і готовими відмовитись від частини інших потреб на користь екологічних.

Екологізація будь-якого виробництва передбачає очисні споруди, маловідходні технології, тотальну ефективність і екологізацію стилю життя. В першу чергу очищенню підлягають повітря і вода.

Очищення повітря від твердих і рідких домішок можна здійснювати за допомогою багатьох різноманітних способів: циклонного, ротаційного, вихрового, електричного, мокрого, абсорбційного, хемосорбційного, адсорбційного, біохімічного та ін.

Найбільш поширені установки сухого пилоуловлювання типу циклонів. Використовуються для уловлювання золи, що утворюється при спалюванні палива в котлах теплоенергетичних установок. Осадження золи відбувається внаслідок закручування потоку під дією центробіжної сили. Тверді частинки відтісняються до зовнішніх стінок корпусу і, втрачаючи швидкість, випадають у бункер накопичення. Існують циліндричні і конічні конструкції циклонів. До цієї категорії відносяться також ротаційні і вихрові пилоуловлювачі соплового і лопатєвого типу.

В різних галузях промисловості для очищення газоповітряних компонент від твердих частинок пилу і туману широко використовуються електричні фільтри. Цей метод очищення оснований на ударній іонізації газу в зоні коронного розряду. При цьому відбувається передача заряду іонів частинкам домішок і осадження цих частинок на осадних і коронних електродах, розміщених у металевому корпусі у вигляді секцій. До коронних електродів у вигляді металевих прутів або вузьких смуг з голками підводиться негативний заряд високої напруги (20-90 кВ). Осадні електроди виконуються з тонколистової сталі у вигляді широких смуг з розвиненою поверхнею, які періодично струшують золу в бункер накопичення.

Для очищення газів і повітря від дрібнодисперсного пилу, а також для очищення вибухонебезпечних газів широко застосовуються мокрі пилоуловлювачі. Принцип дії мокрого пилоуловлення полягає в осадженні частинок пилу на поверхню краплини або плівки рідини за рахунок сил інерції і броунівського руху. Сила інерції залежить від маси краплини і частинки пилу. Броунівський рух характерний для частинок малого розміру. Для досягнення високої ефективності очищення газу від домішок

необхідно зменшувати швидкість руху газового потоку в апараті. Важливим фактором є змочуваність частинок рідиною. За конструкцією мокрі пилоуловлювачі поділяються на скрубери Вентурі, форсуночні і центробіжні скрубери, ударно-інерційні, бормотажно-пінні та ін. У найбільш поширеному скрубери Вентурі головною частиною є сопло, через яке підводиться запилений потік газу, а через центробіжну форсунку – рідина для зрошення.

Очищення технологічних викидів від газових і пароподібних компонентів можливе за допомогою різних методів: абсорбції, хемосорбції, адсорбції, термічної нейтралізації, каталітичного перетворення, а також біохімічними методами.

Абсорбція – процес розділення газоповітряної суміші на складному шляху поглинання газової компоненти рідким абсорбентом з утворенням розчину. Такий процес називається скрубери. Наприклад, для очищення технологічних викидів від аміаку, хлористого або фтористого водню доцільно для поглинання використовувати воду. При поглинанні сірчистого ангідриду чи хлору витрати води дуже значні.

Метод хемосорбції оснований на поглинанні газів і пари твердими чи рідкими поглиначами з утворенням малолетучих або малорозчинних хімічних сполук. Хемосорбція вигідна при невеликих концентраціях шкідливих речовин у відхідних газах. Хемосорбція є одним з найбільш розповсюджених способів очищення відхідних газів від оксидів. Методи абсорбції і хемосорбції відносяться до мокрих. Вони економічні при очищенні газів у значних обсягах і характеризуються безперервністю технологічного процесу.

Метод адсорбції оснований на фізичній властивості деяких твердих тіл з ультрамікроскопічною структурою селективно діставати і концентрувати на своїй поверхні певні компоненти газової суміші. В пористих тілах з капілярною структурою поверхнєве поглинання доповнюється капілярною конденсацією. Молекули газу прилипають до поверхні твердого тіла під дією міжмолекулярних сил. Особливістю адсорбції є оборотність процесу, яка є важливою при необхідності рекуперації адсорбованого газу. В якості адсорбентів використовують активоване вугілля, глинозем, сілікогель, оксид алюмінію тощо.

Адсорбційні установки знаходять широке застосування у різних галузях промисловості, наприклад, для видалення SO_2 з гарячих

топочних газів з наступним його використанням. Адсорбція широко використовується при видаленні пари розчинників з відпрацьованого повітря при фарбуванні автомобілів, органічних смол і розчинників у системах вентиляції підприємств з виробництва скловолокон і склотканей, парів ефіру, ацетону та інших розчинників у виробництві нітроцелюлози і бездимного порошу, при очищенні вихлопних газів, для видалення отруйних компонент, сірководню, радіоактивних газів з ядерних реакторів, а також радіоактивного йоду.

Термічна нейтралізація шкідливих домішок має ряд суттєвих переваг. Технологічний процес термічної нейтралізації може бути організований за однією з трьох схем: пряме спалювання при температурі 600-800 °С, каталітичний процес при температурі 250-450 °С і термічне окислення при температурі 600-800 °С. Область застосування того чи іншого методу обмежується характером продукту, що утворюється в процесі окислювальної реакції. Ці методи можна застосовувати для знешкодження матеріалів органічного походження, що не містять сірки, галогенів і фосфору.

Прикладом процесу прямого спалювання є спалювання вуглеводнів, що містять токсичні гази (ціанистий водень), безпосередньо у факелі відкритого пальника. При знешкодженні органічних відходів лакофарбних цехів і відхідних газів нітрувальних процесів використовуються камерні допалювачі з відкритим полум'ям.

Каталітичний метод використовується для перетворення токсичних компонентів промислових викидів у нешкідливі речовини або менш шкідливі для навколишнього середовища шляхом введення додаткової речовини – каталізатора. Каталітичне окислення вигідно відрізняється швидкістю протікання процесу, що дозволяє значно зменшити габарити установки, а також низькою температурою реакції. У більшості випадків каталізаторами виступають метали (платина, паладій тощо) або сполуки (оксиди міді, марганцю та ін.). Каталізатори виготовляються зазвичай у вигляді кульок, кілець, пластин, дроту з ніхрому, нікелю, оксиду алюмінію з нанесеним на їхню поверхню тонким шаром благородного металу. Газоочисні каталітичні установки конструктивно виконуються у вигляді термокаталітичних реакторів.

Термічне окислення застосовується або при високій температурі відхідних газів і недостатній кількості кисню, або при високій

концентрації горючих домішок, які не дозволяють отримати необхідне тепло для підтримки полум'я. Якщо відхідні гази мають достатню температуру, то процес допалювання відбувається в камері з додаванням свіжого повітря. У тих випадках, коли температура відхідних газів недостатня для протікання процесу окислення, відхідні гази підігріваються в теплообміннику, а потім пропускаються через робочу зону, в якій спалюється природний чи інший висококалорійний газ. При недостатці кисню його вводять в потік за допомогою повітрядувки або ежектування.

Для видалення неприємних запахів біологічного походження, в процесах лакопокриття, в автомобільній промисловості та в ливарних цехах використовуються біохімічні методи. Біохімічна газоочистка оснований на здатності мікроорганізмів руйнувати і перетворювати різні хімічні сполуки. Руйнування речовин відбувається під дією ферментів, що виробляються мікроорганізмами. Існує дві групи апаратів біоочистки: біофільтри і біоскрубери. В біофільтрі газ пропускається через фільтруючий шар (насадку), змочений водою. Біоскрубери – це абсорбційні апарати, в яких зрошувальною рідиною служать водні суспензії активного ілу. Шкідливі складники газів уловлюються абсорбентом і розкладаються мікроорганізмами. Реакція протікає повільно, тому використовується проміжна ємність у вигляді реактора.

У промисловому виробництві мають місце також величезні витрати водних ресурсів, які потребують негайного глибокого очищення. Методи очищення стоків від нафтопродуктів, що є найбільш поширеним видом забруднення, поділяються на механічні (відстоювання), фізико-хімічні і біологічні.

Механічне очищення здійснюється за допомогою ґрат, пісколовок, нафтоуловлювачів та відстійників. Процес відстоювання може бути організований як у спеціальних відстійниках, так і в маслоуловлювачах. Ефективне відокремлення маслопродуктів здійснюється в зоні дії центробіжних сил в напірних гідроциклах. Гідроцикли широко застосовуються в різних галузях промисловості і поділяються на напірні, відкриті і багатоярусні.

Для очищення стічних вод від маслопродуктів досить широко використовується флотація. Інтенсивне спливання маслопродуктів відбувається за рахунок їх обволікання бульбашками повітря, яке подається в стічну воду. Флотація буває напірна, пневматична, пінна, біологічна, хімічна, електрична і вібраційна.

Електрична флоатація зазвичай використовується для додаткового знешкодження стічних вод у промисловості. В цьому процесі відбувається перехід іонів алюмінію і заліза в розчин, в результаті чого коагулюють найдрібніші частинки забруднень, що містяться в стічній воді. Електрична флоатація гідрофобних забруднень протікає під дією газовиділення, що відбувається при електролізі водного розчину з використанням нерозчинних анодів (вугільних і графітових). Катодний блок розміщений горизонтально у вигляді сітки на дні флоатаційної камери.

Для очищення стічних вод від розчинених домішок широко застосовується електрична коагуляція, сорбція, нейтралізація, озонування та ін. Електрична коагуляція найчастіше застосовується для очищення стічних вод гальванічних і травильних виробництв від хрому та інших важких металів і ціанідів. Ефективно використовується також озон, під дією якого відбувається окислення іонів з виділенням кисню.

Після проходження стічних вод через механічну і фізико-хімічну очистку перед скиданням у водойму, вони підлягають біохімічному очищенню, яке полягає в окисненні органічних забруднень мікроорганізмами. Для забезпечення нормальної життєдіяльності мікроорганізмів потрібні не лише органічні речовини, а й біогенні елементи – азот, кальцій, фтор, хлор та ін. Джерелом біогенних елементів є насамперед побутові стічні води. Оптимальна кількість побутових стічних вод для змішування з нафтовідходами та промисловими стоками залежить від конкретного їх складу і в кожному конкретному випадку має визначатись експериментально.

Біохімічне окислення здійснюється як у природних умовах на полях фільтрації, зрошування, на біологічних ставках, так і в штучно створених умовах на біофільтрах і в аеротенках. Поля фільтрації, поля зрошування і біофільтри функціонують за рахунок ґрунтових біоценозів, а біологічні ставки і аеротенки – за рахунок біоценозів водойм.

В основі аеротенків лежить діяльність мікроорганізмів, що живуть у природних водоймах, тобто активний іл. Аеротенки бувають з регенерацією і без регенерації активного ілу, аеротенки-змішувачі, відстійники тощо. Вони бувають з механічною, пневматичною і пневмо-механічною аерацією. На практиці часто для очищення стічних вод використовують комбіновані установки,

що виконують функції аеротенка і вторинного відстійника. Це дає можливість скорочення виробничих площ.

Важливим є підхід ресурсозбереження при застосуванні маловідхідних технологічних процесів очищення стічних вод. У ряді випадків доцільно використовувати двоступеневе очищення, при якому стічні води проходять попередню очистку в локальних очисних спорудах від домішків, характерних для даного виробництва, а потім стічні води доочищуються на загальних очисних спорудах.

Останньою стадією підготовки води для питних потреб є її знезараження, тобто знищення в ній хвороботворних бактерій за допомогою хлору, фтору або озону. Тривалий час для знезараження води використовували виключно хлор. Проте взаємодія хлору з ароматичними сполуками, що містяться в воді, веде в решті решт до утворення отруйних діоксинів. Тому в багатьох країнах перейшли до обробки води фтором. Але, як виявилось, фторування не менш шкідливе, ніж хлорування. Нині найбільш перспективним і нешкідливим вважається знезараження води озоном.

Крім того, вода питної якості має містити солей не більше, ніж 1 грам на літр. Тому використовують різні методи демінералізації природних і стічних вод: дистиляція (випаровування), що потребує значних енергетичних витрат; виморожування, що має значно менші енерговитрати і ряд технологічних переваг; мембранні методи — електродіаліз і ультрафільтрація і, нарешті, іонний обмін, що є основним методом підготовки глибоко знесолоної води для АЕС і ТЕС з котлами надвисокого і критичного тиску, а також для видобування з води цінних компонентів, наприклад, важких металів.

Розділ 4

ЕНЕРГЕТИКА МАЙБУТНЬОГО

4.1. Загальна характеристика

Ефективний розвиток енергетичної галузі в майбутньому потребує невідкладного зв'язання цілого ряду проблем, пов'язаних з необхідністю збільшення ККД енергоперетворення, підвищення ефективності використання енергоресурсів, економії палива і енергії, використання вторинних енергоресурсів, зменшення шкідливого впливу на навколишнє середовище тощо. Значна увага і матеріальні ресурси повинні надаватися науковим пошукам і дослідженням принципово нових методів отримання енергії.

Енергія, сконцентрована в природних джерелах, зазвичай не може бути використана безпосередньо. В процесі використання вона повинна пройти певні етапи перетворення, передачі, зберігання і використання. Кожний етап супроводжується певними втратами енергії. Тому велике значення мають так звані методи прямого перетворення енергії без проміжних етапів, наприклад, застосування паливних елементів, сонячних батарей, МГД-генераторів і т. п. ККД паливних елементів може досягати 100%, але проблема широкого їх використання нашою вартість на високу їхню вартість і доступність у вигляді широкого асортименту. Це стосується і сонячних батарей, хоча слід зазначити, що останнім часом тут досягнуто значного прогресу. Дуже перспективним на сьогоднішній день є комплексний магнітогідродинамічний метод генерації, що дає можливість суттєвого підвищення ККД сучасних електростанцій.

З проблемою перетворення енергії тісно пов'язана проблема транспорту енергії у великих кількостях на великі відстані, а також проблема акумуляування енергії в тих випадках, коли її виробництво і споживання не узгоджується у просторі і часі. В таких випадках доводиться вдаватися до перетворення енергії. Яскравим прикладом тому можуть бути ГАЕС, які в періоди надлишку дешевої

електроенергії перетворюють її в гравістатичну енергію води, а в періоди дефіциту генерують вартісну електроенергію. Аналогічним, але більш масштабним, прикладом є виробництво за допомогою сонячної або ядерної енергії водню із води, який може стати в майбутньому універсальним носієм і акумулятором енергії. Це так звана воднева енергетика.

Проблема транспорту великої кількості енергії на значні відстані тісно пов'язана з освоєнням нових видів енергії. Для передачі великої потужності по проводах лінії електропередачі необхідне створення великої напруженості поля, яка обмежена діелектричною міцністю повітря. Представляє інтерес передача енергії електромагнітного випромінювання за допомогою хвильовода, а також без проводів.

Всередині хвильовода поле розподіляється більш рівномірно, ніж навколо провода. Це дозволяє за допомогою хвильовода невеликого перетину передавати велику потужність. Переваги хвильовода: відсутність ізоляції і проблем перенапруги, менші втрати тощо. Недолік – низька економічність перетворення на сучасному етапі електроенергії в енергію випромінювання і навпаки кінцевими пристроями, які називаються планотронами і магнетронами.

Можлива передача енергії випромінювання за допомогою направленого короткохвильового променя. Основні труднощі пов'язані з генерацією хвиль, втратами в повітряному середовищі, створенням направленого променя з малим розсіюванням і зворотнім перетворенням променистої енергії в енергію використання. Застосування напівпровідникових лазерів дозволяє перетворювати електроенергію в енергію випромінювання з ККД близьким до 100%, така ж можливість існує і для зворотнього перетворення. За допомогою короткохвильового променя можна передавати потужність 10^{15} Мвт/м², що в трільйон разів більше потужності передачі по хвильоводу.

Втрати енергії – невідворотній побічний результат її перетворення. Чим більше стадій перетворення, тим більші втрати. Підраховано, що лише 12% енергії, яка потенційно міститься в первинних енергоресурсах, перетворюється в корисну роботу. Решта 88% втрачається на стадіях видобутку, переробки, транспортування і збереження палива, перетворення одних видів енергії в інші і кінцевого енергоспоживання (рис. 4.1).

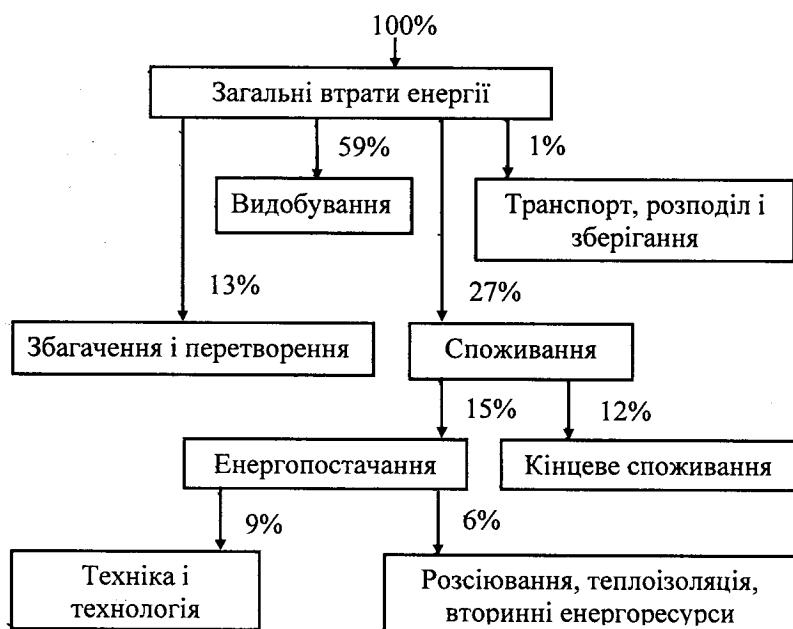


Рис. 4.1. Структура втрат енергії

Втрати енергії в значній мірі пов'язані з господарською діяльністю людей, які зазвичай відносяться до енергії як до дешевого і доступного продукту. Дуже часто енергію використовують не тому що вона необхідна, а тому що дешева.

Слід підкреслити, що економія електроенергії на кінцевій стадії перетворення важливіша за економію первинного енергоресурсу. Так, наприклад, при загальному ККД 20% економія одиниці корисно спожитої енергії дає економію 5 одиниць використаного енергоресурсу. Замість того, щоб будувати нову електростанцію, краще знизити втрати на 1% в уже існуючій системі енергопостачання.

Серед першочергових задач підвищення ефективності використання енергоресурсів слід зазначити покращення роботи промислових теплових печей, підвищення ефективності опалення приміщень, використання енергоефективних транспортних засобів і ін. При споживанні технологічного тепла і в сушильних процесах

необхідне максимальне використання вторинних енергоресурсів у вигляді скидного тепла, використання високоефективних вогнетривких і теплоізоляційних матеріалів, нових технологій обробки металів тощо. Значної економії тепла можна досягнути за рахунок покращення теплоізоляції стін і покрівель приміщень, підвищення якості будівельних конструкцій.

Повністю уникнути втрат неможливо, але потрібно намагатися утилізувати частину цих втрат. Так, наприклад, теплу воду не скидати в водойми, а направляти на опалення теплиць і інших приміщень. Це величезні обсяги. Так, для охолодження конденсованої пари одного енергоблоку потужністю 1000 Мвт потрібно 100-150 тис. м³/год води. Використання теплових насосів з приводом від поновлюваних джерел енергії дасть можливість отримання мільйонів кВтгод дешевого тепла. Технологічний процес виробництва енергії наблизиться до безвідходного (ККД можна підвищити до 75-85%), значно зменшиться теплове забруднення навколишнього середовища.

На рис. 4.2 показана принципова схема теплоустановки для використання скидного тепла ТЕС.

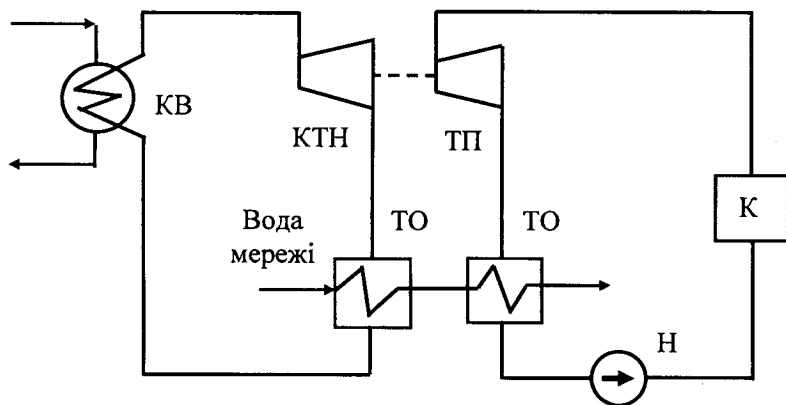


Рис. 4.2. Принципова схема утилізації скидного тепла ТЕС:
 KB – конденсаційний випарник, КТН – компресор теплового насоса, ТП – турбіна протитиску, ТО – теплообмінник, К – котел, Н – насос.

Приводом теплового насоса є турбіна протитиску. Для першого ступеню нагріву води використовується скидне тепло конденсатора,

який виконує функцію випарника теплового насосу. Вторинний нагрів здійснюється в підігрівачі за протитисковою турбіною.

Проблема негативного впливу енергетики на навколишнє середовище – одна з найбільш гострих проблем сучасності. Взаємодія людини з довкіллям за умови величезних масштабів електроспоживання супроводжується рядом небажаних явищ, серед яких найважливішими є теплове забруднення, парниковий ефект, викиди різних шкідливих речовин та багато ін. У перспективі важливе значення можуть мати такі наукові напрямки як паливні елементи, воднева енергетика та термоядерний синтез.

Один з перспективних способів прямого і екологічно чистого перетворення хімічної енергії палива в електроенергію відповідає технології з використанням паливних елементів. Енергетична установка містить в собі батарею паливних елементів з відповідними паралельно-послідовними схемами їх з'єднання. Установка складається з трьох фаз фізико-хімічної системи: газ (паливоокислювач), рідкий електроліт (провідник іонів), металічний електрод (провідник електронів). Принципово важливою перевагою сучасних паливних елементів є можливість їх використання для відновлення газового палива різного походження – природного газу, синтетичного газу, біогазу, продуктів газифікації (вугілля, метанолу, дизельного палива, біомаси тощо), а також екологічна чистота і безшумність процесу.

Паливний елемент – це електрохімічний елемент, в якому активна речовина безперервно надходить зовні, і електроди в електрохімічних перетвореннях участі не беруть. Отже, таким чином, паливний елемент може працювати як завгодно довго. Головною перевагою паливних елементів є їхня висока ефективність. Реальний ККД становить 60-70% і може досягати 85%. Крім того, вони характеризуються досить високою питомою потужністю, прості в експлуатації і безшумні в роботі. Їх застосування в широких масштабах дозволило б надовго зберегти паливні ресурси планети. Киснево-водневий паливний елемент забезпечує в 5 разів більший запас енергії, ніж аналогічний за вагою свинцевий акумулятор.

Воднева енергетика потребує перебудови всієї системи економіки, більше того, – всієї системи державного мислення. Головна перевага водню, як енергетичного палива, полягає в тому, що його питома теплота згоряння майже втричі вища, ніж у нафти, а

при його згоранні утворюється абсолютно екологічно безпечна вода. Технологічними недоліками водню є його підвищена вибухонебезпечність і проблеми зберігання.

Водень можна отримувати електролітичним і плазмохімічним способами, а також за допомогою оборотних паливних елементів. Електролітичний спосіб полягає в розкладанні води на водень і кисень за допомогою електричного струму. Плазмохімічний спосіб полягає в створенні електричного струму в іонізованому газі, що знаходиться в магнітному полі. Хімічна реакція відбувається в результаті передачі енергії від збуджених електронів молекулам газу.

Одним з перспективних і практично невичерпним джерелом енергії в майбутньому може послужити керований термоядерний синтез, реакція якого можлива лише в гарячій плазмі за умов температури не нижче 100 млн °С, тривалого часу її стабільного утримання при достатньо високій густині необхідного об'єму і високій напруженості магнітного поля. Подібних умов можна досягти в тороїдальному магнітному уловлювачі ТОКАМАК. Науково-дослідні роботи за цією технологією потребують значних інвестицій, але вони безумовно необхідні для продовження досліджень.

В термоядерних реакціях синтезу приймають участь важкі ізотопи водню, дейтерія (D) і тритія (T) відповідно з двома і трьома нейтронами в ядрі. При реакції D+D і D+T при злитті ядер дейтерію і тритію утворюється нестабільне ядро гелію-5, яке швидко розпадається на альфа-частинки (гелію-4) і нейтрону з виділенням енергії. В природному водні дейтерію досить багато, його можна отримати з морської води, а тритій отримують із літію. В термоядерній реакції літіє-дейтерієвого циклу нема радіоактивних осколків поділу, як в ядерному паливному циклі.

4.2. Підвищення ефективності використання вугілля

Вугілля – найбільш поширене в природі органічне паливо. Запаси вугілля настільки величезні, що його повинно вистачити ще на багато століть. Але на перешкоді стають низька ефективність та обмеження використання твердого палива у безпосередньому вигляді. Прикладами удосконалення технології використання вугілля можуть бути процеси спалювання твердого палива в

псевдокиплячому шарі, виробництво синтетичних рідких і газоподібних палив, пряме перетворення хімічної енергії палива в електричну за допомогою паливних елементів тощо.

На сьогоднішній день на стадії розробки і вдосконалення знаходиться ряд способів більш економічного спалювання вугілля. Одним з основних і найбільш ефективних способів є спалювання вугілля в псевдозрідженому (псевдокиплячому) шарі при атмосферному тиску (рис. 4.3).

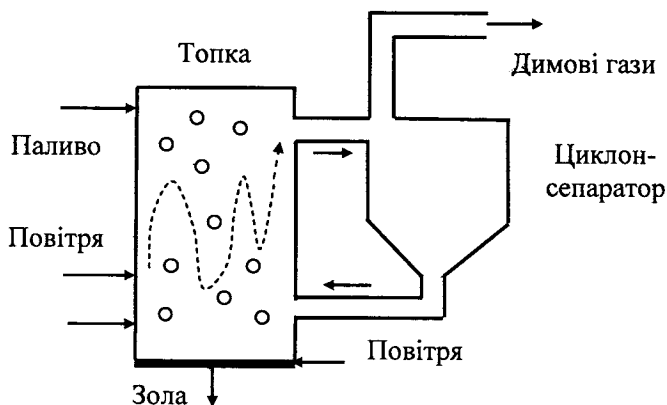


Рис. 4.3. Принципова схема установки псевдокиплячого шару

Суть цього способу полягає в наступному. На перфорованій плиті розміщується подрібнений інертний матеріал, наприклад, вапняк, що служить абсорбентом окислів сірки. Крізь плиту знизу вверх подається повітря, яке при певній швидкості утворює разом з матеріалом інертного шару однорідне середовище, за своїми характеристиками аналогічне рідині. Цей псевдозріджений шар нагрівається до температури $900\text{ }^{\circ}\text{C}$, і в нього в розпиленому вигляді подається вугілля. Труби з водою для пароутворення розміщені в межах псевдозрідженого шару.

Розроблені діючі технології спалювання вугілля в псевдокиплячому шарі на потужних ТЕС. Установки для спалення вугілля в псевдокиплячому шарі під тиском знаходяться на стадії розробки. Термічний ККД процесу горіння може досягати 95%. Капітальні витрати на 15-25% нижчі, ніж при будівництві традиційних ТЕС. Загальний ККД електростанції зростає до 45-50%.

Зменшуються викиди сірчистого газу і окислів азоту. Можливе використання вугілля з високим вмістом золи.

У перспективі очікується значне збільшення використання рідкого і газоподібного палива. Отже інший шлях підвищення ефективності використання вугілля полягає в його гідрогенізації і газифікації. За оцінками деяких спеціалістів після 2030 року може виникнути різниця між попитом на рідке паливо і поставками сирової нафти, яка буде покриватися за рахунок переробки 3,7-7,4 млрд т у. п. вугілля в синтетичне рідке паливо.

Існує близько 170 способів отримання синтетичного рідкого палива з вугілля. На сьогоднішній день найбільш розроблені методи екстракції, каталітичної гідрогенізації під тиском, піроліз і газифікація вугілля з подальшою переробкою в рідке паливо. Методом екстракції під тиском може бути розчинена значне частина подрібненого вугілля. Розчинниками служать повторно використовувані мастила або суміш тетраліну і креозолу. Недоліком методу являється виділення твердого залишку.

При каталітичній гідрогенізації вугілля, змішане з мастилом і сірчистієм каталізатором, піддається високому тиску і температурі, після чого процес доповнюється крекінгом за допомогою відповідних каталізаторів. Залучаючи до переробки разом з вугіллям 30% нафти, можна досягнути зрідження 90% вугілля при двократному зменшенні витрат водню. Технологія Фішера-Тропша оснований на переробці синтетичного газу в рідке паливо (рис. 4.4). Кінцевими продуктами являються бензин, дизельне пальне, малосірчисте котельне паливо, цінні феноли тощо.

В результаті піролізу відбувається суха перегонка вугілля за наявності високої температури і відсутності повітря. Основні продукти піролізу – збагачене вуглецем тверде паливо, рідкі і газоподібні компоненти. При цьому використовується вугілля з низькою температурою згоряння і значним вмістом сірки.

Великого значення, особливо в країнах, що мають значні запаси вугілля і діючі системи газорозподілу, надається газифікації вугілля. Продуктом газифікації в залежності від використання відповідного оптимального процесу може бути горючий газ для промислових установок, синтез-газ або замітник природного газу, що дозволяє транспортування трубопроводом. Найбільш відомими є процеси Лургі, Вінклера і Копперс-Тотцека.

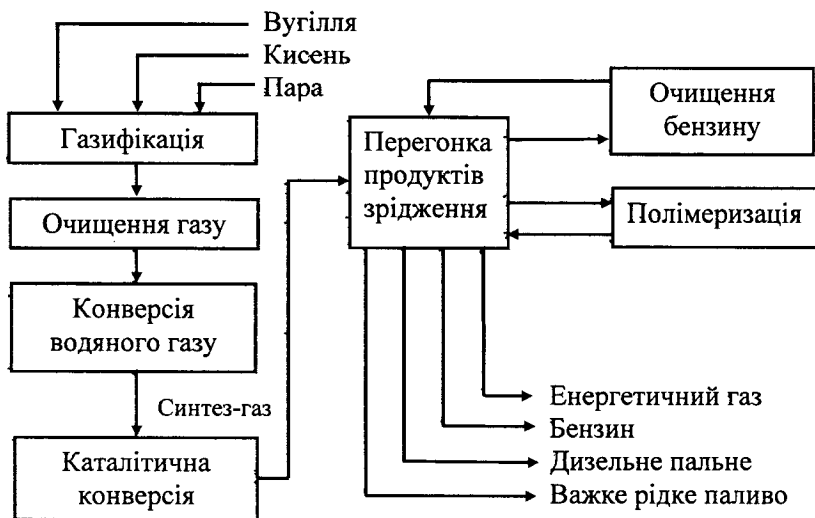


Рис. 4.4. Структурна схема технології Фішера-Тропша

Процес Лургі передбачає газифікацію вугілля в нерухомому шарі з використанням пароповітряного або парокисневого дуття під тиском (рис. 4.5). Сортоване вугілля подається в газифікатор через шлюз. Обертювий живильник рівномірно розміщує його на рухомих ґратах. Спочатку парокиснева суміш підігривається в нижній зоні розміщення шлаку і поступає в зону горіння коксу, де температура досягає 1300-1500 К. Потім гарячий газ попадає в зону ендотермічних реакцій і його температура зменшується. У верхній частині шару відбувається термічний розпад сирого вугілля. На виході газ, що має температуру 600-800 К охолоджується і промивається водою. До складу газу входить 58% CO, 6% CO₂, 26% H₂, 9% CH₄ і 1% N₂.

В процесі Вінклера використовується газифікація вугілля в киплячому шарі при атмосферному тиску. Газифікатором установки служить футерована шахта, в нижній частині якої за рахунок дуття створюються необхідні умови псевдокиплячого шару вугілля. Інтенсивний теплообмін в киплячому шарі забезпечує умови для ефективного використання 90% вугілля. Шлаковидалення здійснюється твердим способом, оскільки температура процесу порівняно невисока.

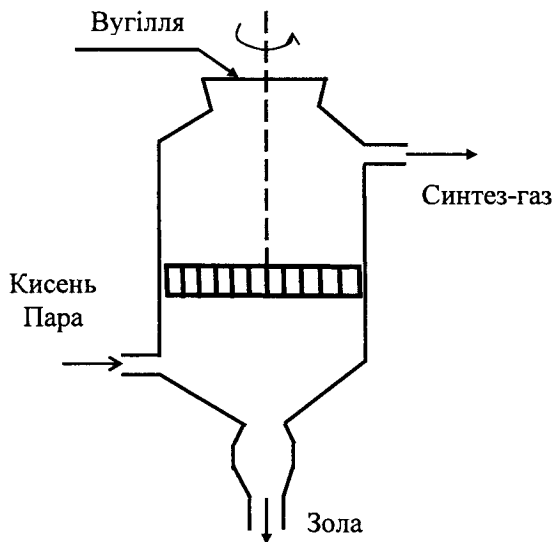


Рис. 4.5. Принципова схема процесу Лургі

У верхній частині шахти установлюються труби парогенератора, призначеного для утилізації тепла газу і видалення золи. До складу газу входить 48% CO, 14% CO₂, 35% H₂ і 2% CH₄.

Процес Копперс-Тотцека (рис. 4.6) здійснює газифікацію вугільного пилу при атмосферному тиску. Попередньо приготовлений вугільний пил змішується з киснем і водяною парою і подається в футеровану камеру газифікатора. Процес протікає дуже інтенсивно. Співвідношення пари і кисню встановлюється таким, щоб температура реакції була не нижчою за 1800 К і шлак розплавлявся. Для підвищення ККД процесу необхідна утилізація тепла. До складу газу входить 57% CO, 10% CO₂, 31% H₂ і 2% CH₄.

Найдешевший спосіб отримання синтетичного газу, що не потребує створення спеціальних промислових установок, це підземна газифікація вугілля, яка особливо доцільна в умовах глибокого залягання тонких вугільних пластів, економічно не вигідних для розробки. При переробці під тиском вдувається або повітря, або суміш кисню і пари. Використовується також водневе дуття.

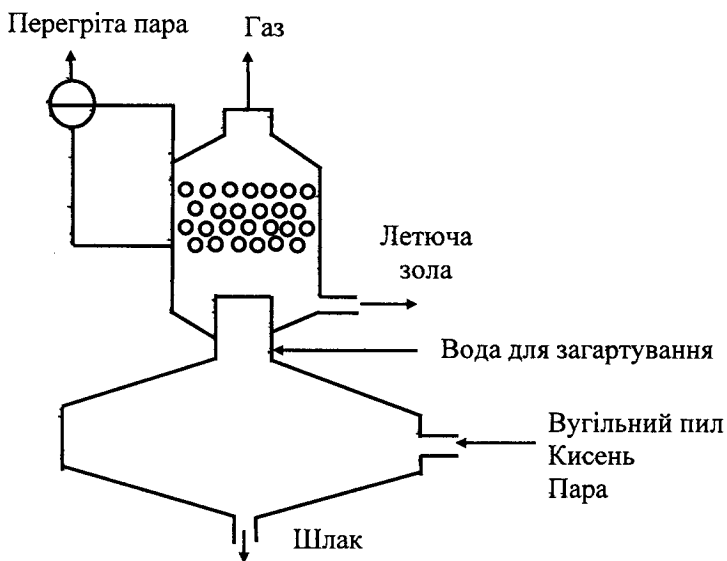


Рис. 4.6. Принципова схема процесу Копперс-Тотцека

Перспективним напрямком є комбінована газифікація вугілля з виробництвом електроенергії. Сире вугілля шляхом газифікації в присутності повітря і пари перетворюється в напівкокс. При цьому більша частина сірки переходить в газ у вигляді сірководню. Високоякісний напівкокс використовується для виробництва електроенергії за звичайною схемою. Очищений від сірководню газ може спалюватись на цій же ТЕС або використовуватись як хімічна сировина.

Ще один спосіб підвищення ефективності використання вугілля пов'язаний з прямим перетворенням хімічної енергії палива в електричну енергію за допомогою паливних елементів. На рис. 4.7 показана принципова схема одного з варіантів подібного перетворення. В нижню частину апарату подається подрібнене вугілля і через нього пропускається гаряча суміш водяної пари з повітрям або киснем. Створений водяний газ (H_2+CO) надходить у верхню частину апарату, де розміщені електроди і твердий електроліт. В результаті взаємодії газу з попередньо підігрітим киснем утворюється вуглекислий газ і вода.

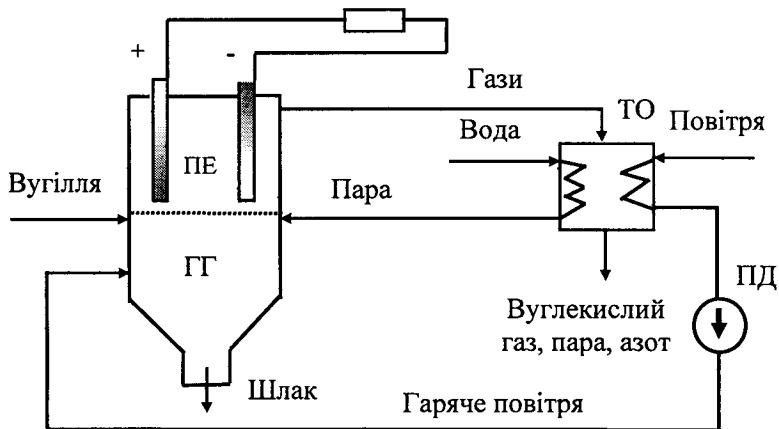


Рис. 4.7. Принципова схема вугільного ПЕ: ПЕ – паливний елемент, ГГ – газогенератор, ТО – теплообмінник, ПД – повітрорудка.

Вивільнена при цьому хімічна енергія вугілля безпосередньо перетворюється в постійний електричний струм.

4.3. Пряме перетворення енергії

Пряме перетворення енергії – один з найважливіших напрямків розвитку енергетики в майбутньому. З ним пов'язане значне підвищення ККД енергоустановок і зменшення теплового навантаження на навколишнє середовище. Проблема негативного впливу енергетики на навколишнє середовище – одна з найбільш гострих проблем, що постала перед людством на порозі третього тисячоліття. Взаємодія людини з навколишнім середовищем в умовах величезних масштабів електроспоживання супроводжується рядом небажаних сторонніх явищ, які можуть привести до порушення теплового балансу планети і негативних для біосфери наслідків теплового забруднення, викидів шкідливих речовин тощо.

Одним з найпоширеніших видів енергії є електроенергія. Її зручно транспортувати на значні відстані і розподіляти між споживачами. Вона легко і досить економічно перетворюється в інші види при споживанні. Але її отримання зазвичай потребує многократних досить складних перетворень. Спочатку необхідно вивільнити хімічну чи ядерну енергію палива, перетворивши її в

тепло, а потім – у внутрішню енергію пари. Пара, проходячи крізь турбіну, віддає їй частину своєї внутрішньої енергії, яка перетворюється у механічну енергію руху ротора генератора і, нарешті, в електричну енергію. В результаті ККД всього кола перетворень не перевищує 40-42%.

Але існує ряд методів прямого перетворення хімічної, теплової і променистої енергії в електричну, проминаючи стадію отримання механічної енергії, що пов'язана з низьким ККД такого перетворення. Методи прямого перетворення енергії реалізуються на практиці за допомогою електрохімічних, термоелектричних, термоемісійних, магнітогідродинамічних та фотоелектричних перетворювачів. В останні роки у зв'язку з необхідністю економії органічних паливно-енергетичних ресурсів інтерес до подібних пристроїв і методів перетворення значно зріс у багатьох країнах.

Фотоелектричний метод перетворення є прикладом найбільш прямого і безпосереднього використання первинної енергії Сонця. Принцип роботи фотоелектричного перетворювача оснований на використанні фотоэффекту. Суть цього явища полягає в тому, що електрони в матеріалі катоду під дією поглиненого електромагнітного випромінювання змінюють свій енергетичний стан. Найбільшого ефекту можна досягнути в фотоелектричних перетворювачах з запірним шаром, робота яких основана на так званому вентильному фотоэффекті. Запірний шар утворюється при контакті двох напівпровідників з різним типом провідностей (*p-n*-перехід). Для виготовлення сонячних елементів використовується кристалічний і аморфний кремній. ККД кремнієвих батарей становить 10-15%, і в процесі подальших удосконалень можна досягнути 20%.

Одним із перших пристроїв прямого перетворення енергії був створений електрохімічний елемент, який складається з двох електродів, аноду і катоду, що контактують з іонопровідним електролітом. Речовина аноду, що служить паливом, віддає електрони, а на катоді відбувається реакція відновлення речовини окиснювача. Комбінація декількох послідовно чи паралельно увімкнених елементів називається електричною батареєю. В залежності від типу іонних реакцій батареї можуть бути відновлювані (акумулятори) і невідновлювані.

Найбільш поширеним типом електрохімічної батареї до сьогодення залишається свинцево-кислотний акумулятор,

що використовується в автомобілях. Анодом в такій батареї служить пористий свинець, а катодом – набір сіток, заповнених перекисом свинцю. За електроліт служить сірчана кислота. У процесі розрядки обидва електроди покриваються сульфатом свинцю. Відновлення акумулятора відбувається при його заряджанні завдяки протіканню зворотної реакції. Але первісна конструкція електродів при цьому поступово руйнується.

Свинцеві акумулятори характеризуються низькою собівартістю, але порівняно невеликою питомою енергією і потужністю. Нові розробки електрохімічних джерел направлені на збільшення їх потужності і запасів енергії. Прикладом подібних розробок можуть бути високотемпературні електрохімічні батареї, в яких електроди виготовляються з лужних металів і галогенів. Основні труднощі створення подібних джерел енергії пов'язані з вибором електроліту.

Паливний елемент – це теж електрохімічний елемент, в якому активна речовина безперервно надходить зовні, і електроди в електрохімічних перетвореннях участі не беруть. Існують низькотемпературні і високотемпературні паливні елементи. Найбільш поширеними в наш час є низькотемпературні воднево-повітряні і киснево-водневі паливні елементи з твердим електролітом, призначені для прямого окиснення водню. Технологія виробництва електроенергії потребує двох електродів (катод і анод) і електроліту. На рис. 4.8 показана принципова схема киснево-водневого паливного елемента.

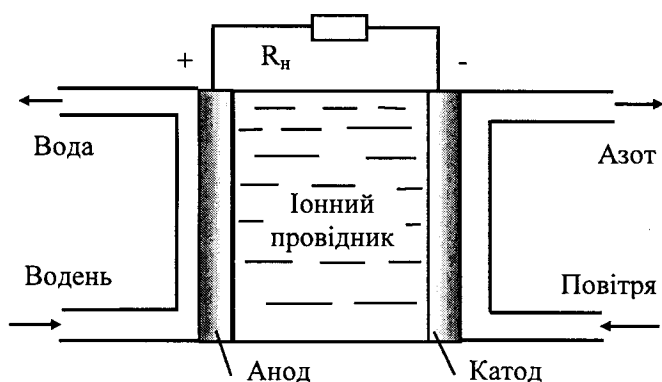


Рис. 4.8. Принципова схема киснево-водневого паливного елемента

Паливо (відновлювач) окиснюється на аноді, тобто віддає електрони. Вони переходять з аноду в зовнішнє електричне коло, а позитивні іони утримуються на межі анод-електроліт. З іншого боку зовнішнього кола електрони підходять до катоду, на якому відбувається реакція відтворення (приєднання електронів окиснювачем). Потім іони окиснювача переносяться електролітом до катоду. Таким чином, у паливному елементі електрони відбираються у реагуючих речовин на одному електроді, віддають свою енергію у вигляді електричного струму і приєднуються до реагуючих речовин на іншому електроді.

При виробництві електроенергії використовуються низькотемпературні паливні елементи з лужним електролітом і твердополімерною іонообмінною мембраною, середньотемпературні паливні елементи з фосфорно-кислим електролітом і високотемпературні паливні елементи з розплавленим карболітним або твердооксидним електролітом. Перспективними вважаються енергетичні установки на паливних елементах з електролітом з твердих оксидів металів (зазвичай двоокис цирконію) з робочою температурою біля 1000 °C і вище. ККД таких установок може досягати 50 %. На вході можуть використовуватись продукти газифікації вугілля зі значним вмістом окису вуглецю. Скидне тепло високотемпературних установок може використовуватись для виробництва пари, яка подається в стандартний турбогенераторний цикл, що значно підвищує ефективність використання палива в комплексі.

Широкого розповсюдження набули високотемпературні киснево-водневі паливні елементи. Електроди можуть виготовлятися з нікелю з пористим зовнішнім шаром, який служить каталізатором реакції утворення іонів водню. Для підвищення розчинності газів і іонної провідності робоча температура всередині паливного елемента підтримується на рівні 400 °C. Головною перевагою паливних елементів є їхня висока ефективність. Реальний ККД становить 60-70% і може досягати 85%. Крім того, вони характеризуються досить високою питомою потужністю, прості в експлуатації і безшумні в роботі. Їх застосування в широких масштабах дозволило б надовго зберегти паливні ресурси планети.

Ведуться дослідження по створенню ще одного типу електрохімічних перетворювачів. Це так звані соляні батареї, що використовують прісну і солону воду. Всередині великого резервуару установлюються різні перегородки: одні пропускають

іони натрію Na^+ , інші – Cl^- . В результаті позитивні іони рухаються в одному напрямку, негативні – в іншому, створюючи при цьому електричний струм. Дія батареї основана на електрохімічному принципі без використання осмотичного тиску.

Розглянемо основні принципи роботи пристроїв, що забезпечують пряме перетворення теплової енергії в електричну. До цього типу перетворювачів слід віднести термоелектричні, термоемісійні і магнітогідродинамічні (МГД) генератори.

Робота термоелектричних генераторів основана на так званому термоелектричному ефекті, суть якого полягає в наступному. Якщо в колі, що складається з двох різнорідних провідників (термопари), спаї знаходяться при різних температурах, то виникає ЕРС. Це дуже простий і надійний перетворювач, що використовується як автономне джерело електроенергії. Ідеальний термоелемент має ККД циклу Карно, але в реальних умовах він значно нижчий. ККД такої батареї становить 10-15%. Застосування спеціальних вартісних матеріалів дозволяє створювати різницю температур до $4000\text{ }^\circ\text{C}$, що могло б забезпечити ККД 50-60%.

Явище термоелектронної емісії пов'язане з випромінюванням електронів нагрітими тілами. Термоемісійний генератор представляє собою двоелектродну лампу з підігрівом катода. Отримання значної потужності потребує подолання ряду проблем: необхідна мала відстань між електродами (0,02-0,5 мм), висока температура нагріву ($2000\text{-}2500\text{ }^\circ\text{C}$) і спеціальні матеріали. Теоретично можливий ККД термоемісійного перетворювача становить 50%. Зазначається можливість поєднання ядерної енергетичної установки з термоемісійним методом перетворення енергії, яка може виявитись досить перспективним напрямком розвитку ядерної енергетики, що дає суттєве підвищення ефективності використання ядерного палива.

Магнітогідродинамічний метод прямого перетворення енергії оснований на взаємодії струмопровідного робочого тіла з магнітним полем. Робочим тілом служить нагрітий іонізований газ (плазма), що представляє собою суміш негативно заряджених частинок, електронів, позитивно заряджених іонів та нейтральних атомів. Загалом плазма нейтральна, але завдяки наявності вільних електронів є хорошим провідником струму. Пристрій, в якому здійснюється пряме перетворення внутрішньої енергії робочого тіла

в електричну енергію, називається магнітогідродинамічним генератором або МГД-генератором.

4.4. Метод МГД-генерації електроенергії

Протягом останніх двох століть був створений цілий ряд електричних пристроїв, робота яких основана на взаємодії електричного і магнітного полів з рухомими електричними зарядами. Робота МГД-генератора основана на взаємодії робочого тіла теплової установки з магнітним полем електричної установки, в результаті якої відбувається пряме (без жодних проміжних стадій) перетворення теплової енергії в електричну. Принципова схема МГД-генератора показана на рис. 4.9.

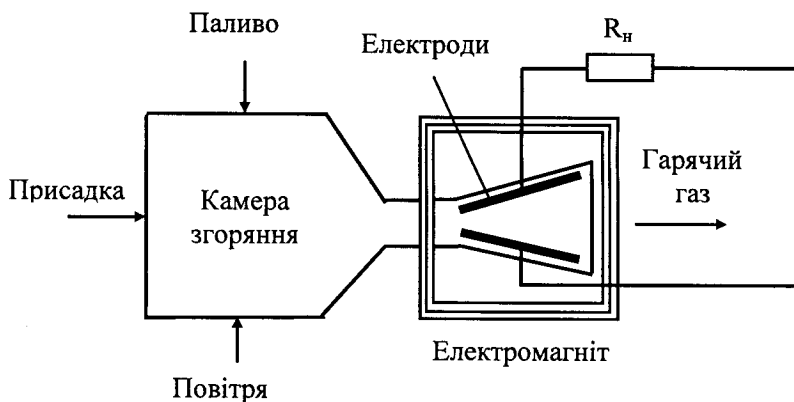


Рис. 4.9. Принципова схема МГД-генератора

Установка складається з наступних основних елементів: камера згоряння з дифузorzом, канал генерації і магніт. Камера згоряння побудована у вигляді 4 суцільних стінок: дві протилежні стінки служать електродами, дві інші – ізолятори. Провідність плазми і ККД перетворювача знаходяться в прямій залежності від температури продуктів згоряння, яка має своє обмеження біля 2500 °С. Тому для збільшення провідності плазми використовують спеціальні добавки – іонізуючі присадки (цезій, калій, натрій або ін.).

На заряджені частинки плазми, що рухаються в магнітному полі з великою швидкістю, діє сила Лоренца. В результаті цього індукується струм густиною j , направлений перпендикулярно

зовнішньому магнітному полю і одночасно – напрямку потоку заряджених частинок. Цьому струму відповідає електричне поле напруженістю

$$E_{\text{інд}} = \mathbf{V}\mathbf{B}, \quad (4.1)$$

де \mathbf{V} – вектор швидкості руху плазми, \mathbf{B} – вектор індукції магнітного поля.

В дійсності рух електронів в каналі генерації набагато складніший. Внаслідок великої рухливості всередині струмопровідної плазми вони втягуються в рух по кривим орбітам в об'ємі каналу, утворюючи щільний екран, що перешкоджає переміщенню важчих позитивних іонів. При цьому електрони витісняються до електродної поверхні і потім в зовнішнє електричне коло. На електродних пластинах утворюється різниця потенціалів $E_{\text{інд}} - E$, де E – напруженість зовнішнього поля. Густина сумарного струму

$$j = \sigma(E_{\text{інд}} - E), \quad (4.2)$$

де σ – питома електропровідність продуктів згоряння.

Отже, МГД-генератор представляє собою джерело постійного струму, яке видає в зовнішнє коло питому потужність

$$p = jE \quad (4.3)$$

Враховуючи втрати тепла при протіканні електричного струму в каналі перетворення, можна визначити коефіцієнт навантаження МГД-генератора

$$\eta_e = \frac{\sigma E}{\sigma E + j} = \frac{E}{VB}. \quad (4.4)$$

Можна показати, що найбільша вихідна питома потужність p досягається при $\eta_e = 0.5$. В дійсності ККД перетворювача значно нижчий за теоретичне значення, оскільки частина корисної потужності витрачається на створення магнітного поля і інші власні потреби установки.

Потужність МГД-генератора пропорційна питомій провідності плазми, квадрату швидкості її руху і квадрату напруженості магнітного поля. Створення сильного магнітного поля за допомогою звичайного магніту пов'язане з величезними втратами, тому економічнішим виявляється використання надпровідних магнітних систем. Провідність плазми різко падає при зменшенні температури.

Температура газу на вході в канал має бути не меншою 2000 К. На виході вона також залишається досить високою. Тому МГД-генератор доцільно використовувати в якості надбудови до

звичайної паротурбінної установки. Як паливо МГД-електростанцій найбільш доцільно використовувати природний газ і вугілля. В принципі МГД-електростанція може працювати на будь-якому паливі, але на початковому етапі освоєння методу найбільш ефективно використання природного і синтетичного газу.

Якщо паливо спалювати в попередньо підігрітому або збагаченому киснем повітрі, то продукти згоряння, розігріті до високої температури, перетворюються в плазму, яка може досягати надкритичних параметрів. Сучасні конструктивні матеріали не дають можливості підвищувати температуру продуктів згорання вище за 3000 К. Тому для збільшення електропровідності плазми в області допустимо можливих температур в неї вводять спеціальну іонізуючу присадку. Викидати цінну присадку разом з продуктами згоряння не вигідно, тому її необхідно уловлювати і повторно використовувати в циклі.

Вельми продуктивною з технічної точки зору виявилась ідея створення комбінованої енергетичної установки, яка включає МГД-ступінь і парогенератор (рис. 4.10).

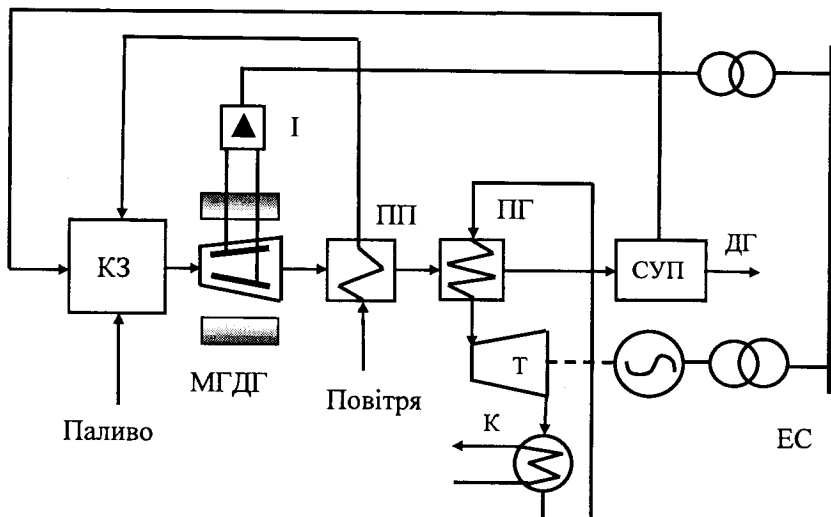


Рис. 4.10: МГДГ – магнітогідродинамічний генератор, КЗ – камера згоряння, I – інвертор, ПП – повітряпідігрівач, ПГ – парогенератор, Т – турбіна, СУП – система уловлювання присадки, ДГ – димові газы, ЕС – енергосистема.

В камеру згорання безперервним потоком надходить паливо і підігріте повітря. Продукти згорання, розігріті до температури 2600 К і збагачені іонізуючою присадкою, поступають потужним потоком в сопло, прискорюються і проходять між полюсами електромагніту. При цьому значна частина тепла витрачається на генерацію постійного струму. На виході із МГД-генератора продукти згорання повинні мати температуру не менше 2300 К, інакше провідність плазми не буде достатньою. Невитрачений високий тепловий потенціал використовується для підігріву повітря, що подається в камеру згорання, і температура продуктів згорання знижується до 900 К. Решта тепла витрачається на випарування циркуляційної води. Отримана перегріта пара виконує роботу по приведенню в дію турбогенератора і привідної турбіни повітродувки і в решті решт направляється в конденсатор, звідки вода за допомогою живильного насоса подається спочатку в теплообмінник для попереднього підігріву і потім знов у парогенератор.

Загальний ККД електростанції з комбінованим циклом може досягати 65%. Більш високий ККД має дві суттєві переваги: економія паливних ресурсів і зменшення теплового забруднення навколишнього середовища. Важливою характеристикою МГД-електростанції є її висока маневреність. МГД-блоки мають можливість дуже швидкого запуску (біля 1 с), що дозволяє використовувати їх у піковому і напівпіковому режимах.

Поряд з цим створення промислових МГД-установок потребує вирішення ряду технічних проблем, пов'язаних з високою температурою в МГД-каналі. Ізоляційні матеріали і провідники мають зберігати свої властивості при дуже високій температурі в дуже агресивному середовищі. Від стану електродів залежить надійність і ресурс роботи всієї МГД-установки. Найбільш поширеними є охолоджувані водою електроди з малим опором. Створення сильних магнітних полів за допомогою звичайної електромагнітної системи пов'язане з великими втратами енергії. Більш економічним є використання надпровідних магнітних систем, що потребує застосування криогенних установок. Крім того, існує ряд проблем, пов'язаних з великою швидкістю руху плазми, уловлюванням іонізуючих присадок тощо.

Передбачається створення потужних енергоблоків 1000-2000 МВт для роботи в базовому, 800-1300 МВт – в напівпіковому і 400-200 МВт – у піковому режимах. Дуже перспективним є створення

МГД-електростанцій, що працюють на вугіллі, запаси якого на нашій планеті ще довго будуть залишатися величезними. Існує два основні підходи до розвитку цього напрямку – це пряме спалювання вугільного пилу в камері згорання і спалювання синтетичного газоподібного палива, отриманого шляхом переробки вугілля.

Пряме спалювання вугілля пов'язане з випаданням великої кількості шлаку, хоча в цьому мають місце і певні позитивні моменти, обумовлені утворенням на стінках камери згорання захисної плівки, яка зменшує втрати тепла і збільшує термін експлуатації камери. Крім того, на МГД-електростанціях можливе спалювання палива з високим вмістом сірки, оскільки іонізуючі присадки (солі калію і цезію), реагуючи з окислами сірки, сприяють їх видаленню з продуктів згорання.

Представляє інтерес створення високоманеврених енергоблоків, що поєднують у собі МГД-генератори і газотурбінні установки. Подібні енергоблоки при щоденній безперервній роботі протягом 2-4 годин можуть з високою економічною ефективністю використовуватися для покриття пікових навантажень енергосистеми. Крім того, наявність таких блоків у системі дуже важлива для запобігання аварійних ситуацій, пов'язаних з порушенням стійкості паралельної роботи енергосистеми.

4.5. Воднева енергетика

В наш час людство вже почало підходити до порогу вичерпності дешевих традиційних енергетичних ресурсів, після чого ніякі способи більш ефективного їх використання уже не зможуть вирішувати проблеми їхнього дефіциту. За подібних умов будь-який перехід від гостродефіцитних енергоресурсів до менш дефіцитних міг би дати значний ефект. Зокрема, якби вдалося замінити спалювання рідких нафтопродуктів менш дефіцитними джерелами енергії і обмежити використання цінної органічної сировини областю нафтохімії, людство змогло б значно просунути вперед у своєму розвитку. Одним із можливих шляхів радикального вирішення цієї проблеми є перехід до так званої водневої енергетики.

Водень має багато переваг, і в ряді випадків він ефективніший, ніж електроенергія. Водень – ідеальне паливо, оскільки при його згоранні утворюється вода. В об'ємному відношенні питома теплота

згорання водню в 3 рази менша, ніж метану. Але його густина також в 8 разів, а в'язкість в 3 рази менша, ніж метану. Тому вартість транспортування водню приблизно сумірна з вартістю транспортування природного газу і більш ніж у 6 разів дешевша від передачі відповідної кількості електроенергії по лініям електропередачі високої напруги.

Температура самозаймання водню досить висока, а енергія займання незначна – в 13 разів менша, ніж у природного газу. Використання водню на практиці має ряд переваг: відсутність небажаних впливів на навколишнє середовище, високий за масою питомий енерговміст, безпека і відсутність токсичності, можливість здійснення реакції горіння в широкому діапазоні температур та багато іншого. Отже водень може бути універсальним енергоносієм, здатним замінити традиційні види палива.

Але на сьогоднішній день вартість водню значно перевищує вартість природного газу. Крім того, водень має ряд інших недоліків. Він дифундує значно швидше метану, що призводить до збільшення втрат при транспортуванні навіть при незначних порушеннях герметичності трубопровода. Молекули водню легко дисоціюють, і атомарний водень проникає між атомами металів і сплавів, викликаючи їх крихкість і ламкість. Все це пов'язано з серйозними проблемами при транспорті і зберіганні водню. Він більш вибухонебезпечний і має температуру скраплення на 88 °С нижчу, ніж природний газ.

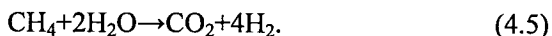
Незважаючи на зазначені недоліки водень широко застосовується в різних галузях промисловості, наприклад, при виробництві аміаку і метанолу, а також на нафтопереробних заводах. Всіх споживачів водню умовно можна розділити на три категорії: споживачі, що виробляють водень з природного палива і використовують його на місці в циклі виробництва; споживачі товарного водню і нові перспективні споживачі.

В майбутньому передбачається створення водневих двигунів внутрішнього згорання, спеціальних нагрівачів, широке застосування водню в побуті і для опалення, в киснево-водневих паливних елементах з ККД 60-70%. В авіації заміна гасу воднем дозволить зменшити вагу бортового запасу палива і в 2-3 рази збільшити корисне навантаження, а ККД двигунів підвищити до 40-50%. Проте використанню водню як моторного палива перешкоджає один значний недолік – це проблема зберігання водню. Зберігання

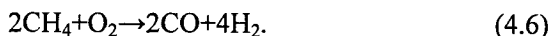
його в стисненому стані неефективне. Більш перспективним вважається зберігання водню у вигляді сполук з металами – гідридів.

Використання водню за останні роки значно збільшилось в основному завдяки використанню його в киснево-водневих паливних елементах штучних супутників. В майбутньому передбачається значне розширення області використання водню, що потребує освоєння нових способів і технологій його отримання.

В наш час основним промисловим способом отримання водню є конверсія вуглеводнів, головним чином природного газу. Існує каталітична парова конверсія і парокиснева конверсія. Каталітична парова конверсія протікає в дві стадії, які можна представити загальною формулою



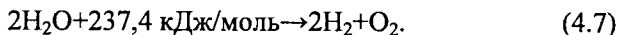
ККД цього процесу становить 60-65%. Паро-киснева конверсія описується рівнянням



Склад метану, водяної пари і кисню регулюється таким чином, щоб в результаті отримати нульвий тепловий ефект. ККД процесу парокисневої конверсії дорівнює 67-70%.

Водень можна отримувати також шляхом розкладу води в результаті електролізу, термохімічного гідролізу, фотолізу, біоконверсії тощо. Найбільш перспективними є електроліз і термохімічна конверсія.

Метод електролізу оснований на реалізації ендотермічної реакції розкладу



ККД процесу становить 80-85%. Використання даного методу економічно виправдане за умови, якщо є дешева електроенергія. Наприклад, зі збільшенням частки АЕС в складі енергосистем може зростати провальна частина графіка навантаження, в якій вартість електроенергії досить низька, щоб її можна було використовувати для виробництва водню. Отриманий водень можна частково використовувати для покриття пікового навантаження, а решту – для транспорту енергії.

Енергія сонячного випромінювання, яка характеризується значною добовою і сезонною нерівномірністю, може бути ефективно використана для виробництва водню. На рис. 4.11 зображені два способи виробництва водню за допомогою сонячної енергії.

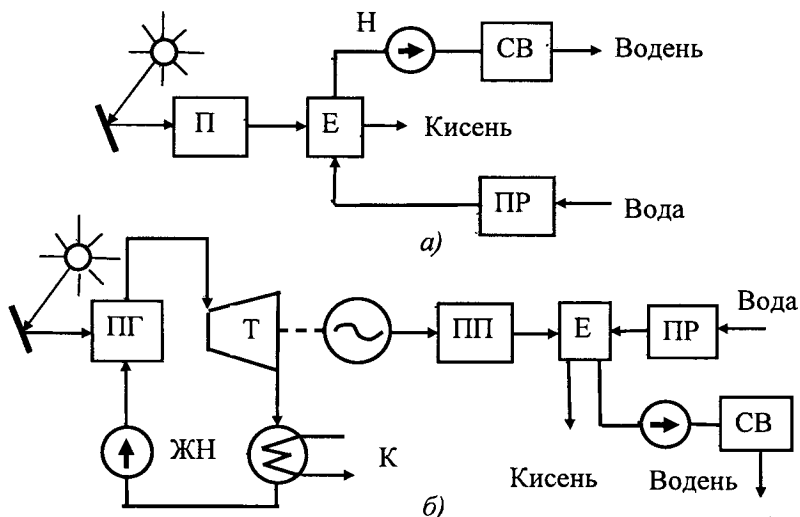
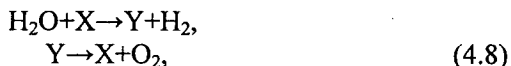


Рис. 4.11. Способи виробництва водню: П – перетворювач, Е – електролізер, Н – насос, СВ – сховище водню, ПР – підготовка розчину, ПГ – парогенератор, Т – турбіна, К – конденсатор, ЖН – живильний насос.

Для електролізу води може використовуватись також енергія вітру, річок, приливів і відливів і т. д. Існують проекти заводів з виробництва водню і кисню з морської води. За допомогою сонячної енергії в нагрівних колекторах вода перетворюється в пару, яка подається в генератори-електролізери. В процесі електролітичного розкладу пари утворюється кисень і водень, які в скрапленому стані поступають в мережу розподілу.

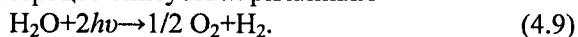
Термохімічна конверсія – відносно новий спосіб отримання водню. Суть його в загальних рисах може бути виражена формулами



де в якості X і Y можуть бути різні хімічні елементи сполук: метали і неметали, окиси, хлориди, броміди тощо. Процес розкладу води протікає з використанням відносно низькопотенційного тепла, яке може бути отримане від ядерних реакторів або інших джерел. Існує проект ядерно-водневої установки з реактором потужністю 3000

Мвт, що використовує термохімічний цикл на калію. Продуктивність установки 2,5 млрд м³ в рік, загальний ККД 50-60%.

Проводяться дослідження з прямого розкладання води шляхом фотосинтезу. Суть цього процесу полягає в наступному. Якщо занурені в воду електроди знаходяться під дією електромагнітного випромінювання, то на напівпровідниковому аноді світлові кванти генерують вільні електрони, які, звільняючи електрод, залишають замість себе позитивні носії – дірки. Мігруючи по поверхні аноду, вони при зустрічі з іонами гідроксилу утворюють кисень. Електрони ж по зовнішньому колу поступають на металічний катод і відновлюють водень. Процес описується рівнянням



ККД процесу поки що складає лише 2%, але отримання водню методом фотолізу може бути економічно вигідним уже при 5%.

Що ж таке воднева енергетика в широкому розумінні? Поняття водневої енергетики охоплює процеси виробництва водню на потужних підприємствах шляхом розкладу води з використанням дешевої ядерної чи сонячної енергії, транспортування водню до центрів споживання і наступний його розподіл і використання в якості палива у всіх тих випадках, де сьогодні використовується газоподібне, рідке і тверде паливо. Причому водень розглядається не як первинне джерело енергії, а як універсальний енергоносіє або як засіб акумулювання енергії.

Установки для виробництва водню можуть бути розташовані далеко від центрів його споживання і від густонаселених районів, тобто там, де це найвигідніше. Наприклад, потужні ядерні енергетичні комплекси з виробництва водню можна буде розташовувати на великій відстані від промислових центрів, де є в наявності достатня кількість води для охолодження, на березі моря або у відкритому морі. Для цього можуть використовуватись також потужні сонячні електростанції.

Одним із найбільш економічних видів транспорту водню є трубопровідний. При тиску 7-10 МПа трубопровідний транспорт водню може бути здійснений за допомогою тих самих технічних засобів, що і транспорт природного газу. Завдяки меншій густині і в'язкості, об'ємні витрати водню в 2,5-3 рази більші, ніж природного газу. Тому пропускна спроможність існуючої системи газопроводів без її реконструкції становить при транспортуванні водню 80-90% від відповідної кількості природного газу. Отже,

використання існуючої системи газопроводів для розподілу водню є можливим і не потребує значних витрат. Для великомасштабного зберігання газоподібного водню доцільне використання природних і штучних підземних сховищ. Це можуть бути спрацьовані родовища нафти і газу, природні підземні пустоти, водоносні горизонти тощо. Але зберігання водню є значно складнішим і дорожчим процесом, ніж зберігання природного газу.

На рис. 4.12 показана структура водневої енергетики, в якій передача і акумулювання енергії здійснюється не у вигляді електроенергії, а у вигляді водню.

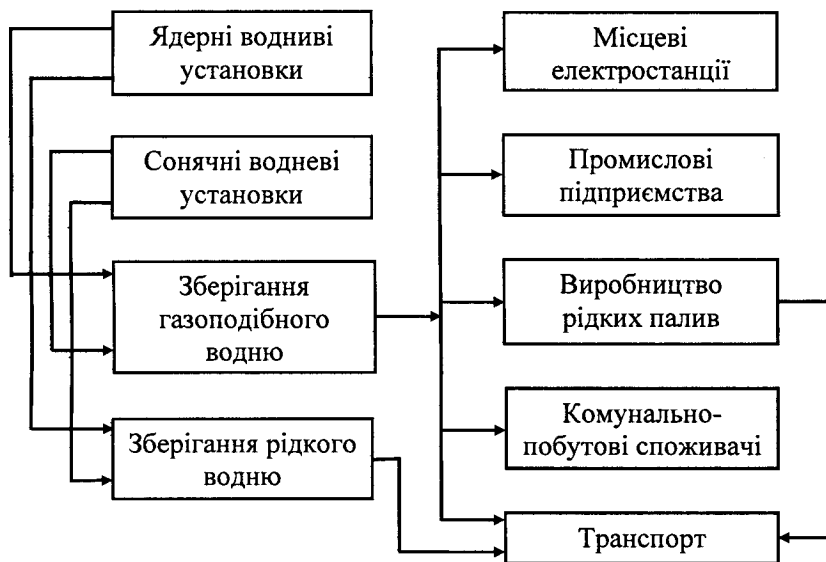


Рис. 4.12. Структура водневої енергетики

Отже воднева енергетика має властивість накопичення енергії і дозволяє радикально вирішити проблему нерівномірності енергоспоживання, яка в наш час, як відомо, постає особливо гостро. Нерівномірність графіка споживання електроенергії ставить перед енергетиками складну проблему розробки засобів його покриття. Збільшення частки АЕС ще більше загострює проблему через неможливість створення маневрених атомних енергоблоків. Тому задача покриття пікової частини графіка навантаження за

рахунок дешевої провальної електроенергії з часом буде ставати все більш актуальною. На рис. 4.13 показана одна з можливих принципових схем водневої пікової електростанції.

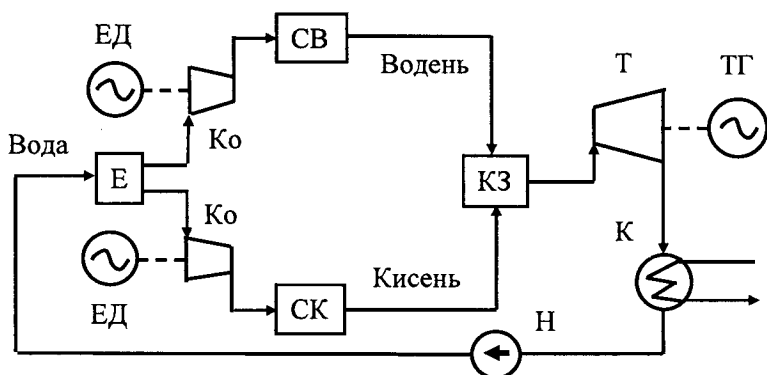


Рис. 4.13. Принципова схема водневої пікової електростанції:
 Е – електролізер, СВ, СК – сховища водню і кисню, ЕД – електричні двигуни, Ко – компресори, КЗ – камера згоряння, Т – турбіна, К – конденсатор, Н – насос.

Водень і кисень, що отримуються шляхом розкладу води за допомогою енергії АЕС, можуть використовуватись також для первинного і проміжного перегріву пари, що дозволило б установити на АЕС економічніші і дешевші турбіни. В результаті ККД використання водню можна підвищити до 60-75%, а ефективність акумулювання електроенергії – до 50%.

У деяких випадках може бути доцільним використання в якості акумулятора енергії не лише водню, але й інших енергоносіїв, наприклад, метанолу. Метанол легше і дешевше транспортувати. Використання метанолу як палива газотурбінних установок, що працюють в піковому режимі, дає можливість підвищення їх ККД до 40-41%.

4.6. Атомна і термоядерна енергетика

На відміну від органічних видів палива ядерне і особливо термоядерне паливо характеризується виключно високою концентрацією енергії. Так, якщо 1 кг вугілля містить лише 8 кВтгод

енергії, нафти – 12 кВтгод, то в 1кг урану міститься вже 22 млн кВтгод, а в 1 кг дейтерію – 178 млн кВтгод. Існує два шляхи вивільнення енергії атома: поділ і синтез ядер.

Перший шлях полягає в перетворенні ядер важких елементів, наприклад, урану, торію, плутонію в уламки середньої маси. Якщо ядро важкого елемента ділиться на два середніх ядра, виділяється велика кількість енергії. Ще більше енергії виділяється при поділі ядра на 3-4 частини. Найбільш ефективно протікає реакція поділу ядер урану під дією нейтронів. При цьому процес поділу кожного ядра супроводжується утворенням 2-3 вільних нейтронів, які, вступаючи в реакцію з іншими ядрами, забезпечують безперервне виділення енергії.

Уран-235, який у природі зустрічається менше, ділиться під дією нейтронів будь-якої енергії, а більш розповсюджений уран-238 може ділитися лише при попаданні в ядро нейтрона з досить високою енергією, – так званого швидкого нейтрона. Але в цьому процесі вихід вільних нейтронів невеликий, і тому основна частина урану-238 участі в реакції не приймає. Уран-233 і плутоній-239 за своїми фізичними властивостями аналогічні урану-235.

Інший шлях полягає в злитті (синтезі) ядер легких елементів, наприклад, дейтерію і тритію з утворенням гелію і виділенням нейтронів. Але для зближення ядер необхідно передати їм величезну енергію, яка б дозволила подолати силу відштовхування. Це можна здійснити, наприклад, нагріванням елемента до температури 100 млн градусів. В результаті теплової енергії рухливих частинок може подолати силу відштовхування і почнеться термоядерна реакція.

Подібна реакція безперервно протікає в надрах Сонця і інших зірок. Продуктом реакції є нетоксичний і нерадіоактивний гелій і нейтрони, на які припадає 80% всієї виділеної енергії. Основна проблема практичного здійснення реакції синтезу полягає в утриманні плазми при температурі 100 млн градусів протягом досить тривалого часу, достатнього для вивільнення потрібної кількості енергії. Це можливо здійснити методом магнітних полів в установці токамак або за допомогою потужних лазерів.

Використання реакцій ядерного поділу і синтезу можна розглядати зараз як найбільш фундаментальне вирішення проблеми забезпечення енергетичних потреб людства в майбутньому. При цьому мають перспективу використання три основні групи реакторів: низько- і високотемпературні реактори на теплових

нейтронах, реактори на швидких нейтронах (бридери) і термоядерні реактори. Низькотемпературні реактори широко використовуються в багатьох країнах. Високотемпературні реактори можуть знайти в майбутньому широке розповсюдження не лише для отримання електроенергії, але і для виробництва синтетичного палива.

Основний недолік реакторів на теплових нейтронах – низька ефективність використання потенціальної енергії природного урану (1-2%). Проблема дефіциту ресурсів ядерної енергії буде вирішена при переході атомної енергетики на реактори-розмножувачі, що працюють на швидких нейтронах. В результаті буде створена індустрія переробки ядерного палива і виробництва енергії з замкненим паливним циклом.

Ядерна енергетика має в своєму розпорядженні величезну ресурсну базу внаслідок широкого розповсюдження радіоактивних речовин. Викопною сировиною для приготування ядерного палива є природний уран і торій. Природний уран – це суміш ізотопів з атомною вагою 238, 235 і 233 у відсотковому співвідношенні 99,24:0,7:0,06. Звичайна концентрація природного урану в земній корі 2,8 г/т, а в граніті і морській воді відповідно 4 і 3,4 г/т. Загальна кількість урану в земній корі і водах Світового океану визначається десятками тисяч мільярдів тон. Видобувані запаси урану набагато менші і залежать від його вартості і типу ядерних реакторів. Реактори на теплових нейтронах утилізують головним чином лише енергію урана-235. Реактори на швидких нейтронах дозволяють розширити паливну базу ядерної енергетики в 30-40 разів, перетворюючи уран у нові подільні речовини.

Природний уран перш ніж стати ядерним паливом має пройти через дуже складний процес його збагачання ураном-235. Навіть найбагатша руда в 1 т містить лише 700 г металічного урану, в тому числі лише 5 г урану-235. В ядерних реакторах відбувається не тільки вигорання основного подільного матеріалу – урану-235, але і напрацювання нових подільних речовин. Коефіцієнт відтворення палива в реакторах на теплових нейтронах не перевищує 0,8.

Якщо до складу ядерного палива входить уран-238, то в процесі роботи реактора поступово буде накопичуватись плутоній-239. Для відтворення ядерного палива можна використовувати також широко розповсюджений у природі торій-232. Якщо його розмістити в активній зоні реактора, то він буде захоплювати нейтрони і перетворюватись в уран-233, який як ядерне паливо рівноцінний

урану-235, а за виходом надлишкових вторинних нейтронів навіть переважає його в 4 рази.

Більш сприятливі перспективи для розширеного відтворення ядерного палива мають реактори на швидких нейтронах, що переробляють широко розповсюджений уран-238 в плутоній-239, який використовується як основне ядерне паливо. Коефіцієнт відтворення палива в даному циклі може досягати 2,1. Успішна розробка промислового реактора-розмножувача на швидких нейтронах може дати новий імпульс для подальшого розвитку ядерної енергетики. Реактор на швидких нейтронах може стати важливим джерелом тепла для виробництва електроенергії в найближчі 100 років. В реакторі на швидких нейтронах ядерне паливо відтворюється з таким же або й більшим темпом що і витрачається. Причому більш розповсюджений ізотоп уран-238 перетворюється в подільний матеріал, і це суттєво збільшує ресурсну базу ядерної енергетики.

В ранніх конструкціях реакторів-розмножувачів в якості теплоносія використовувався рідкий металічний натрій. Пізніше почали досліджувати три інші конструкції реактора-розмножувача: з рідкометалічним теплоносієм, газоохолоджувани і з розплавлено-соляним теплоносієм. Охолодження рідким натрієм має той недолік, що натрій в нейтронному потоці активної зони стає інтенсивно радіоактивним, що викликає необхідність використання проміжного контура охолодження. Оскільки натрій активно вступає в реакцію з водою, конструкції парогенератора і перегрівача повинні надійно виключати можливість контакту між ними.

Керований термоядерний синтез поки що залишається суто науковою технологією. Проте спеціалісти, які працюють в цій галузі, мають глибоке переконання, що синтез є найбільш перспективним і радикальним практичним вирішенням проблеми енергетичного забезпечення в недалекому майбутньому. Основною перевагою використання термоядерної енергії є, перш за все, практично необмежені ресурси вихідної сировини.

Існує дуже багато можливих реакцій синтезу. Найбільш дослідженою є реакція синтезу дейтерія і тритія



Ця реакція забезпечує досить високу енергію при порівняно низькій температурі самопідтримки реакції. Слід зазначити, що в природі зустрічається лише дейтерій. Тритій – радіоактивний елемент з

періодом напіврозпаду 12 років, який в природі не зустрічається, але він може бути отриманий каталітичним шляхом.

При температурі протікання термоядерної реакції газ знаходиться в стані повністю іонізованої плазми, всі електрони видалені з атома, молекулярні зв'язки відсутні. Плазма може змінювати свою форму під дією електричного і магнітного полів. Рух самої плазми також створює магнітні поля, які взаємодіють з плазмою і викликають додаткові проблеми утримання стійкості реакції. Для кожної з реакцій синтезу при заданій температурі необхідні певні умови густини і часу протікання реакції, яким відповідає так званий критерій Лоусона. Після запалювання плазма підігрівається продуктом з α -частинок, і за наявності матеріалу синтез може продовжуватись. Основна трудність полягає в утриманні плазми. На сьогоднішній день використовуються два різних методи: магнітне і інерційне утримання.

Метод магнітного утримання більш досліджений. Заряджені частинки плазми під час руху в магнітному полі піддаються дії сили, яка направлена не впродовж ліній руху, а перпендикулярно їм. Внаслідок цього заряджені частинки рухаються по спіралі відносно ліній поля. Якщо магнітне поле неоднорідне, спіраль буде зменшуватись або збільшуватись в залежності від сили поля. В сильному полі рух по спіралі стає все щільнішим і може в певний момент припинитися і потім змінити напрямок (відбиття частинки). В обох випадках плазма залишається ізольованою від внутрішньої стінки оболонки, рухаючись уздовж силових ліній магнітного поля. Даний метод реалізується в установках типу токамак.

Метод інерційного утримання реалізується в схемі швидкого стиснення і нагріву крихітної краплинки дейтерій-тритієвого палива до колосальних значень густини і температури за допомогою потужного лазерного випромінювання або пучка заряджених частинок. Реакція синтезу розвивається так стрімко, що виділення великої кількості енергії відбувається до того, як паливо встигне розлетітись. Горіння розповсюджується на решту краплини палива, в результаті чого відбувається вибухове вивільнення енергії синтезу за менше ніж 10^{-9} с. Для синтезу використовуються паливні пігулки двох типів: зі скляним лазером і лазером на вуглекислому газі.

Звичайно, необхідно буде ще подолати чимало суттєвих технічних і економічних перешкод до того, як реактори керованого термоядерного синтезу будуть підключені до енергосистеми. Але

термоядерна енергетика має ряд значних переваг, таких як безпека, відсутність шкідливих хімічних викидів, низький рівень радіоактивності тощо. Нажаль, це джерело енергії теж не дозволяє уникнути головного недоліку – теплового забруднення навколишнього середовища. Вважають, що через небезпеку перегріву вивільнення всіх видів енергії на нашій планеті не повинно перевищувати 1% отримуваної сонячної енергії. Враховуючи масштабність термоядерної енергії, це може виявитися основним стримуючим фактором її розвитку.

Розділ 5

НЕТРАДИЦІЙНА ЕНЕРГЕТИКА

5.1. Загальна характеристика

Нетрадиційними і поновлюваними джерелами енергії називають енергетичні ресурси постійно існуючих природних процесів на нашій планеті. Характерною особливістю цих енергоресурсів є їх невичерпна здатність поновлювати свій потенціал за короткий час. До них належать вітрова, сонячна, геотермальна енергія, енергія морських хвиль та приливів, енергія біомаси, деревного вугілля, торфу, а також гідроенергія річок. Головними перевагами поновлюваних джерел енергії є їхня практична невичерпність ресурсів, широке розповсюдження, відсутність паливних витрат і викидів шкідливих речовин в навколишнє середовище. Але вони, як правило, більш капіталомісткі.

В багатьох країнах світу зростає інтерес до запровадження нетрадиційних і поновлюваних джерел енергії. Це пов'язано з різними причинами. По-перше, уже сьогодні за певних умов вони можуть бути ефективнішими у порівнянні з привозним органічним паливом і екологічно чистими. По-друге, використання навіть дорожчих відносно традиційних енергетичних джерел нетрадиційних може бути викликане іншими, неекономічними, критеріями (екологічними, соціальними), зокрема, воно може, наприклад, суттєво підвищувати якість життя населення. По-третє, слід не забувати про віддалену перспективу в глобальному масштабі, обумовлену визначною роллю енергетики в забезпеченні економічного зростання і зростання негативного впливу на навколишнє середовище, і нарешті обмеженість запасів паливно-енергетичних ресурсів.

Тому в майбутньому невідворотна кардинальна перебудова структури енергетики з переходом до використання екологічно чистих і поновлюваних джерел енергії. Світове співтовариство

визнає необхідність переходу до стійкого розвитку відповідно до стратегії, що забезпечить економічне зростання, з одного боку, і зменшення негативного впливу діяльності людей на навколишнє середовище, з іншого, що дозволяє уникнути катастрофічних наслідків у довготерміновій перспективі. В цьому процесі важливу роль відіграють нові енергетичні технології.

Підвищення ефективності використання поновлюваних джерел енергії є найбільш актуальною задачею. Вирішуватись вона може різними шляхами: як покращенням техніко-економічних характеристик обладнання, так і оптимізацією режимів в умовах змінного навантаження при виробництві енергії поновлюваними джерелами. При цьому поновлювана енергосистема може працювати як автономно, так і паралельно з електроенергетичною системою централізованого електропостачання. Зазначені обставини викликають необхідність узгодження роботи пристроїв поновлюваної енергетики шляхом вирішення наступних задач: забезпечення максимальної ефективності використання поновлюваного енергоресурсу, використання накопичувачів енергії, регулювання параметрів електроенергії і управління режимом роботи енергосистеми. При цьому можуть використовуватися різні схеми ввімкнення енергоустановок.

Найпростіший спосіб полягає в скиданні залишків енергії, яку не можливо використати. Такий підхід застосовується в конструкціях гідроелектростанцій, у вітродвигунах змінного кроку, в системах сонячного обігріву з керованими заслінками та інших системах з накопиченням енергії. Надлишок енергії первинного енергоносія може акумулюватися і потім жити навантаження в період недостатнього потенціалу поновлюваного енергоресурсу. За накопичувача енергії може служити гідроакумулююча система, маховик, акумуляторна батарея та ін. Подібні системи дають можливість більш ефективного використання первинних енергоресурсів і широкого використання майже для всіх типів поновлюваних джерел.

Системи з регулюванням навантаження забезпечують повне використання первинних енергоресурсів. Регулювання виконується автоматично за допомогою напівпровідникових баластних систем. Дуже часто роль баласту навантаження виконують нагрівальні пристрої. Енергосистеми централізованого енергопостачання, що мають в своєму складі традиційні і поновлювані джерела енергії, не

потребують спеціальних пристроїв акумулювання і резервування енергії. Потужна енергосистема має здатність прийняти всю енергію, що виробляють станції. Але при цьому виникає проблема перерозподілу потужностей між тепловими електростанціями і електростанціями поновлюваної енергетики з метою енергозабезпечення змінного добового графіку навантаження споживачів при мінімальних витратах палива. Це дає можливість багатьом передовим країнам Європи і світу продемонструвати вражаючу динаміку результатів здешевлення виробництва зеленої електроенергії (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Тип електростанції	Ціна електроенергії (дол/кВтгод)			Питомі капіталовкладення (дол/кВт)		
	1980	1990	2000	1980	1990	2000
ТЕС	0.03	0.04	0.06	600	1100	1500
ГЕС	0.02	0.04	0.04	1200	1500	2000
АЕС	0.03	0.04	0.07	1500	2000	2250
ВЕС	0.25	0.07	0.04	3000	1500	1000
СЕС Т	0.24	0.08	0.05	15000	3000	2500
СЕС ФЕ	1.50	0.35	0.06	50000	20000	500

Витіснення традиційних джерел енергії екологічно чистими поновлюваними джерелами енергії дає можливість скорочення обсягів шкідливих викидів у навколишнє середовище. Статистичні дані показують, що при зменшенні виробництва електроенергії традиційними електростанціями на 1 млн кВтгод шкідливі викиди двоокису вуглецю в атмосферу зменшуються на 1250 т, двоокису сірки – на 8 т, окислів азоту – на 6 т, золи – на 70 т, пилу – на 0.5 т. Масове будівництво АЕС дозволяє вирішувати проблеми викидів твердих речовин і вуглекислого газу, але різко постають проблеми використання чи захоронення радіоактивних відходів. Залишається і проблема теплового забруднення, оскільки ядерне паливо в природному стані (корисні копалини) практично не впливає на тепловий баланс планети.

Отже, необхідний перехід від традиційних джерел енергії – нафти, газу, вугілля – до поновлюваних джерел більш високої екологічної якості. Діюча енергетична політика є нічим іншим як безжальною експлуатацією природи і її ресурсів, що може призвести до глобальних змін на нашій планеті. Виробництво

електроенергії за рахунок поновлюваних джерел теж не є абсолютно чистим екологічно. Але ці джерела характеризуються принципово різним характером впливу на навколишнє середовище, вони не мають глобального впливу подібно енергоустановкам, що працюють на мінеральному паливі.

При виборі між традиційними і нетрадиційними джерелами енергії потрібно брати до уваги не лише поточні економічні витрати. Велетенські обсяги споживання мінеральних енергоресурсів за відносно низьких цін, які не відображають реальної сукупності витрат суспільства, насправді є ні чим іншим як життям в кредит від майбутніх поколінь, яким не буде доступна енергія за такою низькою ціною.

Інша складова вартості енергії, яка розподіляється на все суспільство і не входить в тариф за енергію, пов'язана з забрудненням навколишнього середовища енергоустановками. Викиди ТЕС складаються головним чином з вуглекислого газу, який відповідає за парниковий ефект і зміну клімату, що призводить до засух в районах вирощування основної сільськогосподарської продукції (зернові, картопля). Інші викиди, окисли сірки та азоту, перетворюються в атмосфері в сірчану та азотну кислоти і повертаються на землю у вигляді кислотних дощів, що знижує родючість ґрунтів, зменшує рибні запаси, знищує ліси, руйнує будівельні конструкції. Токсичні важкі метали (ртуть, свинець, кадмій) розчиняються кислотами і попадають у питну воду і продукти харчування.

Існує також невизначеність в обчисленні реальної вартості електроенергії, виробленої на АЕС. Реальні ціни повинні враховувати небезпеку АЕС і ядерної технології внаслідок аварій, по отриманню палива і захороненню відходів, а також витрати на ліквідацію обладнання і будівельних споруд АЕС при виведенні їх з експлуатації (а то виходить, що ми набудували, а ліквідують нехай все це наші діти і внуки). Через кілька десятиліть з урахуванням цих витрат ціни на електроенергію АЕС для наших нащадків будуть набагато більшими.

Приблизна оцінка прямих соціальних витрат, пов'язаних зі шкідливими впливами електростанцій, хворобами, зниженням тривалості життя, оплатою медичного обслуговування, втратами виробництва, зменшенням урожайності, відтворенням лісів, ремонтом будівель в результаті забруднення повітря, води і ґрунту

дають величину добавки в 75% до світових цін на паливо і енергію. По суті це витрати всього суспільства, екологічний податок, який платять громадяни за недосконалість енергетичних установок. Цей податок має бути включений у вартість енергії для формування державного фонду енергозбереження і створення нових екологічно чистих технологій в енергетиці.

Якщо врахувати всі ці приховані зараз витрати в тарифі на енергію, то більшість нових технологій поновлюваної енергетики стануть конкурентно-спроможними з існуючими технологіями. Тоді і з'являться джерела фінансування нових проектів по екологічній енергетиці і економіці взагалі. Саме так чинять у Швеції, Фінляндії, Нідерландах і багатьох інших країнах ЄЕС.

До поновлюваних джерел енергії відносяться: сонячне випромінювання (геліоенергетика), енергія вітру (вітроенергетика), енергія річок, водотоків приливів і відливів, енергія хвиль (гідроенергетика), геотермальна енергія, розсіяна теплова енергія (тепло повітря, води, океанів, морів і водоймищ), енергія біомаси. Рослинна біомаса, що утворюється на основі фотосинтезу, складається з різних видів рослин. Біомаса тваринного походження – це відходи життєдіяльності тваринництва і птахівництва. Торф відповідно міжнародної класифікації відноситься до рослинної біомаси. Це також і побутові відходи антропогенної діяльності органічного складу, органічні відходи целюлозно-паперової, деревообробної та лісової промисловості, лісозаготівель тощо.

За даними Світової енергетичної ради до 2020 року прогнозується введення нових поновлюваних джерел енергії до 8-12%. В табл. 5.2 наведені дані в мільйонах тон нафтового еквіваленту по окремим їх видам.

Таблиця 5.2

Види поновлюваних джерел енергії	Мінімум		Максимум	
	млн т н. е.	%	млн т н. е.	%
Біомаса	243	45	561	42
Вітрова і геотермальна енергія, малі ГЕС, тверді побутові відходи	187	35	429	32
Сонячна енергія	109	20	355	26
Всього	539	100	1345	100

Одним з найбільш розповсюджених і універсальних ресурсів життєзабезпечення є біомаса. Біомаса – це всі органічні речовини рослинного і тваринного походження, які використовуються як паливо і енергія. Існує первинна біомаса (рослини, тварини і мікроорганізми) і вторинна – відходи при переробці первинної біомаси і продукти життєдіяльності людей і тварин. Торф займає проміжне положення між поновлюваними джерелами і викопним паливом.

Біомаса утворюється в процесі фотосинтезу – хімічної реакції, що протікає в зелених рослинах під дією сонячної енергії. В результаті хімічних процесів утворюються органічні речовини, які використовуються для харчування, виробництва ліків, тканин, будівельних матеріалів і багато іншого. Крім того, біомаса є цінною енергетичною сировиною для виробництва тепла і електроенергії.

Щорічно в процесі фотосинтезу на Землі утворюється 100-200 млрд тон сухої органічної речовини, що еквівалентно 40 млрд тон нафти, і це в 10 разів перевищує світовий рівень її річного споживання. Згідно розрахунків більше 8% загальної енергії може бути отримано з біомаси. Можна виділити такі види біомаси: деревина, деревні відходи, торф, листя, відходи життєдіяльності людей (тверді побутові відходи, лігнін тощо), відходи сільського господарства (гній, курячий послід, стебла, бадилля тощо), спеціально культивовані високоврожайні агрокультури і рослини. З точки зору хімічного складу і процесів утворення традиційні види палива – нафта, вугілля, газ – також є біомасою, але давньою, для отримання якої потрібен дуже тривалий термін, отже їх не можна віднести до категорії відновлюваних джерел енергії. Зовсім інше – біомаса. В залежності від її виду, термін утворення складає від декількох місяців до декількох десятиріч. Отже біомаса може вважатися цілковито відновлюваним джерелом енергії.

Використання рослинної сировини як первинного енергоносія має ряд екологічних переваг. Двоокис вуглецю, який виділяється в процесі спалювання біомаси, поглинається в процесі зростання відновлюваної біомаси, створюючи таким чином замкнутий вуглецевий цикл. Збір метану, що виділяється при переробці твердих побутових відходів і гнійних стоків, а також на станціях очищення стічних вод, зменшує викиди метану в атмосферу і дозволяє корисно використовувати його енергію як пальне для транспорту чи для виробництва електроенергії. Сучасні технології

енергетичного використання біомаси підходять на технології безпосереднього отримання енергії з біомаси і технології її переробки і подальшого використання.

Хімічний склад біомаси може відрізнятись в залежності від її виду. В природному стані біомаса містить в собі велику кількість води, яка не має енергетичної цінності. Такі компоненти як вуглеводи мають теплотворну здатність в 2 рази нижчу, ніж у вуглецю, а мінеральні солі і зола енергетичної цінності взагалі не представляють. Але теплотворна здатність біомаси може бути суттєво підвищена після переробки.

За прогнозом світового енергетичного конгресу в 2020 році доля поновлюваних ресурсів у балансі світової енергетики може досягнути 20 % і при цьому доля біомаси складе понад одну третину. Основним видом біомаси, що використовується в біоенергетиці, є некомерційне паливо: деревина та її відходи, відходи рослинництва і тваринництва, а також побутові відходи. Традиційно технологія отримання електроенергії з біомаси оснований на відомих паросиловому і газотурбінному циклах. Найпоширеніші промислові технології – це пряме спалювання, спалювання в суміші з основним паливом, термохімічна переробка (газифікація палива), біохімічна конверсія (виробництво біогазу, спирту, етанолу). Для удосконалення технології біохімічної конверсії, в особливості побутових відходів, розробляються високоефективні штами анаеробних мікроорганізмів, а також різноманітні варіанти композицій енергетичної біомаси, що дозволяють підвищити вихід і якість біогазу.

У вітроенергетичній установці (ВЕУ) вітроколесо з лопатями під напором повітряного потоку обертається, передаючи крутний момент безпосередньо або через систему трансмісії електричному генератору. Основні проблеми – забезпечення надійності і ефективності при мінімальних і ураганних швидкостях вітру, а також шумові навантаження на навколишнє середовище. Перспективні карусельні ВЕУ з вертикальною віссю обертання, для яких потрібні спеціальні тихохідні многополюсні генератори або перехідні редуктори.

Потенціал геотермальної енергії оснований на використанні природного тепла Землі. В середньому температура нашої планети підвищується на 33 °C на 1 км глибини. Але є і території, де вже на відносно невеликій глибині температури гірських порід і підземних

джерел досить великі. В залежності від температури води, пари чи пароводяної суміші геотермальні джерела поділяються на низько- та середньо-температурні (до 130-150 °С) і високотемпературні (більше 150 °С). Технологія використання геотермальної енергії полягає в діставанні на поверхню за допомогою буріння свердловин гарячих підземних гідротерм або паро-гідротерм, відбір їхнього тепла і подальше закачування охолодженої води для її повторного нагрівання в цьому природному котлі. В останні роки почали активно розроблятися нові системи тепlopостачання на базі низькотемпературних термальних вод з використанням теплових насосів.

Найбільш перспективним напрямком розвитку гідроенергетики на сучасному етапі крім створення гідроакумулюючих станцій (ГАЭС) вважається будівництво малих ГЕС і мікроГЕС. До малих ГЭС (МГЭС) прийнято відносити гідроелектростанції потужністю від 100 кВт до 30 МВт. Установки потужністю до 100 кВт відносяться до категорії мікроГЕС. Основними критеріями при прийнятті рішень про будівництво малих ГЕС і мікроГЕС є наявність сприятливих місцевих умов відносно води і рельєфу та доцільність створення автономних систем енергопостачання. За експертними оцінками економічний гідроенергетичний потенціал, придатний для будівництва малих ГЕС і мікроГЕС, у світі становить більше третини від загального гідро-економічного потенціалу, який поки що використовується не більше ніж на 3-5 %.

Нетрадиційна гідроенергетика, розрахована, на відміну від малих ГЕС і мікроГЕС, на великі потужності, пов'язана з використанням механічної енергії приливів, хвиль і течій. Приливні електростанції (ПЕС) споруджуються з греблями в створі, з накопиченням приливно-напірних мас води і пропуском потоку води через турбіни. Використання енергії хвиль здійснюється за допомогою поплавкових і поршневих схем. Море-термальні електростанції основані на використанні теплової енергії океану (моря). Вони працюють з використанням випарувально-конденсаційного циклу рідкого аміаку, фреону або іншого теплоносія за рахунок відбору тепла поверхневої води (температура води на поверхні може досягати 27-28 °С, а на глибині 500-1000 м – 4-6 °С). Технологічно вони виконуються зануреними або частково зануреними плаваючими станціями.

Величезний енергетичний потенціал Сонця, еквівалентний 50 трлн т у. п., що поступає на Землю щорічно, розподіляється з дуже малою густиною – в середньому 150-250 Вт на квадратний метр. Щоб отримати потужність, наприклад, 1000 МВт, потрібно акумулювати сонячну енергію з площі 4 квадратних кілометрів. Тому для використання сонячної енергії застосовують зараз три основні технології.

1. Геліоустановки гарячого водопостачання і сонячного опалення за допомогою сонячних колекторів, що генерують низькотемпературне тепло. Використовуються для обігрівання приміщень, кондиціонування повітря, опріснення морської води, висушування сільськогосподарської продукції тощо.

2. Сонячні електростанції (СЕС), де за допомогою системи орієнтованих на Сонце відбивачів у вигляді параболоїдів або параболічних циліндрів, у фокусі яких знаходяться ємності або труби з теплоносієм, забезпечується нагрівання цього теплоносія до кипіння, і далі пара використовується в звичайній паросилової установці турбіна-генератор. Для забезпечення безперерйності роботи станції в нічний час і за хмарної погоди в єдиному комплексі суміщається СЕС і ТЕС. Удень і в сонячну погоду основне навантаження несе СЕС, а вночі і в хмарну погоду до роботи з тими самими генераторами підключаються котлоагрегати ТЭС. Технологія реалізована на ряді установок у Швейцарії і США.

3. Фотоелектростанції, на яких відбувається пряме перетворення сонячної енергії в батареях фотоелементів за рахунок явища фотоємисії. Збуджувані фотонами сонячного світла електрони напівпровідника (легований кремній, арсенід галію або ін.) створюють у ньому електричний струм. ККД промислового фотоперетворення становить 20-25 %. Мала густина сонячного променевого потоку, добові і погодні його коливання потребують використання величезних площ. Ці проблеми могли б бути вирішені при винесенні фотоелектростанцій в навколосемний простір.

5.2. Сонячна енергетика

Сонячна енергія – основне джерело енергії на нашій планеті. Саме завдяки Сонцю дмуть вітри, течуть ріки, ростуть рослини, з яких утворюється органічне паливо. В надрах Сонця безперервно протікають термоядерні реакції з виділенням величезної кількості

енергії. Сумарна потужність сонячної енергії, що досягає земної атмосфери дорівнює 180 млрд МВт. Внаслідок відбиття, розсіювання і поглинання атмосферою половина цієї енергії досягає поверхні Землі. Сукупність прямої і розсіяної радіації, що падає на горизонтальну поверхню Землі, називається сумарною сонячною радіацією.

Для кількісної оцінки сонячної радіації використовується такий показник, як інтенсивність випромінювання – потік енергії через одиничну площину ($\text{Вт}/\text{м}^2$). Інтенсивність випромінювання залежить від багатьох факторів: географічної широти, кута нахилу поверхні відносно Сонця, місцевого клімату, хмарності, пори року, часу доби та ін. В середніх широтах удень інтенсивність випромінювання досягає 800 влітку і 300 взимку, зменшуючись до 0 з заходом Сонця.

Екологічна чистота сонячних енергетичних установок та їхня технологічність дають можливість створювати різноманітні архітектурні та інженерні композиції, які органічно використовують природний ландшафт і середовище проживання з енергетичними установками. Сонячні енергоустановки можуть створювати в просторі архітектурні композиції елементів фасадів і покрівель будинків громадських центрів, пляжів, автостоянок, кафе, магазинів, промислових і сільськогосподарських підприємств.

Відомо три основні напрямки використання сонячної енергії: пряме перетворення сонячної енергії в електричну, перетворення сонячної енергії в тепло і перетворення сонячної енергії в електричну за допомогою термодинамічного циклу. Сучасні технології використання сонячної енергії розвиваються головним чином у перших двох напрямках.

Технології прямого перетворення енергії випромінювання Сонця в електричну енергію порівняно недавні і базуються на сучасних досягненнях науково-технічного прогресу. Пряме перетворення сонячної енергії в електричну здійснюється за допомогою фотоелектричного або термоелектричного ефектів. Найбільш перспективним способом прямого перетворення сонячної енергії в електричну є використання напівпровідникових фотоелектричних елементів. Термоелектричні генератори використовуються як автономні джерела живлення маяків, морських сигнальних буїв та ін.

Фотоелектричне перетворення енергії обумовлене просторовим розділенням позитивних і негативних зарядів в напівпровіднику при поглинанні електромагнітного випромінювання. Пристрій на

напівпровідникових pn -переходах називається фотоелементом або сонячним елементом. В сонячній енергетиці широко використовуються напівпровідникові перетворювачі з хімічно чистих кристалів кремнію.

Сонячний елемент представляє собою просту конструкцію, що складається з двох кремнієвих пластин (рис. 5.1).

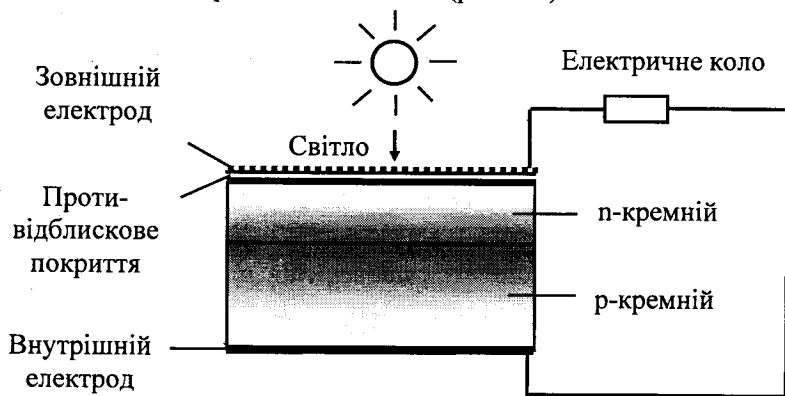


Рис. 5.1. Принцип дії сонячного елемента

На малій глибині від поверхні кремнієвої пластини типу p сформований pn -перехід з тонким металічним контактом, а на тильній стороні пластини нанесений суцільний металевий контакт. Сонячне світло, падаючи на верхню пластину, вибиває з неї електрони, які переміщуються на нижню пластину і створюють ЕРС. Фотоелектрони, що утворюються в безпосередній близькості від області об'ємного заряду, захоплюються електричним полем pn -переходу і попадають в область n . Врешті виникає направлений рух електронів до тильного металевого контакту у зовнішнє електричне коло. Послідовно сполучені елементи складають джерело постійного струму. Декілька паралельно з'єднаних фотоелементів представляють собою сонячну батарею.

В сонячних батареях використовується хімічно чистий кристалічний кремній, широко розповсюджений в земній корі у вигляді піску і кварцу. ККД сучасних сонячних батарей становить 12-17%, а в перспективі можливо досягнення 40%. Існує багато промислових розробок фотоелементів і методів їх виготовлення. Крім монокристалічного кремнію використовують сплави на основі

більш дешевого аморфного кремнію, а також арсенід галію і полікристалічні напівпровідники. Важливою перевагою фотоелектричних сонячних електростанцій є їхні дуже низькі експлуатаційні витрати. Захищені склом або плівкою від пилу і атмосферних опадів модулі можуть використовуватись десятки років без обслуговування.

Пряме перетворення сонячної енергії в електричну за допомогою сонячних батарей – найбільш динамічний напрямок розвитку поновлюваної енергетики завдяки постійному вдосконаленню технологій виготовлення сонячних елементів, яке відбувається швидкими темпами внаслідок підвищення ККД і зниження собівартості сонячних батарей. Фотоенергетика має величезні перспективи за таких її переваг як екологічна чистота, невичерпність сировинної бази (вміст кремнію в земній корі переважає запаси урану в 100 тисяч разів), а також високі експлуатаційні можливості (25-30 років) та надійність.

Останнім часом сонячні батареї виготовляються у вигляді сонячних покрівельних плит, що є також невід'ємною частиною естетично витриманого дизайну будинків. В найближчому майбутньому фотоенергетика може стати серйозною альтернативою всім іншим методам виробництва електроенергії. Для перетворення постійного струму, який виробляють сонячні батареї, в змінний струм необхідне використання інверторів. В установках поновлюваної енергетики використовуються комплектні інвертори, що серійно випускаються багатьма виробниками в усьому світі.

Фотоелектрична система може працювати як автономно, так і паралельно з електричною мережею. В останньому випадку фотоелектрична система використовується для зниження витрат за спожиту електроенергію. Крім того, фотоелектричні системи дозволяють розгрузити енергосистему в часи пік, зекономити дороге органічне паливо і покращити екологічну обстановку в регіоні. З цих причин практичне використання сонячних батарей стимулюється урядами в багатьох країнах світу. Так, наприклад, в Німеччині електроенергія, генерована в фотоелектричних системах, купляється державою у населення за ціною в 3 рази вищою за ціну в енергосистемі.

За останні роки спостерігається значне зниження вартості фотоелектричних модулів. Якщо в 1950 році питома вартість фотоелектричних елементів сягала 1000 дол/Вт, то на початку

нового сторіччя вона вже становила 4-5 дол/Вт і продовжує знижуватись далі. В табл. 5.3 показана динаміка цього процесу.

Таблиця 5.3

Рік	1950	1960	1970	1980	1990	2000
Питома вартість, дол/Вт	1000	500	100	20	10	4-5

Перші спроби практичного використання сонячної енергії сягають 80-х років минулого сторіччя в США, коли були споруджені сонячно-газові станції в Каліфорнії і вартість 1 кВтгод була знижена до 7 центів, тобто нижче, ніж на традиційних станціях. В нічні години енергію дає газ, а в денні – сонце. Ці електростанції продемонстрували, що газ може виступати ефективним партнером сонячної енергії. Дуже перспективним може розглядатися і водень. Його виробництво з використанням сонячної енергії шляхом електролізу може бути досить дешевим. Крім того, він має високу теплотворну здатність, і його зручно транспортувати і зберігати.

Однак лідером практичного використання сонячної енергії стала Швейцарія. Геліоустановки на кремнієвих фотоперетворювачах монтуються на дахах і фасадах будинків. Одна установка виробляє в середньому 2000 кВтгод електроенергії, що забезпечує всі побутові потреби власника, включаючи зарядку бортових акумуляторів електромобілів. Денний надлишок енергії влітку подається в електромережу. В нічні часи електроенергія може бути спожита безплатно від електромережі.

Окремим напрямком являється розвиток транспортних засобів на основі використання фотоелементів. Незважаючи на порівняно низьку інтенсивність променів, сонячна енергетика почала дуже швидко розвиватися останні роки в усьому світі. Щорічний випуск сонячних фотоелементів модульного типу в усьому світі досяг сотень МВт. На державному рівні приймаються закони на підтримку сонячної та інших нетрадиційних видів енергетики.

Непряме перетворення сонячної радіації полягає в концентрації сонячних променів за допомогою системи дзеркал на поверхню спеціальних нагрівачів води для перетворення її в пару з метою подальшої генерації електроенергії традиційним способом. Сонячні теплові електростанції (СЕС) за способом виробництва тепла підрозділяються на сонячні концентратори (дзеркальні) і сонячні стави. Принцип дії сонячного концентратора очевидний. Принцип дії сонячного ставу полягає в створенні різниці температур на поверхні і на дні водосховища. ККД сонячного ставу лише 1%. Тому

більш перспективним напрямком розвитку СЕС являється використання сонячних концентраторів.

Сонячні теплові системи для вироблення електроенергії поділяються на два основні типи. За конструкцією першого, баштового, типу нагрівається робоче тіло (теплоносій) до температури 500 °С, яке може приводити в рух стандартний тепловий двигун з метою виконання механічної роботи для подальшого виробництва електроенергії. Для отримання високої температури застосовують концентратори-колектори сонячної енергії, що мають оптичну систему для спрямування потоку сонячних променів на перетворювач. Концентратор автоматично повертається за Сонцем.

Баштовий тип СЕС – це використання розташованих на великій площі пласких дзеркал, які слідкують за Сонцем і відбивають сонячні промені на центральний підігрівач, встановлений на сонячній вежі (рис. 5.2).

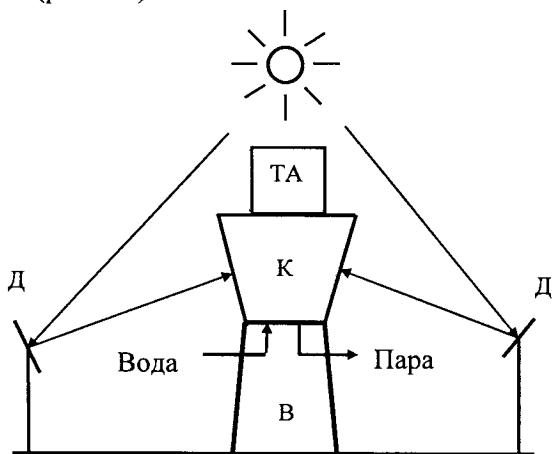


Рис. 5.2. Принцип дії теплової СЕС: Д – дзеркала, К – котел, ТА – тепловий акумулятор, В – вежа.

Такі колектори, підсилюють сонячний потік у кілька сотень разів, фокусуючи його на встановлений на вежі загальний підігрівач, який перетворює воду на пару, що поступає в парову турбіну. Баштова сонячна електростанція працює на основі традиційних теплофізичних законів у паротурбінному циклі.

Загальна кількість тепла у ватах, що генерується у парогенераторі СЕС

$$Q = \eta_{\text{в}} n F I_c, \quad (5.1)$$

де $\eta_{\text{в}}$ – коефіцієнт ефективності використання сонячного випромінювання (0,35-0,5), n – кількість геліостатів, F – площа дзеркал одного геліостата в м^2 , I_c – інтенсивність сонячного випромінювання в $\text{Вт}/\text{м}^2$.

Теоретичну потужність паротурбінної СЕС у ватах можна визначити за формулою

$$P = \eta_i \eta_r \eta_g Q, \quad (5.2)$$

де

$$\eta_i = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_k}, \quad (5.3)$$

h_1 , h_2 , h_k – відповідно ентальпія гострої і відпрацьованої в турбіні пари і конденсату, η_r – відносний внутрішній ККД турбіни, η_g – ККД генератора.

В конструкції СЕС передбачається накопичувач тепла, заповнений щебенем, який нагріває гострий пар в часи максимальної інтенсивності сонячного випромінювання і віддає тепло після заходу сонця.

У світі існує багато інших варіантів удосконалення СЕС. Так, наприклад, в першому контурі нагрівання використовується рідкий натрій, а в другому – вода. Ще в іншому варіанті сонячними променями нагрівається до 800°C стиснене повітря, яке приводить в дію газову турбіну. Відпрацьоване гаряче повітря з газотурбінної установки використовується далі в традиційному паротурбінному циклі, що в результаті значно підвищує ККД використання сонячних променів. Розробляються проекти з замкненими газотурбінними установками з використанням гелію як робочого тіла.

Концентратор другого типу конструктивно – це параболічне дзеркало з перетворювачем (трубою), розташованим вздовж його осі. Замість дорогих скляних дзеркал використовується плівка з металевим напиленням, натягнута на обручі. Під плівкою створюється вакуум, який надає плівці параболічну форму. Подібна трубно-плівкова система розміщується на поверхні землі і не потребує будівництва капіталомісткої башти з баком. В результаті вартість 1 кВтгод виробленої електроенергії прирівнюється до вартості її на сучасних вугільних станціях. Сонячні промені концентруються в напрямку осі, нагріваючи робоче тіло. Вся сонячна система складається з великої кількості

колекторів, і кожний колектор слідкує за сонцем. Теплоносій, водяна пара, збирається від усіх колекторів в центрі електростанції для подальшого використання в паровій турбіні.

Робочим тілом може бути також термохімічна речовина, наприклад, аміак. У цьому випадку сонячні промені фокусуються на перетворювач, в якому газоподібний аміак при високому тиску розкладається на водень та азот



Реакція ендотермічна з поглинанням енергії. Тепло для реакції дає сонячне випромінювання. За наявності каталізатора у камері синтезу азот та водень частково рекомбінують. Тепло, що тут виділяється, використовується для роботи зовнішнього теплового двигуна. Потік на виході з камери синтезу охолоджується, зріджений аміак поступає знову в сепаратор. Перевага такої системи в тому, що в процесі використання хімічного реагенту відсутні втрати в колекторі та теплому двигуні, отже тепло може передаватися на великі відстані і цілодобово, що дає можливість безперервної генерації електроенергії.

Найпростішим, давно відомим способом використання сонячної енергії є нагрівання води в плоских сонячних колекторах. Достоїнствами цієї технології є досить високий ККД і низька вартість установки. В останні роки актуальними стають так звані пасивні сонячні системи, які закладаються в проекти будинків і використовують будівельні матеріали таким чином, щоб максимально використовувати енергію Сонця. При цьому сама конструкція будівлі виконує роль колектора сонячної радіації. Тепло зберігається завдяки стінам, стелі і підлозі. В інших системах передбачаються спеціально вмонтовані в конструкцію будинку елементи для накопичення тепла. Такі житлові приміщення створюються практично без додаткових витрат. Пасивні сонячні системи будівлі є екологічно чистими і відповідають стратегії енергозбереження.

В багатьох країнах світу прийняті грандіозні урядові програми стимулювання розвитку геліоенергетики. Найбільш просунутими в цьому напрямку є Японія, США і Німеччина. Розвиваються нові перспективні напрямки: концентратори сонячної енергії, тонкоплівкові сонячні елементи.

Найбільше розповсюдження в наш час отримало перетворення сонячної енергії в тепло для гарячого водопостачання і опалення, в

яких використовуються досить прості і дешеві технічні пристрої. Сонячна водонагрівальна установка включає плоский сонячний колектор, в якому нагрівається вода, антифриз, повітряний чи інший теплоносіє, а також теплоізолюваний теплообмінник-акумулятор. Через сонячний колектор циркулює теплоносіє, який нагрівається від сонячних променів і віддає теплову енергію в теплообмінник. Сонячний колектор може бути складовою традиційної системи водо-нагрівання або використовуватись як базовий елемент самостійної водонагрівальної системи.

Пласкі сонячні колектори складаються зі скляного або пластикового покриття (одинарного, подвійного, потрійного), тепло-сприймальних панелей, пофарбованих з сонячного боку в чорний колір, ізоляції і корпусу (метал, пластик, скло, дерево). На рис. 5.3 показана принципова схема водяної низькотемпературної системи опалення з сонячним колектором. Тепло-сприймаючою панеллю може служити будь-який металевий лист з каналами для теплоносія. Це може бути алюміній або сталь.

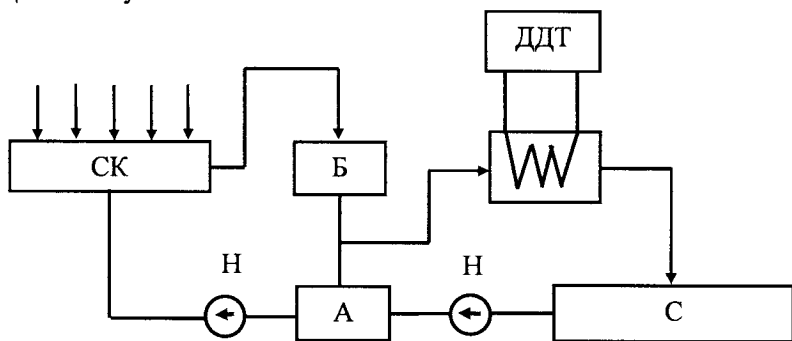


Рис. 5.3. Принципова схема сонячного опалення: СК – сонячний колектор, Б – бак, А – акумулятор, ДДТ – додаткове джерело тепла, Н – насос, С – споживачі тепла.

Використовують два типи панелей: лист-труба і труба штампована в листі. Під дією сонячних променів панелі розігріваються до температури 70-80 °С. Для більшої ефективності поверхні пластин покриваються спектрально-селективними шарами на основі чорного нікелю, чорного хрому, окислу міді на міді чи алюмінію, що активно поглинають короткохвильове випромінювання. Передбачається автоматичний дренаж колектора

при припиненні дії сонячної радіації. Геліотехніка з колекторами в середніх широтах потребує використання додаткових джерел енергії та баків-акумуляторів.

Більш складною і дорогою є конструкція геліоконцентратора, основою якого є параболічне дзеркало чи циліндр з сонячним котлом у фокусі, в середині якого циркулює вода або якась незамерзаюча рідина. Використовують і двоконтурні системи опалення, коли в контурі геліоконцентратора циркулює антифриз, а в контурі системи опалення – вода. Для підвищення ефективності роботи системи до її складу включається автоматична система налаштування на рух сонця.

Активні сонячні нагрівальні системи включають зовнішній нагрівач води або повітря. Такі системи можуть бути встановлені на вже збудованому будинку. Доцільно при цьому передбачити велику акумуляючу систему. Водонагрівальна система потребує встановлення трубчатого теплообмінника. Для нагрівальної повітряної системи потрібні повітряні канали. Вода чи повітря циркулюють за допомогою електричних pomp чи вентиляторів. Активні, як і пасивні нагрівальні системи вимагають якісної теплоізоляції.

Основним елементом в системі сонячного опалення є колектор. Колектори бувають з концентраторами і без концентраторів сонячних променів. Оскільки теплопровідність повітря набагато нижча, ніж води, нагрівати повітря дуже важко. Тому в нагрівачах повітря поглинаюча поверхня робиться негладкою, з нарізними рівчачками для збільшення площі та посилення турбулентності, необхідної для підвищення теплопередачі. Зате нагрівачі повітря дешевші за водяні нагрівачі, в них не потрібно заливати воду і передбачати захист від морозів.

Виробництво сонячних водонагрівачів у світі щороку зростає, оскільки вони забезпечують значну економію енергоресурсів. Існують три основні типи накопичувачів сонячної енергії в гарячому водопостачанні: відкриті, закриті і вакуумні. Нагріта вода може акумулюватись в резервуарі, що зменшує теплові втрати. Використовуються також фокусні накопичувачі з концентраторами сонячної енергії, які дають можливість отримувати температуру вищу за 100 °С. Нагрівальна система з природною тепловою циркуляцією потребує встановлення резервуара на вищому рівні по відношенню до нагрівача.

Широкого застосування набувають прості і дешеві автономні способи використання сонячної енергії в нагріванні води, повітря, в сонячних дистилляторах, при зерно-сушінні та ін. Прості пристрої вміщують весь об'єм рідини, що нагрівається. Вони можуть мати різні конструкції: відкритий резервуар на поверхні землі або ізольований від землі, темний резервуар простий і зі склянню чи пластиковою кришкою та ін. Пристрій складається з короба зі змійовиком, бака холодної води, бака-акумулятора і труб. Важча холодна вода поступає в короб знизу, нагрівається, піднімається вгору і, витіснена холодною водою, направляється в бак-акумулятор. Вода, підігріта до температури 60-70 °С, може використовуватись для опалення, душу та інших побутових потреб. Денна продуктивність установки 2 кВтгод з квадратного метра, ККД установки 40%.

Активні сонячні системи опалення передбачають використання зовнішніх нагрівачів повітря або води. Такі системи дають можливість клімат-контролю. Циркуляція теплоносія здійснюється за допомогою насосів і вентиляторів. Сезонне жиле приміщення (дача) може обігріватися повітряною системою тепlopостачання. Підігріте в сонячному колекторі повітря по каналу подається в приміщення. Перевага повітряного опалення полягає в простоті, відпадає необхідність в кранах і трубах, в яких вода може замерзати.

Конструктивно колектор представляє собою закнений вертикальний короб, внутрішня поверхня якого пофарбована темно-матовою фарбою. Такий короб крім прямої сонячної радіації сприймає розсіяну і відбиту радіацію, що характерна для середніх широт при похмурій погоді і легкій хмарності. Сонячний колектор розміщується на фасаді будівлі, орієнтованому на південь.

Нерівномірне надходження сонячної енергії викликає необхідність встановлення теплового акумулятора. При роботі в комплексі з повітряним колектором найбільш раціональний гравійно-щебеневий акумулятор. Він дешевший і простіший в будівництві. Гравійну засипку можна розмістити в теплоізольованій заглибині цокольної частини будинку. Тепле повітря нагнітається в акумулятор і в кімнати будинку вентиляторами. Для прикладу, будинок площею 60 м² потребує 20 м² повітряного колектора і 3-6 м³ об'єму акумулятора. Система сонячного опалення будинку може працювати в 4 режимах: опалення, опалення і акумуляція, акумуляція і опалення від акумулятора.

Системи сонячного теплопостачання крім активних бувають і пасивні. В пасивних системах сонячна енергія акумулюється безпосередньо в приміщенні, на стінах, біля вікон, навіть коли є вентиляція. Суть конструкції пасивної нагрівальної сонячної системи полягає в наявності акумулюючої поверхні, зверненої до сонячного потоку з високою опірністю тепловим втратам, з метою отримання оптимальної кількості сонячного тепла для даної конструкції. Для здійснення цього потрібно забезпечити якісну ізоляцію будинку, за рахунок розташування вікон отримувати максимум сонячного потоку і стіни підвищеної масивності, що обмежують коливання температури.

Теплоакумулююча стіна – це бетонна плита товщиною 30 см з зовнішнім скляним покриттям та двома щілинами зверху та знизу для циркуляції повітря. Для підсилення теплової циркуляції можна додатково включити в систему електричний вентилятор. Влітку таку стіну можна прикривати настінним дашком або пропускати в будинок холодне повітря з тильної сторони. З естетичних міркувань у бетонній стіні передбачаються невеликі вікна. В пасивних системах теплопостачання сонячні промені сприймаються конструкцією будівлі, найчастіше стінами. Важливо правильно вибрати відстань між сприймаючою стінкою і склом чи плівкою.

Правильно запроєктовані будівлі з використанням сонячного тепла можуть зекономити значні енергоресурси у вигляді палива для їх обігріву. Пасивні опалювальні системи закладаються в конструкцію будівлі. Це забезпечується якісною теплоізоляцією будівлі, що застерігає від протягів і передбачає контрольовану вентиляцію з регенерацією тепла. Якісно запроєктовані будівлі значною мірою само-обігріваються сонячною енергією протягом дня і утримують тепло вночі. Крім того, в будівлі не повинно бути жарко влітку.

Сонячна енергія може використовуватись не лише для підігріву води, але і повітря при сушінні зерна. Значна частина урожаю в світі втрачається внаслідок враження плісінним грибок, якого можна уникнути правильним сушінням. Нагрівачі повітря виготовляються або з шерехатою поверхнею, або з нарізними канавками для підсилення турбулентності, або зі збільшеною контактною поверхнею при використанні пористих та сітчастих приймачів. В зерносушарці відбувається перенесення вологи від зерна в оточуюче

підігрите повітря. Цей процес має відбуватися швидко протягом кількох днів після збирання врожаю.

Сонячна енергія може використовуватись також для охолодження повітря (кондиціонування), а також в абсорбційних холодильниках. В стандартному компресорі холодильника робоча рідина випаровується в процесі теплообміну при підвищеному тиску, що підтримується за допомогою компресора. Тепло для підвищення температури в генераторі до рівня утворення необхідного тиску може бути отримане від сонячної нагрівальної системи.

5.3. Вітроенергетика

Основною причиною виникнення вітру є нерівномірність нагрівання Сонцем поверхні Землі. Обертання Землі навколо своєї осі також викликає відхилення повітряних потоків. Виникає ряд окремих циркуляцій, які взаємодіючи між собою, ускладнюють загальну картину руху повітря.

На екваторі спостерігається зона затишшя зі слабкими змінами вітру. На північ і південь від зони затишшя розміщуються зони пасатів, які направлені до екватору, але внаслідок обертання Землі відхиляються на захід. Область пасатів поширена до 30° північної і південної широт і характеризується майже незмінною швидкістю і напрямком вітру, які в певній мірі порушують вплив на коливання температури і тиску над континентами. Шар пасатів знаходиться в межах від 1 до 4 км. Далі йде шар змінних вітрів, а ще вище знаходиться зона антипасатів товщиною 4-8 км з протилежним напрямком вітру.

На північ і південь від зони пасатів приблизно до 70° на всіх висотах спостерігаються вітри різного напрямку вихрового характеру. Річні зміни температури в прибережних районах великих морів і океанів викликають циркуляції значних масштабів, які називаються мусонами. Внаслідок добових змін температури виникають прибережні морські вітри, які називаються бризами. Нагріте повітря, що піднімається вдень над сушею, в верхніх шарах протікає в бік моря і на певній відстані від берега спускається вниз. Таким чином, виникає циркуляція повітря: знизу – від моря, зверху – від суші. Вночі спостерігається протилежна картина. Зона виникнення бризів займає полосу, що захоплює 40 км суші і 40 км

моря і досягає висоти 200-300 м. На території України бризи спостерігаються лише влітку біля берега Чорного моря.

Особливість конкретних умов рельєфу земної поверхні викликає появу місцевих вітрів. Різні зони мають різко відмінні вітрові режими. Середньорічна швидкість вітру в даному районі дає можливість робити висновки про доцільність використання вітродвигунів певної конструкції і їх потужності.

Вітроенергетика – найбільш розвинена сфера практичного використання поновлюваних джерел енергії. З'явилася нова галузь промисловості – вітроенергобудування. В деяких країнах доля електроенергії, що генерується вітроелектростанціями складає реальну конкуренцію традиційній енергетиці. Визнаними лідерами вітроенергетики є США, Німеччина, Данія, Іспанія та ін.

Принцип дії вітроенергетичної установки (ВЕУ) полягає в перетворенні енергії вітру в механічну енергію обертання вітроколеса і потім в електричну енергію генератора. Вітродвигуни за конструкцією вітроколеса і його орієнтацією у вітровому потоці поділяються на три види: крильчаті, в яких вітрове колесо обертається в площині, перпендикулярній напрямку вітру (мало-лопатеві і багато-лопатеві); карусельні вітродвигуни з вертикальною віссю обертання і зустрічаються ще барабанні вітродвигуни, що працюють за принципом водяного млинарського колеса, вісь обертання яких горизонтальна і перпендикулярна напрямку вітру. Крильчасті вітродвигуни значно ефективніші за карусельні і барабанні, мають гарні аеродинамічні характеристики, більш потужні і в той же час легкі.

Потужність вітряного потоку у ватах можна визначити за формулою

$$P_{\text{вт}} = \rho \frac{V^3 s}{2}, \quad (5.5)$$

де ρ – густина повітря кг/м^3 (при нормальній температурі і тиску $1,226 \text{ кг/м}^3$), V – швидкість вітру в м/с , s – площа поперечного перетину вітрового потоку у м^2 .

Електрична потужність у ватах, яку генерує ВЕУ, може бути визначена за формулою

$$P_e = \pi \rho V^3 \frac{R^2}{2} \xi \eta, \quad (5.6)$$

де R – радіус лопатей вітроколеса у м, $\xi = P_{\text{вк}}/P_{\text{вп}}$, $P_{\text{вк}}$ – механічна потужність вітроколеса, η – ККД вітродвигуна (0,7-0,85).

В наш час використовуються дві основні конструкції вітроколеса: горизонтально-осьові (а) і вертикально-осьові (б) вітродвигуни (рис. 5.4).

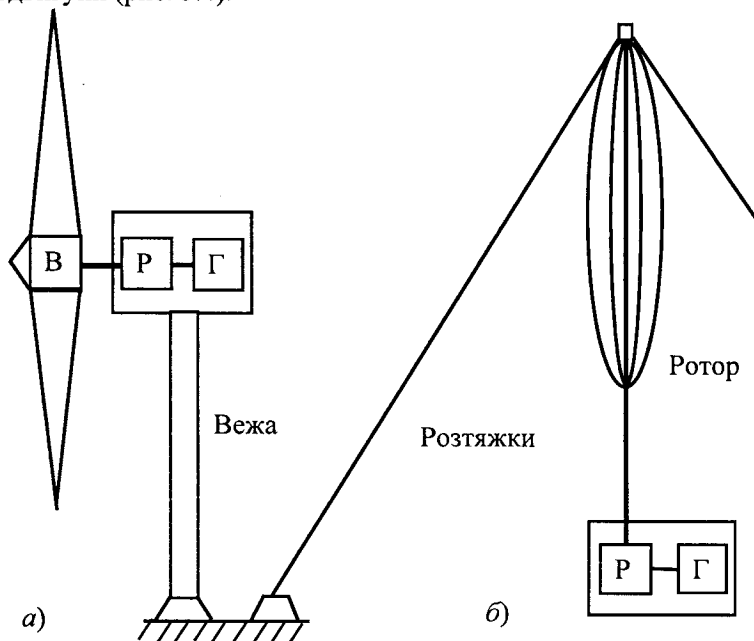


Рис. 5.4. Принцип улаштування ВЕУ горизонтального (а) і вертикального (б) типу: В – вітроколесо, Р – редуктор, Г – генератор.

Потужність однієї ВЕУ може досягати декількох МВт. Головними компонентами вітроустановки являються вітроколесо (ротор), вежа, мультиплікатор і генератор. Мультиплікатор (редуктор) забезпечує збільшення числа обертів вітроколеса з метою його приведення у відповідність до числа обертів генератора.

Основним типом вітродвигуна, що використовується на практиці, є двигун крильчастої конструкції. Крутний момент створюється за рахунок аеродинамічних сил, що виникають на лопатях робочого вітроколеса. Потужність вітродвигуна з горизонтальною віссю обертання найбільша при перпендикулярному напрямку вітру до площини обертання лопатей. Для

забезпечення цієї умови потрібна можливість обертання вітроустановки в горизонтальній площині за допомогою крила-стабілізатора.

Головним конструктивним елементом вітроустановки є лопать. Сучасні ВЕУ зазвичай мають 2 або 3 лопаті. Матеріал лопаті має бути міцним, еластичним і не створювати хвильові перешкоди для телевізійних та інших сигналів. Найчастіше лопаті виготовляються із скловолокна, полістиролу, епоксидних полімерів чи вуглепластика. Довжина лопаті ВЕУ в залежності від потужності змінюється від 10 до 100 м, а вага – до 1000 кг.

Термін експлуатації вітрогенераторів становить 20 років, а їх питома вартість змінюється від 1000 до 1500 дол/кВт. Комерційне використання крильчастих вітродвигунів розпочалося з 1980-х років. ВЕУ, що випускаються промисловістю різної номінальної потужності від малих до дуже великих, розраховані на швидкість вітру до 12 м/с. В табл. 5.4 наведена номенклатура випуску промисловістю стандартних вітродвигунів.

Таблиця 5.4

Проектна потужність, кВт	Діаметр вітроколеса, м	Період обертання, с
10	6,4	0,3
25	10	0,4
50	14	0,6
100	20	0,9
150	25	1,1
250	32	1,4
500	49	2,1
1000	64	3,1
2000	90	3,9
3000	110	4,8
4000-5000	130	5,7

Зазвичай на одній території встановлюються декілька в ряд однотипних вітроустановок, що дає можливість спрощення обслуговування і зменшує капіталовкладення в проект (шляхи, підстанції, лінії електропередачі, управління та ін.). Практика показала, що установка ВЕУ на відкритій рівній місцевості більш

ефективна, ніж на узвишші, якщо поряд ставити зразу декілька вітроустановок. Земельні ділянки можуть залишатися у сільськогосподарському призначенні. Одиначна потужність вітряного агрегату може досягати 5, а загальна потужність вітроелектростанції – декількох сотень МВт.

Ведуться розробки вітродвигунів ще більшої потужності і діаметру ротора, і вартість генерації вітроенергії постійно зменшується. Даний тип енергосистем набуває все більшої популярності в європейських країнах, де за Кіотським протоколом поставлена мета зниження емісії парникових газів.

За діапазоном потужностей ВЕУ можна розділити на системні ВЕУ, призначені для експлуатації в складі електроенергетичних систем, і автономні ВЕУ, що використовуються в системах автономного енергоспоживання. Найбільш затребуваною і розвиненою сферою використання ВЕУ є їх паралельна робота на електроенергетичну систему, що дає можливість використання потужних економічних вітряних агрегатів, які більш ефективно використовують вітроенергетичний ресурс, дають можливість більш корисного використання виробленої електроенергії, значно спрощують систему керування ВЕУ.

ВЕУ, що працюють на енергосистему, становлять основу сучасної світової вітроенергетики. Їх доля складає 99% від сумарної потужності діючого вітроенергетичного парку. Це пов'язано з тим, що паралельна робота ВЕУ не потребує використання акумулюючих пристроїв і резервних джерел енергопостачання, які здорожують вартість обладнання більше ніж у два рази. Крім того, малі ВЕУ мають значно гірші економічні показники. Так, наприклад, ВЕУ з діаметром колеса до 5 м коштує 3-5 тисяч доларів за кВтгод, а ВЕУ з діаметром більше 15 м – 1-1.5 тисячі доларів за кВтгод. Тому державні дотації і податкові пільги в передових країнах розповсюджуються лише на ВЕУ, що працюють в складі енергосистем.

Існує два способи забезпечення паралельної роботи ВЕУ на енергосистему (рис.5.5): незмінна частота обертання (*a*) і змінна частота обертання (*б*). В обох випадках на виході в електромережу подається електроенергія змінного струму постійної частоти, але досягається це різними шляхами. В першому випадку – за рахунок стабілізації обертів генератора, в другому випадку – за допомогою перетворювача частоти (ПЧ). В системі з постійною частотою

обертання використовуються стандартні синхронна і асинхронна електричні машини.

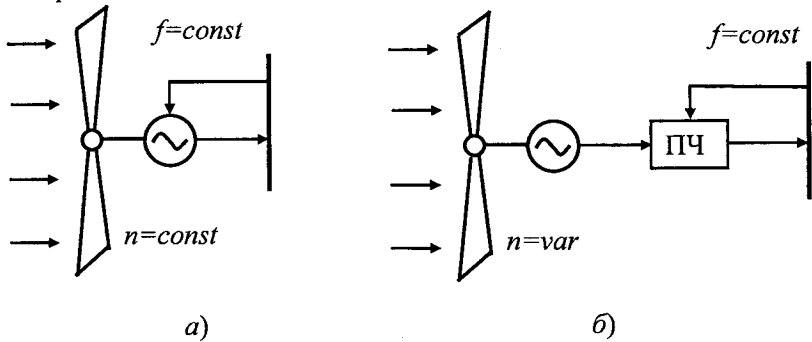


Рис. 5.5. Способи регулювання ВЕУ: а) – постійна частота обертання, б) – змінна частота обертання.

Найпростішим варіантом являється застосування синхронного генератора. Оскільки потужність енергосистеми набагато більша потужності ВЕУ, електрична машина буде знаходитись у стані стійкості в широкому діапазоні зміни механічної потужності вітроподвигуна, тобто при значних змінах швидкості вітру. Проте все ж при різких поривах вітру існує досить велика ймовірність випадіння із синхронізму, синхронна ж машина характеризується доволі складними процесами, і це є недоліком використання синхронних генераторів ВЕУ.

Використання асинхронних машин як генераторів ВЕУ дає можливість уникнення цієї проблеми, але асинхронна машина споживає реактивну потужність намагнічування з електромережі, що не становить значних проблем, але приводить до деякого збільшення втрат електроенергії, якщо не встановити компенсуючі пристрої, наприклад, батареї конденсаторів.

Важливою перевагою системи зі змінною частотою обертання вітротурбіни є її здатність до автоматичного регулювання, яке забезпечує максимум виробництва електроенергії. Найбільш перспективним являється напівпровідниковий випрямно-інверторний статичний перетворювач частоти. Такі перетворювачі широко застосовуються в світі в електропередачах постійного струму високої напруги. Але вони поки що досить дорогі, хоча і спостерігається стійка тенденція до їх здешевлення. Тому в наш час

перевага за ВЕУ на базі синхронних машин з їх високою надійністю, економічністю і добре налагодженою технологією виробництва.

Загальною тенденцією розвитку вітроенергетики є збільшення одиничної потужності ВЕУ. За таких умов необхідний аналіз паралельної роботи ВЕУ з традиційними електростанціями енергосистеми. Короточасні пориви вітру пов'язані з проблемою стійкості паралельної роботи ВЕУ, а більш тривалі зміни швидкості вітру викликають диспетчерські проблеми, зв'язані з плануванням розподілу потужностей між різними електростанціями і вибором структури генеруючих потужностей. Наявність значної частки ВЕУ загострює проблему покриття пікової частини графіка навантаження системи, оскільки непередбачувані вітрові умови вимагають використання ВЕУ, як і АЕС, для покриття базової частини графіка навантажень системи. В такому випадку потрібне збільшення частки ГЕС і ГАЕС, а також газотурбінних установок.

Крім використання у великій енергетиці ВЕУ знаходять свій ринок і в автономному електропостачанні відносно невеликих потужностей (рис. 5.6).

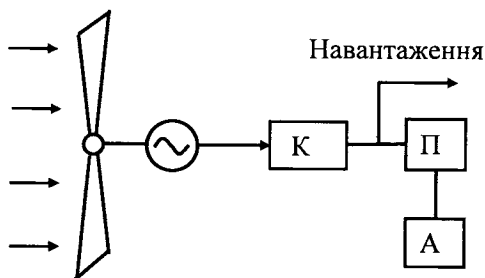


Рис. 5.6. Принципова схема автономної ВЕУ: К – контролер, П – перетворювач струму, А - акумулятор.

Необхідність безперебійного електропостачання користувачів в автономних системах вимагає застосування акумуляторних батарей. Оскільки акумуляторні батареї працюють на постійному струмі, а більшість споживачів потребують змінного струму, в складі автономної системи необхідно мати інвертор для перетворення постійного струму у змінний. Все це збільшує витрати, але значно спрощує конструкцію вітроагрегату. Вітроколесо виконується з жорстким закріпленням лопатей, і його частоту обертання визначає лише сила вітру і величина навантаження. Для захисту від бурі

вітродвигун оснащений спеціальним механізмом виведення його з роботи, що має досить просту конструкцію. Подібні автономні системи широко використовуються для електропостачання окремих будівель, котеджів, ферм, телекомунікаційних і метеорологічних об'єктів тощо.

Для автономного електропостачання досить потужних споживачів використовуються вітряно-дизельні електростанції (рис. 5.7), в яких частина навантаження покривається за рахунок енергії вітру, що забезпечує економію дорогого дизельного пального. Вітрогенератор працює паралельно з дизель-генератором на спільні збірні шини станції і не потребує акумулятора і інвертора. Режим роботи вітрогенератора не регулюється, що забезпечує простоту його конструкції.

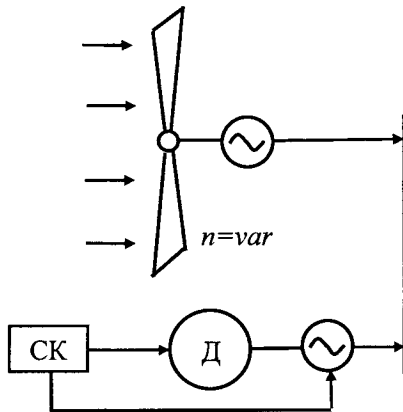


Рис. 5.7. Принципова схема вітряно-дизельної електростанції:
СК – система керування, Д – дизельний двигун.

Енергію вітру можна також використовувати для безпосереднього виконання механічної роботи. Цей напрямок, що широко використовувався в минулому, залишається актуальним і сьогодні, а в майбутньому, вважають, значення його буде зростати. Сучасні гоночні яхти, що використовують підйомну силу, дуже ефективні і можуть рухатись швидше вітру. Проектуються потужні судна з автоматизованим керуванням парусами, що практично не потребує ручної праці. Для пересування в гавані та поблизу берега використовуються ходові гвинти з приводом від ВЕУ. Особливо перспективне використання ВЕУ на поромках. Висока надійність і

економічність багатолопатевих вітровагунів дозволяє з високою ефективністю використовувати їх навіть при слабкому вітрі для створення запасів води районних міст, селищ, для поливу і водопостачання ферм та ін.

5.4. Біоенергетика

Величезним енергетичним ресурсом у всьому світі є біомаса. Всі ресурси біомаси складаються з природної біологічної сировини і вторинних біологічних ресурсів (рис. 5.8).

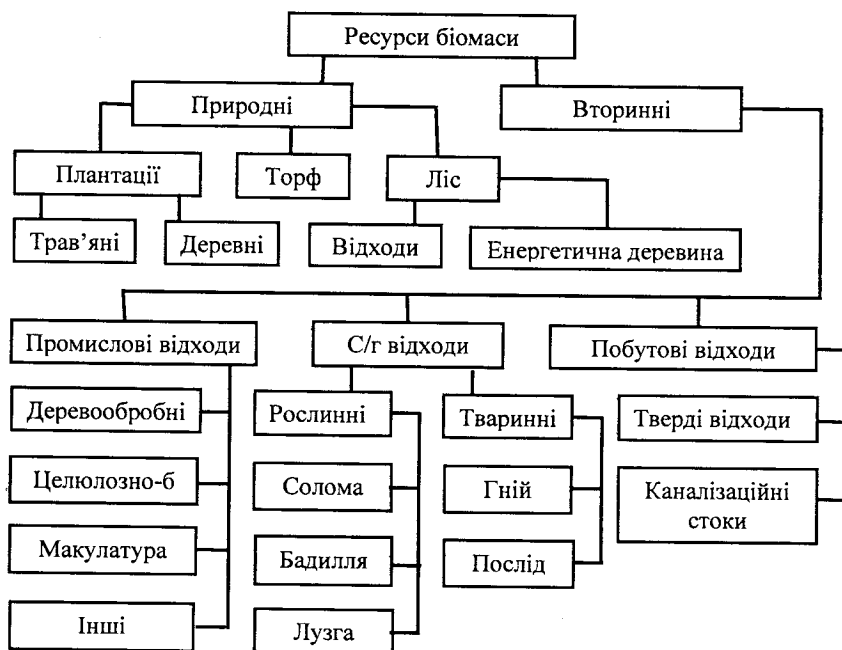


Рис. 5.8. Структура ресурсів біомаси

Біомаса – це органічна речовина тваринного, а також рослинного, походження, що постійно утворюється в результаті фотосинтезу. Щорічно на Землі в процесі фотосинтезу накопичується 150 млрд тон біомаси. Під час цього процесу засвоюється 300 млрд тон вуглекислого газу і виділяється 200 млрд тон вільного кисню. До біомаси відноситься також і органічна

частина твердих міських відходів, яких в середньому на планеті щорічно накопичується 330 кг на кожного мешканця. Щорічний приріст енергії біомаси багатократно перевищує сучасні потреби людства в енергії. Одні лише рештки дерев складають 85% енергії біомаси. Побутове сміття теж становить значну частку – 10%, рештки сільськогосподарського виробництва – майже 5%. Біомаса є четвертим за своїм значенням паливом у світі і складає 1250 млн тон у. п., тобто біля 15% всіх первинних енергоносіїв.

Прогноз Світової енергетичної ради на 2020 рік передбачає більше 40% біомаси в загальній структурі відновлюваних джерел енергії, тобто більше, ніж сонячна і вітрова енергія. Основним джерелом біомаси є ліс і сільськогосподарські рослини. В основі утворення біомаси лежить механізм фотосинтезу рослин, за допомогою якого сонячна енергія акумулюється, перетворюючись у хімічну. Завдяки фотосинтезу рослини щорічно акумулюють 200 млрд тон вуглецю, що на порядок перевищує сучасні енергетичні потреби людства.

Використання біомаси має бути максимально ефективним з мінімальними технологічними витратами та захистом і збереженням навколишнього середовища. Повинен використовуватись весь спектр різноманітних продуктів, який дає кожний вид біомаси. Так, наприклад, у виробництві цукру утворюються проміжні продукти: патока і волокниста речовина. Спалювання відходів дає тепло, яке можна використовувати для виробництва електроенергії, а попіл від спалювання можна повернути в ґрунт як добриво. З відходів соломи, рослинних волокон, хвої, листя і т. п. можна виробляти спирт.

Впровадження комплексної переробки біомаси забезпечить зростання національного доходу, збільшить зайнятість сільського населення, зменшить імпорт і задовольнить власні потреби. Доцільне виробництво біопалива в економічно оправданих масштабах забезпечить ритмічну роботу системи заготівлі дешевої сировини у вигляді дерево-обрізків і тирси на лісозаготівлях, гною на фермах, міських стоків, соломи злакових культур та багато ін.

Однак недопустимим слід вважати підхід екстенсивного використання біомаси шляхом поступового знищення лісів, ерозії ґрунту, зменшення виробництва продуктів харчування за рахунок збільшення виробництва біопалива. Слід зважати також на альтернативне використання біомаси в якості хімічної сировини або будівельних матеріалів, меблів тощо в інших галузях промисловості.

Біомаса переробляється з метою отримання тепла або палива більш високої якості. Враховуючи види виробництва кінцевого продукту (тверде, рідке чи газоподібне паливо), існують різні способи переробки біомаси: термічні, хімічні, термохімічні, біологічні і біохімічні. Вибір того чи іншого способу переробки залежить від виду біомаси, виду палива, економічної та екологічної доцільності. Якість біопалива визначається вмістом вуглецю і вологи. Матеріал є сухим, якщо в ньому залишається не більше 10-15% вологи.

Існують різні технології перетворення біомаси в паливо: 1) отримання сухого гомогенного палива, 2) піроліз біомаси при температурі 450-550 °С без доступу повітря з метою отримання деревного вугілля (коксу), окису і двоокису вуглецю, водню, пари води та ін.; 3) газифікація біомаси шляхом часткового спалювання в умовах обмеженої кількості кисню при температурі 800-1000 °С під тиском 1-10 МПа з метою отримання синтез-газу в складі окису вуглецю, водню та метану; 4) спиртова ферментація за допомогою мікроорганізмів з метою виробництва етилового спирту як альтернативи використанню бензину; 5) анаеробна переробка біомаси без кисню (бродиння) з метою отримання біогазу у вигляді суміші метану, вуглекислого газу та супутніх газів.

Протягом мільйонів років біомаса накопичувалась в надрах Землі у вигляді кам'яного вугілля. Вивільнений в процесі трансформації біомаси природний газ накопичувався в осадовому шарі земної поверхні. Тваринні рештки поступово бітумізувалися і перетворювалися в рідкі вуглеводні. Всі види палива органічного походження класифікуються наступним чином. Біомаса відноситься до поновлюваних джерел енергії. Торф є умовно поновлюваними копалинами. Решта паливних копалин: вугілля, сланці, нафта і природний газ відносяться до непоновлюваних джерел енергії. Доступних ресурсів нафти і газу вистачить не більше як на 100-150 років. Ресурси ж кам'яного вугілля оцінюються на 1000-2000 років.

Виробництво енергії шляхом спалювання палива призводить до накопичення вуглекислого газу в атмосфері. Тому всі країни світу повинні проводити політику зменшення викидів вуглекислого газу за рахунок підвищення ККД енергоустановок і зменшення енергозатрат в процесі товарного виробництва. Інший шлях полягає в збільшенні зелених насаджень, підвищення культури і зеленого виховання населення.

Біоенергетика – це галузь промисловості, яка забезпечує перетворення хімічної енергії біомаси в теплову, електричну або механічну енергію. До складу енергетичної біомаси відносяться торф, відходи деревини, технічні енергоємні сільськогосподарські рослини, відходи сільського господарства та промислових виробництв, рештки життєдіяльності і тверді побутові відходи.

Біоенергетика має ряд переваг перед використанням традиційних джерел енергії. Це практично невичерпні ресурси завдяки щорічному їх самовідновленню, можливість щорічного збільшення виробництва біопалива, перспективи покращення природного балансу земних екосистем, тенденція зниження ціни виробленої енергії за рахунок локалізації її виробництва. Біоенергетика посідає сьогодні провідне місце і серед інших поновлюваних джерел енергії. До 2020 року передбачається доведення виробництва зеленої енергії в Європі до 20% в загальній структурі енергетичного виробництва.

В залежності від способу окислення біомаси і використання отриманої енергії біоенергетика поділяється на ряд умовних сфер: пряме спалювання облагородженої біомаси у вигляді пелетів та брикетів, хімічне перетворення біомаси в високоенергетичний газовий продукт, термічний піроліз та анаеробне бродіння біомаси з отриманням метану, неповне спалювання біомаси з отриманням синтез-газів, виробництво водню шляхом подальшого використання синтез-газу. Для сухої біомаси найбільш ефективними є технологія прямого спалювання, газифікація і піроліз. Для вологої біомаси – біохімічні технології анаеробного розкладання органічної сировини з отриманням біогазу і рідкого біопалива за допомогою процесів бродіння.

Проміжні енергоносії дуже часто використовуються не лише для спалювання в енергоустановках, але і для синтезу більш ефективних енергоємних і технологічних паливних продуктів: бензину, дизельного палива із маслянистих сільськогосподарських культур (рапс, соняшник, льон), біоетанолу із цукрово-крохмальних рослин шляхом їх мікробіологічного бродіння і перегонки, а також із рослинної клітковини травних і деревних рослин шляхом попередньої ферментації і наступного бродіння. Структура товарних продуктів біоенергетики і технологій енергетичної переробки біомаси показано на рис. 5.9.

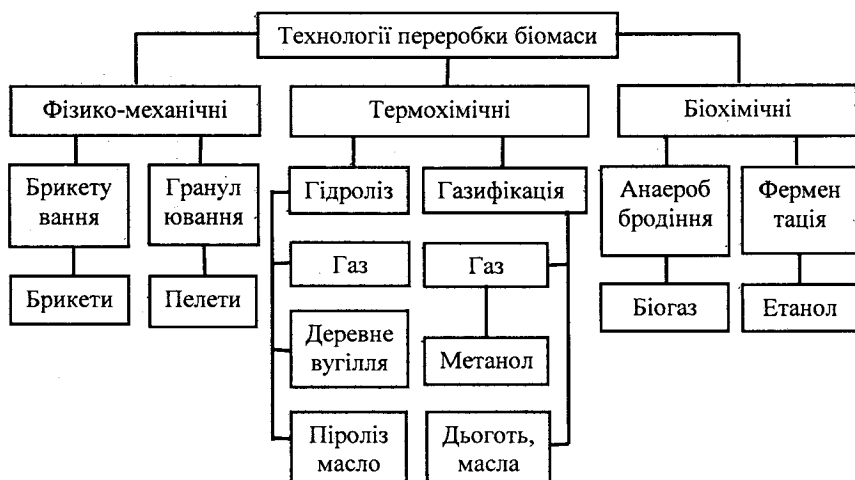


Рис. 5.9. Структурна схема виробництва продуктів біоенергетики

Головні напрямки науково-технічних розробок у біоенергетиці здебільшого залежать від особливостей регіонів, серед яких слід виділити: оптимізацію агротехніки вирощування і первинної переробки енергетичних рослин, концентрацію біомаси біля місць її виробництва для здешевлення зберігання і транспортування при виробництві паливних пелетів і брикетів за новітніми технологіями, удосконалення процесів окислення і підвищення ККД обладнання, створення індустрії виробництва моторного біопального, його постачання кінцевим користувачам, удосконалення технології і обладнання для використання біопалива.

Властивості біопалива змінюються в широкому діапазоні, і це потребує використання різноманітних способів спалювання твердого палива, серед яких можна виділити пиловидне спалювання деревних пиловидних відходів і рідкого палива, шарове спалювання з використанням нерухомих і механізованих ґрат, спалювання в бульбашковому і циркулюючому киплячому шарі, газифікація палива з подальшим спаленням утворених газів в газомазутних котлах. Для кожної технології спалювання існує відповідний діапазон потужностей, в якому використання даної технології є найбільш економічно доцільним в умовах рівнозначної автоматизації. Області використання: приватні і багатоповерхові

будинки, котли централізованого опалення, промислові котли, котли для спалювання побутових відходів, промислові енергетичні котли великої потужності.

Топки з нерухомими ґратами під кутом нахилу 30-40°, який забезпечує рух палива вздовж ґрат до низу з зони підсушування до зони горіння. Колосникові похилі ґрати орієнтовані вздовж, а східчасті – поперек руху палива. Східчасті ґрати кращі при спалюванні тирси і вологого палива. Існують конструкції топок з конусною формою ґрат. Топки з механізованими ґратами забезпечують більш рівномірне розміщення шару палива на ґратах і більш ефективний процес горіння і зниження шкідливих викидів в атмосферу. Для спалювання вологого палива поверхні топок виготовляють із керамічних матеріалів, робоча температура яких досить висока, щоб випромінюване тепло забезпечувало сушку палива і створювало відповідні умови горіння.

Пряме спалювання – найбільш простий старовинний спосіб енергетичного використання біомаси. Теплова енергія спалюваної біомаси може використовуватися як для опалення і гарячого водопостачання, так і для виробництва електричної енергії і пари. Головним недоліком такого способу є низька ефективність процесу, оскільки більша частина тепла втрачається. На підприємствах лісової і деревообробної промисловості часто для спалювання деревних відходів використовуються звичайні котли для спалювання вугілля, газу чи мазуту. При одночасному спалюванні вугілля і біомаси зменшується собівартість отриманої енергії і поліпшується екологічна ситуація за рахунок зменшення викидів шкідливих речовин в атмосферу. Однак ККД все ж залишається досить низьким.

Для ефективнішого використання біомаси необхідна розробка спеціальних котлів, які б забезпечували більш повне використання як газової, так і вуглецевої складової, що утворюються при горінні палива. Чим більша частина хімічної енергії палива передається теплоносієві (воді) в котлі, тим вища ефективність котла. Найкращі конструкції котлів досягають ефективності 80-90%.

Асортимент обладнання для спалювання деревини і деревних відходів значно різниться по типу палива, потужності, економічності, рівню автоматизації подачі палива і регулюванню процесів горіння, видам енергії і багато чому іншому. Для спалювання деревних відходів широко використовуються топки

низькотемпературного киплячого шару. Для спалювання подрібнених дерев і рослинних відходів (лузги, тирси, шліфувального пилю тощо) ефективніше використання вихрових топок.

Дуже популярним видом палива є брикети, які виробляються з відходів деревини. В основі технології виробництва брикетів лежить процес пресування мілко подрібнених відходів деревини під високим тиском при нагріванні. Брикети – екологічно чистий продукт, який не містить в собі хімічно активних речовин. В'яжучим елементом служить лігнін, який міститься в клітинах самих рослин. При згоранні брикетів вуглекислого газу і золи та попелу викидається в навколишнє середовище в десятки разів менше, ніж при спалюванні вугілля. В той же час деревні брикети за теплотворною здатністю (4400 ккал/кг) наближаються до кам'яного вугілля (4900 ккал/кг) і перевищують буре вугілля (3910 ккал/кг). Для виготовлення паливних брикетів можна використовувати не тільки відходи дерева, тирсу, але і відходи рослинництва (лузгу соняшнику, рису, гречки, льону), а також, як домішки, вугільний відсів. Область використання брикетів – котли, печі, каміни на твердому паливі.

Інша високо ефективна технологія застосування деревних відходів оснований на виготовленні паливних гранул. Деревні гранули (пелети) представляють собою нормовані пресовані циліндрики з висушеної деревної муки. Виробляються під високим тиском без використання хімічних в'яжучих. Можуть вироблятися і з інших видів біомаси: соломи, сіна, торфу і ін. Використання пелет як палива дозволяє повністю автоматизувати процес отримання потрібної кількості теплової енергії так само як і при використанні природного газу чи мазуту. Очевидність переваг пелет робить цей вид палива дуже затребуваним у всьому світі. Одна тонна пелет може коштувати на ринках Європи 100 євро і більше. Данія, наприклад, забезпечує половину всього споживання енергії за рахунок біопалива.

Топки з киплячим шаром (рис. 4.3) функціонують в умовах дуття. Створюються умови, при яких шар палива за рахунок сили тиску газового потоку розширюється, частинки палива кружляють і інтенсивно змішуються в повітряному потоці. Здається шар починає кипіти, звідси і назва процесу – бульбашковий киплячий шар. Він має властивості псевдорідини, тобто характеризується в'язкістю і текучістю. В киплячому шарі повітряним потоком виводяться волога, леткі, попіл. Дрібні частинки палива згорають разом з

леткими в топковому об'ємі над киплячим шаром. Різновидом є топка з циркуляційним киплячим шаром, в якій за допомогою циклонного сепаратора тверда фаза (частинки палива) відокремлюється від газового потоку і повертається назад у топку.

Технологія киплячого шару використовується для спалювання біопалива, торфу і відходів. Технологія киплячого шару дає можливість спалювання низькосортних палив і зменшення викидів шкідливих речовин в атмосферу. Температура в киплячому шарі порівняно невисока порядку 850 °С, при якій практично відсутнє плавлення золи і шлаку топки. Зменшуються і викиди окислів азоту, а добавка в якості сорбенту вапняку дозволяє зв'язати сірку з золою при спалюванні високо-сірчистих сортів палива. Загальною вимогою при спалюванні палива в киплячому шарі є перетворення його в грануло-подібний стан. При спалюванні торфу і біопалива бульбашковий киплячий шар формується в присутності інертного матеріалу. Зазвичай це кварцовий пісок, підігрітий за допомогою газу чи мазуту горілок до температури 600 °С. Можливе створення киплячого шару частками самого палива і його попередніх залишок.

Технологія циркуляційного киплячого шару може використовуватись і для енергетичних котлів великої потужності, що працюють на біомасі. Досвід показує, що технологія киплячого шару економічно доцільна для використання на установках середньої потужності 15-40 МВт, а газифікація циркуляційного киплячого шару більше підходить для потужних установок 40-100 МВт.

Піроліз – дуже древня технологія перетворення одного виду палива в інший з метою покращення його енергетичних характеристик. Оснований він на термохімічній переробці біомаси без доступу кисню при температурі 300-800°С. В результаті видалення летючих фракцій отримують деревне вугілля, теплотворна здатність якого в 2 рази більша, а об'єм на третину менший, ніж в біомасі. Деревне вугілля може використовуватись як побутове паливо, а також для технологічних потреб у металургії, фармакологічній промисловості та ін.

Сучасні високотемпературні технології дозволяють використовувати також газоподібні і рідкі продукти піролізу. Серед газоподібних продуктів найбільш важливим є метан, який використовується для виробництва електроенергії за допомогою вискоефективних газових турбін. Необроблене рідке піролізне паливо представляє собою чорну густу смолянисту рідину, вихід якої може досягати

80% маси сухої сировини. Використовується як заміник котельного палива, а також в газових турбінах і дизельних двигунах. Завдяки відносно низькій температурі протікання піролізу в атмосферу попадає лише незначна частина забруднюючих речовин, і це основна перевага піролізу також і при переробці відходів.

В процесі піролізу (рис. 5.10) здійснюється перетворення твердої біомаси в калорійне тверде чи рідке паливо, яке ефективно використовується для отримання тепла.

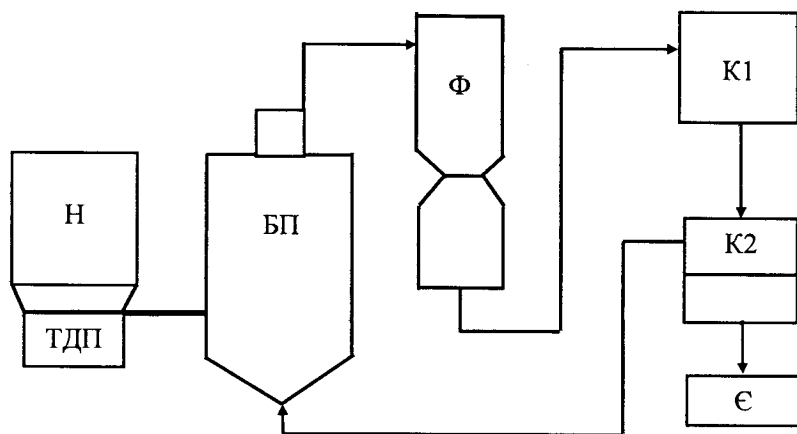


Рис. 5.10. Структурна схема піролізної установки: Н – накопичувач, ТДП – транспортно-дозувальний пристрій, БП – блок піролізу, Ф – фільтр, К1, К2 – конденсатори, Є – смінь.

Первинною сировиною можуть бути деревина, відходи, сміття, вугілля. Продуктами сучасних піролізних установок є кокс та рідкий конденсат у вигляді смоли, дьогтю або олії, а також цінних газів. Масова частка твердого компоненту становить 25-35% сухої біомаси, масова частка рідкого компоненту становить близько 30%, решта – суміш газів азоту, водню, окису і двоокису вуглецю та метану, яку ще називають деревним, синтетичним або генераторним газом.

Газифікація – інший ефективний спосіб переробки біомаси (рис. 5.11). Отриманий біогаз використовується в котельних, газових турбінах і двигунах внутрішнього згорання. Технологічно газифікація полягає в спалюванні деревини або іншої біомаси в

умовах відсутності або недостатньої кількості кисню в спеціальних топкових пристроях (газогенераторах), що обмежують доступ кисню зовні.

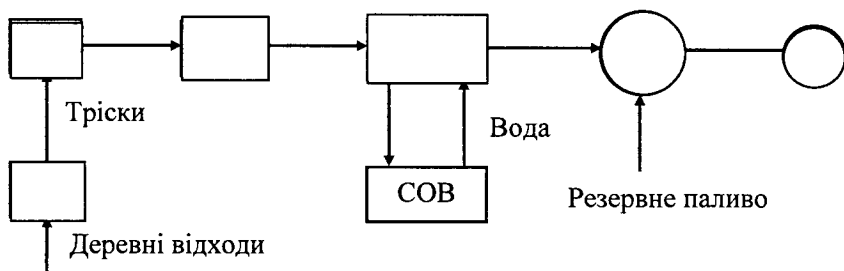


Рис. 5.11. Структурна схема газогенераторної електростанції:
 РМ – рубальна машина, СУ – сушильна установка, ГГ – газогенератор,
 СОГ – система очищення газу, СОВ – система очищення води, ГТ –
 газова турбіна.

Під дією тепла розриваються зв'язки в молекулах складних органічних вуглеводнів з утворенням метану, метилового газу, водню, окису вуглецю, деревного спирту і вуглецю. Кількість метану, найбільш цінного енергетичного продукту, може досягати 75%. Метиловий газ може спалюватись безпосередньо, або після перетворення в метанол використовуватись як високоефективне рідке синтетичне паливо в двигунах внутрішнього згорання. Газотурбінні електростанції з установками газифікації біомаси працюють з ККД 40-45%, тобто значно ефективніше, ніж електростанції, що працюють на вугіллі. Крім того, в них значно менші викиди окислів сірки в атмосферу. Біомаса має дуже високу здатність до газифікації, що робить її значно ефективнішою від вугілля.

Газифікація біомаси може розглядатися як альтернатива пальному з нафтопродуктів, що має тенденцію до подорожчання. З'являються газифікаційні установки, які використовуються для виробництва електроенергії. Газифікація палива низької якості використовується для виробництва високоякісного чистого палива. Процес газифікації умовно поділяється на 4 етапи: сушіння, піроліз, окислення і відновлення. Для підвищення ККД газифікації застосовують паро-кисневе або паро-водневе дуття. В зоні газифікації здійснюється конверсія з утворенням водню. Процес

газифікації здійснюється в спеціальних апаратах, які називаються конверторами, реакторами, газогенераторами і газифікаторами.

При повітряній газифікації виробляється низькокалорійний генераторний газ з теплою згорання 4-6 МДж/м³. Цей газ можна спалювати в котлах або, після очищення, в газових двигунах і турбінах, але транспортувати його в трубопроводах економічно невигідно. Газифікація з використанням кисню дає середньокалорійний газ з теплою згорання 10-12 МДж/м³, який можна транспортувати на невеликі відстані. Його можна використовувати для синтезу метанолу і газоліну. За допомогою парової (піролітичної) газифікації може бути отриманий середньокалорійний газ з теплою згорання 15-20 МДж/м³. Це двоступеневий процес, що відбувається в двох реакторах киплячого шару.

Повітряні технології поділяються на газифікацію з висхідним і низхідним рухом газу і газифікацію в потоці. Характерним для реакторів з низхідним рухом є рух газу вниз через щільний шар сировини, що повільно опускається вниз. Технологія забезпечує вихід відносно чистого генераторного газу, який може використовуватися в газо-дизельних електростанціях малої потужності. В газифікаторах щільного шару з висхідним рухом біомаса спочатку просушується генераторним газом, що рухається вгору. Потім тверда сировина піролізується з утворенням вуглистої речовини, що далі рухається вниз і проходить стадію газифікації. Побічні продукти піролізу і смоли захоплюються гарячим генераторним газом. Внаслідок значного забруднення генераторний газ без додаткового очищення можна спалювати лише в котлах безпосереднього розташування.

Характерною особливістю газифікації з киплячим шаром є високі швидкості переносу маси і тепла та можливість перемішування твердої фази, що забезпечує високу швидкість реакції при майже незмінній температурі шару. При цьому необхідне додаткове подрібнення палива. При газифікації в циркулюючому киплячому шарі частинки, захоплені потоком генераторного газу, відокремлюються в циклоні і повертаються назад в шар, що підвищує ступінь конверсії вуглецю. Така технологія може бути реалізована як при атмосферному, так і при підвищеному тиску.

Установки, що працюють під тиском, суттєво ефективніші, але і більш складні і вартісні. Переваги цієї технології проявляються при

використанні її в потужних парогазових турбінних установках з внутрішньо-цикловою газифікацією біомаси. Установа з двома реакторами киплячого шару дає можливість отримання генераторного газу з більшою теплотою згорання, ніж у простих реакторах з киплячим шаром і повітряним дуттям. Схема функціонування першого реактора подібна до піролізера. Тепло привноситься гарячим піском, що циркулює між двома реакторами. Суміш генераторного газу, чистої речовини, золи і піску із газифікатора поступає в циклон, де тверда фракція відокремлюється і попадає в другий реактор з киплячим шаром. Вуглецева речовина частково розпадається і згорає, а гарячий пісок повертається в перший реактор. Генераторний газ має високу теплоту згорання, але містить багато смол.

При газифікації в потоці частинки сировини, захоплені потоком окиснювача (кисню чи пари), проходять по всій довжині реактора, де відбувається процес газифікації. Отриманий генераторний газ містить значно меншу кількість смол. Серед інших конструкцій реакторів можна відзначити реактор з механічним переміщенням шару сировини (похилий шар, багатокамерна піч, шнекова піч). Реактори з обертовою піччю використовуються для переробки відходів, що потребують хорошого контакту газу з твердою частиною за допомогою перемішування сировини. Циклічний реактор відрізняється простотою конструкції і в той же час забезпечує високу швидкість руху сировини і протікання реакцій.

Розглянемо термохімічні явища в газифікаторі шахтного типу. Верх газифікатора закритий і повітря в нього не проникає. В процесі газифікації утворюються 4 реакційні зони: окислення, відновлення, піролізу і сушки (рис. 5.12). Кількість утвореного метану залежить від температури і тиску в процесі термохімічної реакції. Високий тиск і низька температура процесу сприяють утворенню метану. Кількість повітря, що нагнітається в зону окиснення, менша, ніж потрібно для окиснення, продукти згорання містять невелику кількість кисню або не містять його зовсім і створюються сприятливі умови для протікання піролізу, вуглецева сировина розпадається з утворенням паливного газу низької чи середньої теплоти згорання.

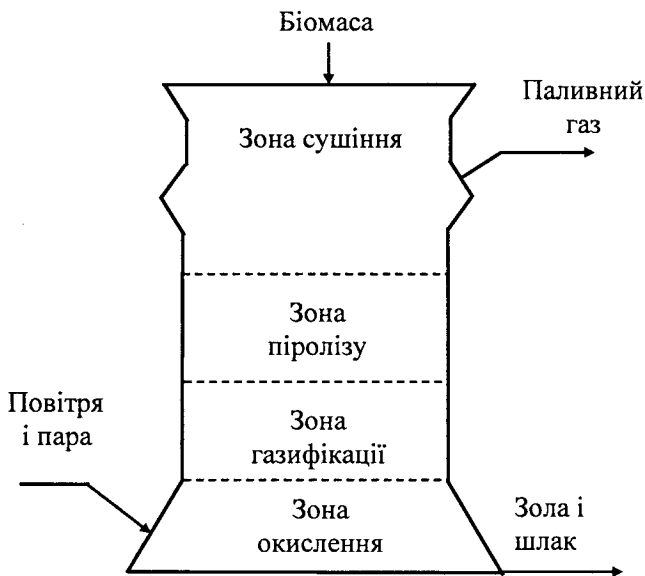


Рис. 5.12. Конструкція біогазового реактора шахтного типу

Газогенератор являє собою вертикальний циліндр, обмурований всередині вогнестійкою цеглою, в який може загрузатися широкий асортимент сировини: деревина, сільськогосподарські і деревні відходи, водорості, тверді міські відходи та ін. Термохімічна газифікація полягає в частковому окисленні сировини, що містить вуглець – біомаси, торфу чи вугілля – з метою отримання генераторного газу як енергоносія при температурі 800-1300 °С. Генераторний газ складається з окису вуглецю, водню, метану, двоокису вуглецю, вуглеводневих сполук і різних домішок. В якості окиснювачів при газифікації можна використовувати повітря, кисень і пару.

Анаеробне бродіння також являється розкладанням органічних речовин при відсутності кисню, але на відміну від піролізу процес відбувається під дією бактерій, а не високої температури. Технологія ця універсальна і може використовуватись для будь-яких вихідних біологічних матеріалів. Її ефективність з підвищенням температури і вологості тільки збільшується. Хімічний процес відбувається в декілька стадій. Отриманий при бродінні біогаз містить 60-70% метану, біля 30-40% вуглекислого газу, а також

невелику кількість сірководню, водню, аміаку і окислів азоту. Для промислового виробництва біогазу використовують спеціальні метантенки, які наповнюють біомасою, відходами тваринництва та стічними водами. Залишки, що утворюються після отримання біогазу, містять значну кількість поживних речовин і можуть бути використані як органічне добриво.

Анаеробна ферментація органічних речовин використовується для отримання біогазу. В цьому процесі при температурі 25 °С відбувається розкладання органічних речовин метановими бактеріями за сприятливих умов для їх життєдіяльності, – це відсутність кисню і світла, наявність азоту, лужне середовище, висока вологість. На першому етапі бактерії перетворюють високомолекулярні органічні з'єднання в низькомолекулярні. Нерозчинні біологічні матеріали (целюлоза, жири, полісахариди) розкладаються на вуглеводи та жирові кислоти. Кислотні бактерії продукують оцтову і пропіонову кислоти. Тривалість першого етапу становить приблизно 2 доби. На другому етапі, який триває приблизно 14 діб, метанові бактерії синтезують необхідний для їх діяльності кисень з молекул кислот з виділенням метану і вуглекислоти з домішками водню та сірководню. Найбільший вплив на утворення біогазу має оптимальна температура.

Біогазові установки призначені для екологічно чистої безвідходної переробки біомаси або органічних відходів з отриманням біогазу. Біогаз утворюється в процесі анаеробного розкладу (в умовах відсутності кисню) органічних субстратів внаслідок обміну речовин бактерій і складається з метану і вуглекислого газу. Його ще називають газ-метаном, каналізаційним або болотним газом. З 1 тони сухої речовини відходів можна отримати 350-500 м³ біогазу. Для промислового використання потрібне додаткове очищення біогазу від сірки, пари і вуглекислого газу. Після такої очистки він стає аналогічним природному газу (90-95% метану), і його можна використовувати як природний газ, – накопичувати, транспортувати газопроводом, спалювати для виробництва тепла і електроенергії або використовувати для заправки автомобілів. Собівартість газу від такої біологічної установки 15-20 євро за тисячу кубометрів. Сьогодні існує широка мережа метанових заправних станцій. В умов подорожчання дизельного пального використання метану стає дедалі більш вигідним.

Побічним продуктом біогазових установок є екологічно чисте органічне добриво натурального типу, яке містить багато біологічно активних речовин і мікроелементів, що можуть підвищувати урожайність на 50%. Головною перевагою цього добрива є збалансованість всіх елементів живлення, високий рівень гуміфікації органічних речовин і зручність використання. Утилізація відходів покращує екологічний стан сільськогосподарських районів і промислових зон. Використання біогазових установок дозволяє на 50% знизити енергетичні витрати на знищення насіння бур'янів, дезодорацію і зниження антропогенного навантаження на навколишнє середовище. Ще один побічний продукт – вуглекислий газ – теж є досить цінним товаром і приносить прибуток, використовуючись в газоподібному чи в зрідженому стані.

Основою ферментації є створення максимальних умов життєдіяльності бактерій. Сучасні біоенергетичні установки складаються з таких основних систем: приготування і подачі сировини, реактор (метантенк) з автоматичною підтримкою температури і лужності в його середовищі, системи зберігання газу (газгольдер) і його використання, системи видалення і транспортування шламу від метантенка. Метантенк може мати вертикальну або горизонтальну конструкції, але повинен бути водо- і газонепроникним, стійким до дії кислот. Він може бути виготовлений зі сталі, бетону, пластмаси чи інших матеріалів, які задовольняють зазначеним вимогам. Речовини, що знаходяться в метантенку, мають періодично перемішуватись механічним або гідравлічним способом чи просто самим утворюваним газом.

На рис. 5.13 показана схема біогазової установки.

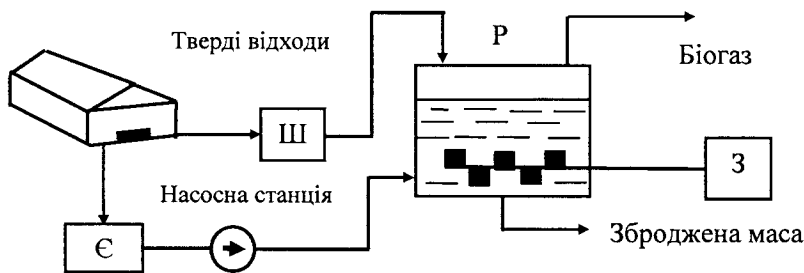


Рис. 5.13. Схема біогазової установки: Р – реактор, Ш – шнек, Є – смішувач для рідких відходів, З – змішувач.

Рідкі біологічні відходи перекачуються в установку фекальним насосом по трубопроводу в накопичувальну ємність, в якій відбувається гомогенізація маси і доведення до необхідної температури. Каналізаційні насоси станції (КНС) знаходяться в спеціальному технологічному приміщенні. Тверді відходи постачаються транспортною стрічкою чи трактором і теж завантажуються в ємність з рідкими відходами і перемішуються з ними.

Із ємності гомогенізована біомаса подається в реактор (метантенк або ферментатор). Це газонепроникний, герметичний резервуар з кислотостійкого залізобетону або нержавіючої сталі, теплоізольований шаром утеплення. Всередині реактора підтримується незмінна оптимальна для мікроорганізмів температура (30-41°C). Перемішування біомаси здійснюється в залежності від типу сировини, вологості та інших параметрів. Термін функціонування реактора більше 30 років.

Підігрів реактора здійснюється теплою водою 60°C, на виході з реактора температура води знижується до 40°C. Система підігріву складається з мережі трубок всередині стін реактора або на його внутрішній поверхні. Середній час відстоювання біомаси в реакторі становить 20-40 днів, а для деяких видів час бродіння може становити 100 і більше днів. Період бродіння біомаси визначається об'ємом реактора.

Всю роботу по переробці відходів виконують анаеробні мікроорганізми, які вводяться в реактор у вигляді концентрату, свіжого гною та ін. Ці мікроорганізми не приносять шкоди людині або тварині і навіть корисні. До того ж реактор – надійна і герметична система, тому біологічна установка ферментації може розміщуватися в безпосередній близькості до ферми або виробництва.

Біогаз накопичується в ємності для зберігання газу – газгольдері, що являє собою міцну мембрану, яка може розтягуватися. Матеріал мембрани стійкий до сонячного світла, опадів. Термін роботи газгольдера 15 років. Газгольдер герметично покриває реактор зверху, а над газгольдером є ще додатковий тент покриття. Між газгольдером і тентом нагнітається повітря для підтримування тиску і теплоізоляції. Запасу ємності газгольдера вистачає на 1 добу роботи реактора.

Із газгольдера біогаз безперервно подається в енергоустановку, що виробляє тепло і електроенергію. Всією системою керує автоматика. Для обслуговування досить 1 працюючого на 2 години в

день. Якщо потрібен газ для заправки автомобілів, установка доукомплектується системою очистки і метановою заправною станцією. Якщо біологічною сировиною служить спиртна чи пивна брага, використовується двостадійна технологія з додатковим реактором гідролізу.

Біля 99% пального, що використовується в автомобільному транспорті, виробляється з нафти, і потреба в ньому безперервно зростає. З іншого боку видобуток нафти стає дедалі складніший, а розвідані запаси вже не поповнюються. Платою за безоглядне використання природної нафти для людства є постійне зростання ціни на автомобільне паливо і погіршення екологічної ситуації внаслідок викидів токсичних речовин від двигунів внутрішнього згорання. Все це створює умови для існування комерційних технологій виробництва альтернативних видів пального з біомаси. Найбільш поширеними сьогодні є два види біологічного пального: біоетанол і біодизель.

Етиловий спирт (етанол) C_2H_5OH одержують бродінням цукру у присутності мікроорганізмів (дріжджів) у кислому середовищі. Для одержання спирту високої концентрації шляхом спиртової ферментації (рис. 5.14) використовують процес перегонки та фракціонування.

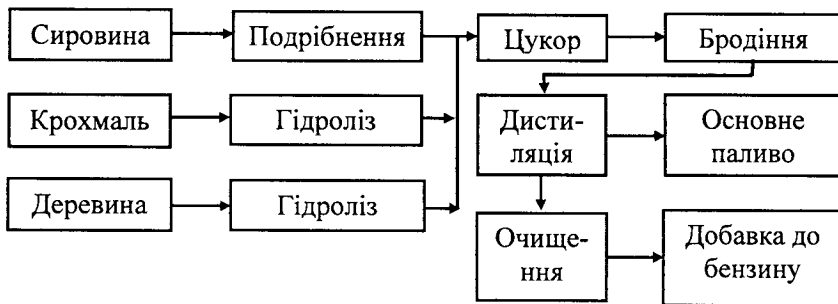


Рис. 5.14. Структура процесів спиртової ферментації

Безводний етанол у промислових умовах одержують перегонкою з бензолом, який служить розчинником. Етанол, як спиртове паливо, може використовуватися самостійно для заправки автомобілів, або як добавка до бензину. Етанол у суміші з бензином у відношенні 1:10 використовується для заправки бензинових двигунів. Заправляють звичайні бензинові двигуни також газохолом,

це суміш безводного етанолу і бензину у відношенні 1:5. Порівняно з чистим бензином зростає потужність двигуна на 20%. Безводний етанол не забруднює атмосферу свинцем. Додаток етанолу не приводить до збільшення споживання пального.

Технологія виробництва біоетанолу аналогічна технології виробництва звичайного харчового спирту для виготовлення алкогольних напоїв. Оскільки при виробництві паливного етанолу не потрібне ретельне очищення від сивушних масел, він виробляється за спрощеною технологією. Завод з виробництва етанолу має лише 2 ректифікаційні колони замість 5 на спиртозаводі. Зате паливний етанол майже не містить води, тому для додаткового обезводнення використовуються спеціальні молекулярні сита.

Важливим соціальним аспектом розвитку технологій виробництва біологічного пального є те, що сировина для його отримання являється сільськогосподарською культурою. Україна з її величезними площами чорнозему і великою кількістю мало зайнятого сільського населення має величезний потенціал для розвитку цього сектору економіки. Існує багато видів доступної сировини, з якої можна виробляти спирт, це кукурудза, картопля, буряк, цукрова тростина, пшениця та багато ін.

Іншим цінним видом біологічного пального є біодизель. Це ефіри рослинних олій або тваринних жирів, які отримуються в результаті хімічної реакції олії та жиру з метиловим і етиловим спиртами. Продуктами реакції являються моноефіри, відомі як метиловий і етиловий ефіри жирних кислот (біодизель) і гліцерин, що використовується у виробництві мила та в фармакології. Найбільш поширеною сировиною для виробництва біодизелю в Європі є ріпак, а на Американському континенті – соя.

Технологія виробництва біодизелю досить проста і доступна в умовах будь-якого сільськогосподарського підприємства і навіть фермерського господарства. Не потрібно і великих інвестицій, пов'язаних з будівництвом великих заводів. Будь-яка олія – це суміш тригліцеридів, тобто ефірів, з'єднаних з молекулою гліцерину трьохатомним спиртом. Саме гліцерин і додає в'язкості і густини олії. Отже, при виготовленні біодизелю потрібно видалити гліцерин, замінивши його спиртом. Цей процес називається трансестерифікацією. З 1 т олії і 111 кг спирту в присутності 12 кг

каталізатору виходить приблизно 1 т біодизелю і 150 кг первинного гліцерину.

Біодизель може використовуватися в дизельних двигунах як самостійно, так і в суміші зі звичайним дизельним паливом без жодних конструктивних змін двигуна. Важливим достоїнством біодизелю крім очевидних екологічних переваг є його чудові мастильні характеристики. Як показали випробування, збільшується термін експлуатації як самого двигуна, так і паливного насоса більш ніж на 60%.

5.5. Гідроенергетика

Водні енергоресурси Землі невичерпні. Величезним акумулятором енергії є Світовий океан, який поглинає більшу частину сонячної енергії. Давно вже навчилися люди застосовувати енергію рік. Більше 2000 років користуються люди водяним млином. Пристрій, в якому енергія води використовується для виконання певної роботи, називається гідравлічним двигуном (гідротурбіною).

В сучасних гідроелектричних станціях (ГЕС) великі маси води направляються з великою швидкістю на лопаті турбін. Вода протікає через регулюючі заслінки по трубопроводу в турбіну, над якою на спільному валу установлений генератор. Механічна енергія води за допомогою турбіни передається генератору і перетворюється в електроенергію. Виконавши роботу, вода стікає в ріку через тунель і втрачає свою швидкість.

ГЕС класифікуються за потужністю на великі, середні і малі (дрібні). За перепадом рівня води розрізняють високого, середнього напору і низьконапірні ГЕС. Витрати на будівництво великих ГЕС дуже високі, але вони швидко окупаються тим, що джерело енергії, вода, практично безплатне і невичерпне. Велика потужність гідротурбіни має місце при малій швидкості обертання ротора (100 об/хв), тому сучасні гідротурбіни вражають своїми розмірами.

Переваги ГЕС полягають у постійному поновленні запасів енергії, простоті експлуатації, відсутності забруднення навколишнього середовища (якщо не брати до уваги проблеми водосховищ). Але будівництво греблі потужної ГЕС є дуже складним завданням. Для генерації великої кількості електроенергії потрібно накопичувати в штучному водосховищі велику кількість

води, яка покриває дуже часто під собою величезну територію родючих ґрунтів.

Гідроенергетичні ресурси посідають значне місце серед інших енергоресурсів. Відсутність паливної складової у вартості електроенергії забезпечує значні переваги ГЕС у порівнянні з ТЕС. Але не весь гідроенергетичний потенціал річок може бути використаний для виробництва електроенергії. Гідроенергетичний потенціал поділяється на валовий, технічний і економічний. Він може з часом змінюватися в результаті уточнення гідрологічних розрахунків. Особливо чутливим до змін соціально-екологічних факторів, зростання вартості викопного палива є технічний і економічний потенціали.

ГЕС, що функціонують у складі енергосистем, належать до категорії поновлюваних джерел електроенергії. Для створення достатнього напору води необхідне, як було зазначено, спорудження величезних гребель і водосховищ, що потребують грандіозних капіталовкладень і супроводжуються значними екологічними втратами для регіону. Гребля порушує вільний тік води, створюючи перепони водному транспорту. Регулювання потоку води, що проходить через турбіну, викликає необхідність створення певного запасу води. В результаті вода у водосховищі застоюється, що створює біологічні проблеми у водоймі, які порушують нормальні умови підводного життя.

Отже будівництво великомасштабних ГЕС вимагає ретельного підходу до питань екології. Штучні водосховища можуть цілковито змінити ландшафт і все навколишнє середовище, затопивши величезні території, які могли б бути використані в сільському господарстві. Величезна поверхня водосховища значно впливає на регіональний клімат, вирівнюючи температурний режим, викликає зміни кількості опадів та інші метеорологічні зміни. На будівництво потужних ГЕС потрібні величезні капіталовкладення протягом тривалого часу виконання робіт.

Але потужні ГЕС дуже важливі, хоч і капіталомісткі, елементи сучасних електроенергетичних систем, до складу яких входить значна частка атомних електростанцій. Вони разом з гідроакумуючими електростанціями (ГАЕС) виконують важливу функцію регулювання змінного графіку навантаження системи. Отже будівництво ГЕС і ГАЕС – дуже відповідальна справа. Вона потребує розвиненої інфраструктури доріг, високовольтних

розподільчих електромереж високої напруги, складного технологічного обладнання, що проектується і виготовляється індивідуально для кожної станції. Для будівництва і обслуговування крупних ГЕС необхідний висококваліфікований персонал.

Значно менше проблем виникає при спорудженні малих гідроелектростанцій (МГЕС). Вони не пов'язані з затопленням великих площ, прості в будівництві і використовують серійне обладнання. МГЕС з екологічної точки зору мало впливають на навколишнє середовище. Їх можна будувати як на малих, так і на середніх та великих річках при частковому використанні їхнього стоку. Вони можуть будуватися також на різних водно-господарських об'єктах (канали, водопроводи тощо).

До малих можна відносити станції потужністю 5-30 МВт. Оцінка енергетичного потенціалу малих і середніх річок України виявила можливість побудови понад 2000 малих і середніх ГЕС, які можуть виробляти за рік 4 млрд кВтгод електроенергії. На відміну від потужних ГЕС МГЕС найчастіше використовуються для автономного електропостачання дрібних ізольованих споживачів, віддалених від мережі централізованого електропостачання. Для МГЕС, як зазначалося, зведення величезних гребель і водосховищ непотрібні. Для їх будівництва використовується руслова (поперекова) та дериваційна схеми. Частина води з річки відводиться в напірний трубопровід і після використання в гідротурбіні скидається в річку. МГЕС позбавлені багатьох недоліків, характерних для великих ГЕС, не потребують значних капіталовкладень, практично не спричиняють негативної дії на навколишнє середовище. Для їх обслуговування не потрібен висококваліфікований персонал.

Перспективним для цього напрямку є використання наплавних і руслових дериваційних станцій. Сутність наплавної МГЕС полягає в тому, що турбінне колесо встановлюється на опорах, які спираються на поплавки, конструкція яких забезпечує прискорення потоку води в зоні лопатей турбіни. Наплавну станцію ставлять у потік річки і за допомогою гнучкої линви закріплюють до анкерів, розташованих на берегах. Це забезпечує підтримку станції на постійному рівні відносно поверхні води, яка змінюється протягом часу.

Руслова дериваційна ГЕС в основі має трубу, один кінець якої занурюється у воду впродовж течії річки. Інший кінець, що нижче за течією, виводиться вертикально на величину перепаду висот

відносно початку труби. Вода, що виливається, приводить у рух турбіну і електричний генератор. Споживачами енергії можуть бути невеликі віддалені населені пункти, котеджі, сільськогосподарські об'єкти та ін. Вони можуть замінювати автономні дизельні електричні станції. Використовується серійне технологічне обладнання і повна автоматизація режиму роботи при мінімальному технічному обслуговуванні. Можливе використання гідротурбін різних типів: осьові, діагональні, поперечно-струминні та ін. Капітальні витрати і потужність суттєво залежать від напору води.

Високонапірні мікроГЕС, характерні для гірських місцевостей, найбільш ефективні і дешеві. На рис. 5.15 показана типова принципова електрична схема регульованої мікроГЕС автобаластного типу на базі двох генераторів.

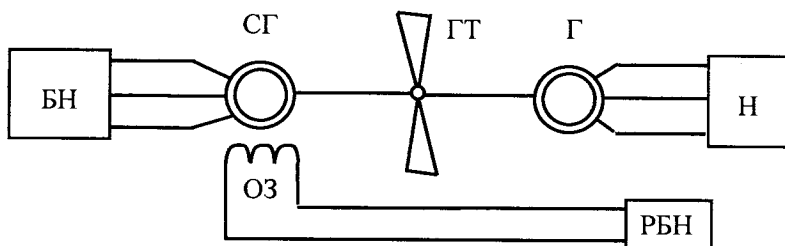


Рис. 5.15. Принципова схема мікроГЕС: БН – баластне навантаження, СГ – синхронний генератор, ОЗ – обмотка збудження, ГТ – гідротурбіна, Г – генератор, Н – навантаження, РБН – регулятор баластного навантаження.

Собівартість електроенергії, виробленої на мікроГЕС, в 1,5-2 рази нижча, ніж на вугільних ТЕС. Наявність необхідного напору і швидкості потоку води є необхідними умовами для виробництва електроенергії.

Однією з найголовніших умов успішного розвитку об'єктів малої енергетики являється наявність державної законодавчої підтримки організацій і приватних осіб, які займаються будівництвом і експлуатацією МГЕС, зокрема впровадження системи податкових пільг, кредитів, бюджетні асигнування, пільгові тарифи на вироблену електроенергію та ін. Прийняття подібних законів у багатьох країнах світу забезпечило значне збільшення вводу нових МГЕС та інших поновлюваних джерел енергії.

Світовий океан є невичерпним джерелом поновлюваної енергії, різноманітним за своєю природою і технічною доступністю. Проте інтерес представляє лише та її частина, яка може бути використана в економічній діяльності. Джерелом енергії світового океану можуть бути течії, приливи, хвилі, перепад температур, перепад солоності, водорості.

Технології використання енергії океанічних течій мають значну економічну перспективу. Важливими позитивними якостями океанічних гідроелектростанцій є їх висока енергетична компактність і стабільність первинного енергоносія. Але і недоліки суттєві – це величезні витрати на будівництво, транспорт електроенергії і обслуговування електростанцій. Важливу роль відіграє також географічний фактор. Обмежена кількість доступних енергоресурсів при високих розмірах капіталовкладень стримує розвиток енергетики океанічних течій.

Найбільш освоєною з усіх напрямків розвитку океанічної енергетики на сьогоднішній день є технологія використання енергії приливів. Внаслідок дії гравітаційних сил Сонця і Місяця в океані періодично утворюються приливні переміщення величезних мас води світового океану. При добовому обертанні Землі рівень води піднімається і опускається два рази на добу, періодично заповнюючи і звільняючи природні басейни узбережжя. Амплітуда коливань у деяких місцях досягає 20 м. На сьогоднішній день в світі існує лише декілька приливних електростанцій. Найбільш ефективна приливна електростанція побудована у Франції на річці Ранс потужністю 240 МВт.

Принцип дії будь-якої приливної електростанції оснований на штучному створенні різниці рівнів між прийомним басейном станції і рівнем моря за допомогою греблі або дамби. Накопичена за час приливу вода скидається в море і приводить в дію гідротурбін. Генерація електроенергії відбувається протягом кількох годин під час високого рівня води. Крім проблем технічного характеру будівництво приливної електростанції може бути пов'язане і з екологічними проблемами, аналогічними проблемам, що виникають при будівництві ГЕС.

Енергія хвиль, викликаних вітром, складається з потенціальної енергії рідини, піднятої над рівнем спокійної поверхні, і кінетичної енергії води, що рухається. Енергію хвилі можна визначити за формулою

$$E = \frac{\rho g h^2 \lambda}{16}, \quad (5.7)$$

де ρ – густина води, g – прискорення вільного падіння, h – висота хвилі від гребня, λ – довжина хвилі. При штормі висота хвиль досягає 15 м, а потужність на одиницю довжини гребня хвилі – 2 МВт/м. В основі роботи хвильової електростанції лежить дія хвиль на органи станції, виконані у вигляді поплавків, маятників, лопатей, оболонки та ін. Механічна енергія їх переміщення за допомогою електричного генератора перетворюється в електроенергію.

Хвильові перетворювачі поки що знаходяться на стадії дослідних розробок і не отримали промислового використання. Проблема в тому, що відносно низька концентрація енергії потребує створення або перетворювачів великої одиничної потужності, або великої їх кількості меншої потужності розташованої на великій території. Але в автономних системах невеликої потужності вони використовуються досить часто, наприклад, для живлення буїв, маяків та наукових приладів.

Теплова енергія перепаду температури є найбільшим енергоресурсом світового океану. Для використання цієї енергії потрібна спеціальна теплова машина, яка працює на природному перепаді температур між прогрітим поверхневим та охолодженим глибинним шарами води. Перепад температури використовується для отримання електроенергії за допомогою двоконтурних і одноконтурних теплових машин.

У двоконтурній тепловій машині, яка працює за термодинамічним циклом Ренкіна по замкненому циклу, використовується проміжне робоче тіло. Теплі поверхневі води прокачуються через теплообмінник випарника, перетворюючи в пару робоче тіло (аміак, фреон, пропан), яке приводить в дію парову турбіну. Холодна вода глибинних шарів прокачується через конденсатор, в який поступає відпрацьоване робоче тіло з турбіни. Теоретично ККД може досягнути більше 7%, але реально він у 2 рази менший.

В установках з відкритим циклом робочим тілом є сама морська вода, що поступає у випарник через деаератор. Перепад тиску незначний, що потребує використання величезних турбін. Проте важливою перевагою таких електростанцій є відсутність великих теплообмінників і додаткова можливість отримання прісної води.

Перевагою використання енергії перепаду солоності є його висока енергетична концентрація: так при змішуванні потоку $1 \text{ м}^3/\text{с}$ прісної води з морською може бути отримана потужність в 2 МВт. Теоретично ККД даного виду перетворення енергії становить 25%. Сучасні дослідження з отримання електроенергії на основі перепаду солоності в основному сконцентровані на 2 напрямках: використання осмотичного тиску і електрохімічного потенціалу.

Осмотичний тиск виникає на границі стикання вод з різною концентрацією солі (наприклад, в місцях, де ріки впадають в море). Використовується спеціальна напівпровідна мембрана, за допомогою якої використовується напір солоної води, який може бути використаний в турбінній енергетичній установці.

Електрохімічний метод дозволяє здійснювати пряме перетворення соляної енергії в електричну. Подібні методи основані на процесі електродіалізу, який широко використовується для отримання прісної води. Солоні і прісна вода подається в різні комірки, розділені різнотипними мембранами, через які позитивні і негативні іони проникають у прісну воду. Направлений рух електричних зарядів створює в замкненому колі електричний струм. Іонообмінна мембрана представляє собою пористі полімерні перегородки, що можуть фіксувати аніони і катіони. Однак практична реалізація даної технології наштовхується на ряд технічних труднощів.

5.6. Геотермальна енергетика

Наша планета, за виключенням відносно тонкого шару земної кори, має дуже високу температуру. Земна кора отримує тепло в результаті природного охолодження і тертя ядра, радіоактивного розпаду елементів і хімічних реакцій. Геотермальна енергетика основана на виведенні тепла, акумульованого в теплових сховищах земної кори.

Всі геотермальні родовища можна розділити на 4 основні типи: сухі пари, вологі пари, гарячі води і нагрівання сухих порід. Найбільш ефективні з економічної точки зору геотермальні родовища з перегрітою парою і деякими домішками газів і води. Але такі родовища з достатніми для практичного використання запасами зустрічаються не часто, як правило це в районах недавнього вулканізму. Більш поширені родовища з переважанням рідини або

перегрітої води, що дають вологу пару. В таких родовищах температура на глибині переважає температуру кипіння на поверхні, але вода або розчин в басейні знаходиться під тиском і не кипить. При виході рідини на поверхню тиск падає і вода закипає і зі скважини поступає суміш пари і гарячої води. Приблизно 20% рідини переходить в насичену пару, яка може бути використана для виробництва електроенергії.

Значно більше поширені родовища термічних вод з температурою, меншою за температуру кипіння. З давніх часів люди використовували ці джерела для відновлення сил і лікування. В наш час їх використовують для опалення приміщень, теплиць, в курортному господарстві і в виробництві. Використання низькопотенційного тепла для виробництва електроенергії пов'язане зі значними технологічними і економічними труднощами. Сухі тверді родовища найбільше поширені.

В будь-якій точці земної поверхні на певній глибині, в залежності від геотермальних особливостей району, залягають пласти гірських порід, що містять термальні води (гідротерми). Завдяки цьому в земній корі виділяють ще одну зону, яка умовно називається гідротермічною оболонкою. Вона спостерігається повсюдно на всій земній кулі на певній глибині. В районах вулканічної діяльності вона іноді виходить на поверхню у вигляді гарячих джерел, грифонів і гейзерів. Залежно від температури води геотермальні джерела поділяються на епітерми (50-90 °C), мезотерми (100-200 °C) і гіпотерми (більше 200 °C).

Походження термальних вод може бути пов'язане з діяльністю теплових осередків. Вода в своєму русі, контактуючи з тепловим потоком, поступово розігрівається, відбираючи тепло гірських порід. Перегріта вода у вигляді парових струменів разом з газами і легко-летючими компонентами спрямовується на поверхню більш холодних горизонтів. Таким чином утворюється розчин ювенільного (первісного) типу. Це води, які ніколи раніше не приймали участі в загальному кругообігу, вони в прямому сенсі являються первинними. Вчені вважають, що подібним чином була сформована вся гідросфера в епоху молоді магматичної діяльності планети Земля.

Повною протилежністю ювенільним водам є води інфільтраційного походження, для яких характерним є рух зверху вниз. Джерелом цих вод є атмосферні опади і поверхневі водотоки. На шляху свого руху вони насичуються різними солями,

розчиняють підземні гази, нагріваються, відбираючи тепло у порід, і стають більше чи менше нагрітими. За середніх геотермальних умов інфільтраційні води стають термальними на глибині 800-1000 м.

Якщо пробити свердловину на глибину 3000 м у будь-якому районі з середніми геотермальними показниками, можна отримати термальний розчин з температурою 100°C. Термальні води можуть мати різний хімічний і газовий склад від прісного до найміцніших розсолів. Гідротерми містять у своєму складі розчинені гази такі як вуглекислий газ, сірководень, водень, азот, метан.

В альтернативній економіці можна використовувати всі види термальних вод: перегріті води в виробництві електроенергії, прісні термальні води в комунальному теплопостачанні, солонуваті води з бальнеологічною метою, розсоли як промислово сировину. Для теплопостачання існують такі способи використання геотермальної води: безпосередня подача в систему опалення, з попереднім хімічним водоочищенням, додатковий нагрів води в теплообмінниках.

В середньому температура Землі з глибиною зростає на 30-33 °C/км, але в окремих районах ця цифра може бути на порядок більша, а високотемпературні шари розташовані зовсім близько від поверхні. Розрізняють 3 класи геотермальних районів за температурним градієнтом: більше 80 °C/км в тектонічній зоні поблизу гранітних континентальних плит, 40-80 °C/км на відстані від гранітних платформ і менше 40 °C/км.

Для України характерний конвенційний геотермальний тип родовищ з переважно кондуктивним прогрівом підземних вод, що характеризується нормальним геотермальним градієнтом 30-33 °C/км. Нафтові та газові буріння виявили багато підземних артезіанських басейнів в рівнинних областях і в підгірних прогинах, як наприклад, в горах Криму і Карпат. Термальні води подібних малих басейнів є найбільш перспективними для комплексного їх використання з лікувальною, енергетичною та будь-якою іншою практичною метою.

Потенціальні ресурси геотермальної енергії України здатні забезпечити роботу геотермальних електростанцій потужністю кілька тисяч мегават. Зокрема, найперспективнішими областями геотермального тепла є Чернігівська, Полтавська, Харківська, Херсонська і Львівська області, а також Прикарпаття, Закарпаття і

Кримський півострів. Будівництво ГеоТЕС є економічно вигідним в таких регіонах, як Закарпаття, Прикарпаття і Крим.

Тепло може вивільнюватися натуральним шляхом завдяки проникненню води в зону підігріву (рис. 5.16).

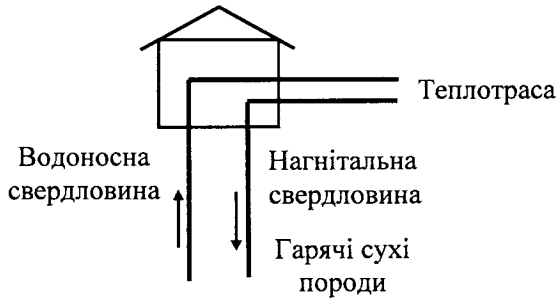


Рис. 5.16. Схема видобування тепла з сухих гірничих порід

Зони підігріву шляхом глибинного буріння можуть стати джерелом тепла з температурою 50-200 °С. Джерелом тепла можуть бути і сухі скельні породи. При бурінні свердловин досягається глибина 6 км, але технологічно буріння дозволяє заглиблюватися на 15 км, отже проблема будівництва ГеоТЕС технічно вирішена, питання лише в економічній доцільності.

Запаси геотермального тепла представляють собою одне з найбільших джерел поновлюваної енергії. Головною перевагою геотермальної енергії є її незалежність від навколишніх умов і часу. Це абсолютно чиста енергія, яку можна безпосередньо використовувати для потреб опалення і гарячого водопостачання. Крім виробництва тепла і електроенергії можливе використання таких побічних продуктів як природний газ, мінеральна сировина і прісна вода. Значними виробниками геотермальної енергії являються США, Італія, Ісландія. На початку третього тисячоліття сумарна установлена потужність ГеоТЕС у світі не перевищувала 6000 МВт, зараз ця цифра вдвічі більша і продовжує зростати далі.

Існує 2 типи ГеоТЕС: з атмосферним викидом і з циркуляцією конденсату. Електростанції з атмосферним викидом дешевші, але використовують більше пари, мають нижчий ККД і потребують додаткових операцій по очищенню викидів в атмосферу. Неочищена пара поступає через теплообмінник в дегазатор, де очищується від газів, підігрівається неочищеною парою і поступає в турбину при

температурі 120°C. Відпрацьована пара охолоджується в конденсаторі. Для охолодження циркуляційний насос подає в конденсатор холодну воду з водойми чи градирні. Така технологічна схема потребує дещо більших капіталовкладень, але забезпечує досить високий ККД. В цьому випадку відсутні котельні установки, димові труби і інші споруди, необхідні для традиційних теплових електростанцій.

Але родовища з сухою парою зустрічаються досить рідко. Найчастіше на поверхню землі поступає пароводяна суміш при температурі 120°C. В цьому випадку спочатку виділяється парова фракція в сепараторі, яка поступає в парову турбіну, що працює на насиченій парі. Відпрацьована вода з мінеральними домішками підігріває чисту воду для опалення і направляється після цього назад в свердловину, оскільки скидання відпрацьованої води недопустиме з екологічних міркувань.

Для підвищення ефективності і надійності експлуатації розроблена двоконтурна технологічна схема ГеоТЕС. В першому контурі циркулює пароводяна суміш зі свердловини, теплота якої використовується в парогенераторі для нагрівання і випарування очищеної води. Відпрацьована геотермальна вода закачується назад у пласт. У другому контурі циркулює вода з водосховища. Відпрацьована в турбіні пара конденсується в конденсаторі і живильним насосом повертається знову в парогенератор. Відсутність газів в паровому контурі дозволяє створювати в конденсаторі глибокий вакуум, що підвищує ККД електростанції. Агресивні компоненти не попадають в турбіну, конденсатор та інше технологічне обладнання, що забезпечує більш тривалий термін експлуатації.

За існуючих нині цін на органічне паливо двоконтурні ГеоТЕС можуть бути економічно ефективними уже при температурі термальних вод від 70°C. З подорожчанням органічного палива область використання геотермальної енергетики буде розширюватись далі. Перспективним є використання бінарних ГеоТЕС з використанням органічних робочих тіл ізобутану та ізопентану.

Найбільш простою є схема ГеоТЕС вакуумного типу з використанням тепла гарячої води при температурі до 100° С. Гаряча вода із свердловини поступає в бак-акумулятор, де вона позбавляється розчинених газів і направляється в розширювач,

звідки при тиску 0,3 атм і температурі близько 70°C частина води поступає в вакуумну турбіну, а решта води насосом перекачується в систему теплопостачання. Відпрацьована в турбіні пара скидається в конденсатор. Суміш холодної води і конденсату насосом перекачується в градирню, звідки вона самостійно витікає знову в конденсатор. Турбінна установка знаходиться під вакуумом, тому можливе проникнення повітря всередину. Для видалення цього повітря з конденсату використовується механічний вакуумний насос. Система технічного водопостачання не потребує додаткової води і прив'язки до джерела водопостачання. ГеоТЕС крім виробництва електроенергії може забезпечувати велику кількість тепла, причому відпрацьовану воду не потрібно повертати.

З геотермальними джерелами часто пов'язують можливість виробництва електроенергії як найбільш цінного продукту, забуваючи про її звичайний природний стан. Використання комбінованого режиму виробництва електричної і теплової енергії дає набагато більший ефект. Електроенергія, вироблена на ГеоТЕС, передається в енергосистему, а тепло використовується на різні місцеві потреби: обігрівання приміщень, гаряче водопостачання, в теплицях і рибгоспах, сушарнях та в різних технологічних процесах місцевої промисловості.

Утилізація тепла низькотемпературних термічних джерел забезпечується за допомогою теплових насосів. Гаряча вода зі свердловини подається до випарника теплового насосу, в якому відбувається передача тепла робочій речовині, що швидко випаровується. Пара цієї речовини стискається компресором і направляється в конденсатор, де вона конденсується при високому тиску, віддаючи тепло воді, що циркулює в системі опалення. Охолоджена вода скидається в каналізаційну систему. В літній час тепловий насос може працювати в режимі холодильної машини як кондиціонер.

Схематично тепловий насос можна представити у вигляді системи 3 замкнених контурів. В зовнішньому контурі циркулює теплоносіє, який відбирає тепло з навколишнього середовища. В другому контурі речовина, що випаровується, відбирає тепло теплоносія і конденсується, віддаючи тепло теплоприймачеві. В третьому контурі теплоприймач, вода в системі опалення і гарячого водопостачання, віддає своє тепло споживачеві. Коефіцієнт використання тепла в такій схемі низький, але все ж тепловий насос

є найбільш перспективною технологією використання геотермального тепла, оскільки в екологічно чистий спосіб вирішує одну з найважливіших побутових потреб людей – опалення і гаряче водопостачання.

Як джерело низько-потенційного тепла може використовуватись навіть водопровідна вода, морська і річкова вода, каналізаційні стоки, рідкі відходи підприємств тощо. Вони широко використовуються в громадських приміщеннях, приватних будинках і на промислових об'єктах. В Швеції 70% тепла забезпечують теплові насоси. Планується, що в 2020 році вклад теплових насосів в теплопостачання передових країн становитиме 75%. В США та Японії розповсюджені повітряно-повітряні реверсні тепло-насосні установки, призначені одночасно для опалення і літнього кондиціювання повітря. В Європі більше використовуються водо-водні і водо-повітряні установки. В Швеції та інших скандинавських країнах інтенсивно розвиваються теплові насоси у виробництві дешевої електроенергії і централізованім теплопостачанні. В багатьох розвинених країнах теплові насоси являються важливою складовою енергозберігаючої політики.

Розділ 6

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ І ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ

6.1. Загальна характеристика

Високий рівень енергетичних витрат національної економіки України, який в 2-3 рази перевищує відповідний рівень передових країн світу, створює серйозні перепони в конкуруванні на світовому ринку. Результат такої економічної політики – необмежений імпорт споживчих товарів і експорт вітчизняної сировини. До цього ще треба додати слабе оновлення парку електричного і теплоспоживчого обладнання, зношеність якого перевищує 60%. Енергетичний баланс на найближчі роки складається таким чином, що без використання потенціалу енергозбереження неможливо забезпечити поступальний розвиток економіки країни. Зростання потреб паливно-енергетичних ресурсів можна на половину забезпечити за рахунок енергозбереження.

Енергозбереження – це зменшення споживання палива, тепла і електроенергії за рахунок їх максимально повного і раціонального використання в різних сферах діяльності людини. Енергозбереження в наш час стало життєво необхідним внаслідок вичерпання природних ресурсів і складнощів видобування палива, а також ускладнення екологічної ситуації внаслідок викидів у навколишнє середовище шкідливих продуктів згоряння. Темпи зростання потенційно нетрадиційних джерел енергії поки що недостатні і не можуть суттєво змінити ситуацію зі споживанням палива. Крім того, паливо потрібне і як джерело хімічної промисловості, на транспорті, в побуті тощо. Ускладнення умов видобутку веде до збільшення цін на паливо. В результаті це призводить до збільшення цін на товари і послуги і, як наслідок, – до уповільнення темпів економічного зростання і життєвого рівня населення.

Викиди в атмосферу продуктів згоряння палива і їхнє хімічне перетворення веде до руйнування озонового шару, посилення

парникового ефекту, випадання кислотних дощів. Збільшення емісії вуглекислого газу веде до підвищення температури земної поверхні і змін клімату. Значної шкоди завдають навколишньому середовищу не тільки спалювання палива, але і його видобування, транспортування і захоронення відходів. Спостерігається збільшення кількості непередбачуваних забруднень довкілля внаслідок аварій на електростанціях, танкерах, нафтопроводах і газопровадах тощо.

Проведення енергозберігаючих заходів обходиться набагато дешевше, ніж оновлення і реконструкція діючих енергетичних потужностей, і швидко окупається. Крім того, введення в дію нових, сучасних, джерел енергії потребує багато часу. Економія енергоресурсів нерозривно зв'язана не лише зі станом навколишнього середовища, але й збереженням природних ресурсів. Важливим ресурсом, що також потребує економії, є вода. Економія ресурсів у всіх галузях економіки пов'язана з економією первинного палива.

Енергозбереження – це не лише технічна, але і моральна проблема. Слід пам'ятати, що витратити марно енергію, воду, метал та інші ресурси так само аморально, як викидати хліб, бо їх виробництво потребує не менше праці, а холод та темрява так само страшні для людей, як і голод. Питання енергозбереження потребує свого розгляду в комплексі проблем, використовуючи системний підхід. Необхідно одночасно розглядати технічні, екологічні і соціальні наслідки впровадження енергозберігаючих заходів. Спеціалістам потрібно бути добре обізнаними з основними напрямками використання різних видів енергії і способами її економії в конкретних умовах енергоспоживання.

Передача тепла на відстань, облік і регулювання споживання тепла як менш організованої форми енергії важче здійснювати, ніж електроенергії. Найбільш неефективні витрати пов'язані з процесами горіння палива, виробництва, передачі і використання теплової енергії з широким використанням різноманітних теплообмінних апаратів у промислових установках і в комунальному господарстві. Саме тут існують широкі можливості для енергозбереження, проектування і інтенсифікації процесів тепло- і масообміну в проточних частинах і вдосконалення розвинутої поверхні теплообміну.

Енергетичне обстеження, аудит, проводяться з метою оцінки ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів на підприємстві для подальшої реалізації енергетично ефективних рішень. Енергоаудит дає можливість оцінки фактичного стану енергоспоживання на підприємстві, виявлення і оцінки резервів економії паливно-енергетичних ресурсів, розробки планів заходів по енергозбереженню та удосконаленню систем обліку, оптимізації структури енергоспоживання і розробки планів модернізації обладнання і удосконалення технологічних процесів.

Вирішення проблем енергозбереження необхідно реалізовувати в трьох напрямках: проведення експлуатаційних і організаційних заходів на існуючому обладнанні і технологіях, перехід на нове більш ефективне обладнання і технології, реалізація природоохоронних заходів. За рахунок підвищення рівня експлуатації діючого обладнання, організації обліку і контролю можна отримати до 30% загального потенціалу енергозбереження. Однак для отримання решти 70% енергозбереження потрібно вкласти досить значні інвестиції, які окуплять себе за 2-5 років. Це – впровадження енергозберігаючих технологій, створення системи економічних стимулів енергозбереження, підготовка цільових галузевих програм енергозбереження.

Серед природоохоронних заходів можна навести приклади використання технологічних підходів до зменшення викидів оксидів азоту, замкнених циклів водопостачання без викидів забруднених стоків, підвищення ефективності пиловловлення, заміщення частини традиційних енергетичних джерел поновлюваними, утилізація теплових відходів електростанцій замість безкорисного розсіювання його в навколишньому середовищі та багато ін.

Енергія в загальному розумінні – це міра різних форм руху матерії. Існує багато видів енергії: механічна, електрична, хімічна, сонячна, тепло тощо. Вже давно сформульований перший закон термодинаміки або закон збереження енергії: при будь-якому перетворенні енергії сумарна її кількість залишається незмінною. Тепло – найбільш універсальний і стійкий вид енергії, адже всі інші види енергії перетворюються в тепло, яке в решті решт, переходячи від більш гарячих тіл до холодніших, розсіюється в навколишньому середовищі і випромінюється в космічний простір. В результаті фізики прийшли до поняття ентропії, що є мірою розсіювання енергії, тобто своєрідною гінню енергії.

Сформульований і другий закон термодинаміки: які б зміни не відбувалися в реально ізольованій системі, вони завжди приводять до збільшення ентропії. Наприклад, в автомобілі лише 10% високоякісної хімічної енергії бензину перетворюється в корисну механічну і електричну енергію, а решта 90% безкорисно розсіюється у вигляді низько-потенційного тепла в навколишньому середовищі. В лампі розжарювання лише 5% електроенергії використовується за призначенням у світловому потоці, решта 95% – втрати у вигляді тепла в навколишньому середовищі. І ці 90 чи 95 відсотків енергії ми вже ніколи не зможемо відновити чи використати у вигляді корисної роботи.

Чим більша потужність джерела енергії, тим вищий його ентропійний потенціал. Правда, інколи ми можемо втрутитися в процес і додатково використати частину втраченої енергії, наприклад, для нагрівання води чи повітря, тобто використати так званий вторинний енергетичний ресурс, підвищивши тим самим ККД процесу загалом. Отже тут ми близько підходимо до питання ефективності використання енергії.

При реалізації будь-якого технологічного процесу в навколишнє середовище викидається низькоякісне тепло, а також шкідливі речовини і відходи. Сучасні промислові корпорації підвищують ентропію навколишнього середовища більше, ніж на будь-якій іншій стадії розвитку цивілізації, заганняючи її в ентропійний капкан. Уникнути зовсім збільшення ентропії згідно другого закону термодинаміки неможливо, але в процесі свого розвитку людство має одночасно зі збільшенням використання енергії звести до мінімуму ту кількість ентропії, яку воно «виробляє» при цьому. Завершальний показник має враховувати питома споживання енергії, ресурсів, викидів, скидання і відходів на одиницю валової продукції, а вже потім – споживання енергії на душу населення. Таким інтегральним показником може бути питома енергоємність, визначена розрахунками всього технологічного ланцюга методом енергетичного аналізу.

Будь-яке підприємство можна розглядати як систему, що реалізує виробничий процес випуску певної потрібної людям продукції (рис. 6.1). На практиці дуже часто обмежуються лише виробництвом продукції, а вторинні енергетичні ресурси і матеріали не використовуються.



Рис. 6.1

Вторинні теплові енергетичні ресурси мають різні температурні параметри і поділяються на три групи: гарячі гази температурою до 1000 °С (вихідні гази котельних та інших установок, двигунів внутрішнього згоряння і т. п.), продукти технологічних процесів температурою до 1500 °С (розжарений кокс, злитки, шлак тощо) і низькотемпературні вторинні енергетичні ресурси температурою до 200 °С (вторинна пара, гаряча вода охолоджувальних пристроїв, конденсат, стоки, тепле повітря приміщень і сушильних установок та багато іншого).

Використання високотемпературних вторинних енергоресурсів не викликає особливих труднощів. Вони можуть бути використані, наприклад, в котлах-утилізаторах. Використання низькотемпературних вторинних енергоресурсів – більш складна проблема. Утилізація фізичного тепла газів також має свої особливості. Перш за все, це низький коефіцієнт тепловіддачі газів. Для утилізації їхнього тепла необхідні теплообмінні апарати з великою поверхнею теплообміну. Крім того, за малої густини газів теплові повітроводи і газоходи повинні мати більші поперечні розміри, їх важко розміщати в малих приміщеннях, передавати на дальні відстані. Для утилізації тепла газів використовують зазвичай два типи рекуперативних теплообмінників: пластинчаті і трубчаті ребристі теплообмінники з проміжним теплоносієм.

У виробничих процесах використовується різноманітне обладнання, ефективність якого може змінюватися в широких межах в залежності від їх ККД, причому чим вища температура виробничого процесу, тим нижчий ККД, тобто тим більші втрати енергії у вигляді потенціалу вторинного енергетичного ресурсу. Їх

можна використовувати з метою підвищення енергоефективності, але це, нажаль, не завжди використовується на практиці.

Характерний приклад – обігрівання приміщень. При обігріванні теплоізованого будинку можна використовувати пряму сонячну радіацію, що уловлюється спеціальними пристроями. Втрати тепла при такому опалюванні складають не більше 5-10%. При обігріванні того ж будинку за допомогою електроенергії, що виробляється на АЕС і передається по ЛЕП, втрати тепла становлять 86% (5% – видобування урану, 41% – збагачення, 37% – на АЕС і 3% – в ЛЕП).

Отже порівняння показує, що використання для обігрівання повітря в приміщеннях при температурі 20 °С високоякісною енергією, отриманою з ядерного палива і перетвореною в теплову при високій температурі в ядерному реакторі, перетвореною потім у високоякісну електроенергію, є не чим іншим як марнотратним процесом. Будь-яка централізована система енергозабезпечення, незважаючи на всі переваги, сприяє зростанню втрат енергії. Зарубіжний досвід показує, що найкращим способом опалення є будівництво сучасних приміщень, ізованих від зовнішнього середовища, опалювання яких можна здійснювати за рахунок прямого сонячного підігрівання (60%), решта тепла має отримуватися від автономних електричних чи газових приладів.

В табл. 6.1 наведені дані зарубіжних досліджень про те, як залежить ККД використання енергії, отриманої з різних джерел, при опалюванні приміщень.

Таблиця 6.1

Спосіб обігрівання	ККД
Абсолютно герметичний будинок	98%
Пряме сонячне обігрівання 100%	90%
Сонячне обігрівання 50% і газове опалення	87%
Газове опалення 100%	84%
Електричне опалення 100% ГЕС	82%
Сонячне обігрівання 50% і дров'яне опалення	65%
Нафтове опалення	53%
Тепловий насос на енергії вугільних ТЕС	50%
Тепловий насос на енергії АЕС	30%
Дров'яна піч	26%
Електричне опалення енергією АЕС	14%

Звідси випливає висновок про недоцільність використання високоефективної енергії для виконання тих задач, які можна виконувати, використовуючи низькоякісну енергію. Чим більша кількість ступенів в процесі перетворення енергії, тим нижчий її практичний ККД. Чим потужніше джерело високоякісної енергії, тим більша ентропія потенціалу її використання. Будь-яка централізація енергозабезпечення (централізоване опалення, єдина енергосистема тощо), маючи ряд переваг, призводить до зростання ентропії.

Сучасне суспільство, нажаль, дуже часто і повсюдно використовує пристрої з величезними втратами енергії: лампи розжарювання, будівлі з поганою теплоізоляцією, високо-температурна ковальська ковка металу, автомобілі і трактори з двигунами внутрішнього згоряння та багато ін. Будуються десятки, сотні тисяч котелень, які при незначних додаткових інвестиціях можна було б перетворити в джерела теплової і електричної енергії. Створюються умови для нарощування кількості відходів тепла і матеріалів в навколишньому середовищі. Сучасні держави з високорозвиненою економікою не тільки знижують стійкість навколишнього світу, але й сприяють її порушенню. Зростання валового обсягу промислового виробництва і розширення його географії невідворотно веде до ще більшого використання природних ресурсів і забруднення довкілля тепловими і шкідливими відходами. Це призводить до порушення теплового балансу навколишнього середовища і його здатності самопереробки шкідливих відходів як на місцях, так і на глобальному рівні.

Важливим чинником енергозбереження є теплозахист приміщень, тобто сукупна властивість будівельних конструкцій, що утворюють замкнений об'єм внутрішнього простору приміщень, опиратися переносу тепла між приміщенням і навколишнім середовищем. Теплозахист головним чином визначається кількістю використання теплоізоляції та її якістю і гідрозахистом від зовнішніх атмосферних впливів.

Енергозбереження в перспективі є найкращим засобом вирішення проблем стійкого розвитку суспільства в умовах збереження навколишнього середовища. Основою такого розвитку є ефективне використання енергоресурсів, скорочення зайвих витрат і втрат енергії, рециркуляція і повторне використання ресурсів, а також скорочення використання необов'язкових ресурсів.

Необхідною умовою переходу на шлях енергозберігаючого розвитку є розуміння кожного із нас, що нам можна і чого не можна робити, використовуючи матеріальні і енергетичні ресурси, уміння використовувати ці знання в повсякденному житті кожного громадянина суспільства.

6.2. Наукові основи енергозбереження

Найбільш перспективна модель стійкого розвитку суспільства і захисту навколишнього середовища та його ресурсів основана на виконанні фізичних законів збереження енергії і речовини, які лежать в основі розвитку живих організмів у природі. Реалізація даної моделі розвитку суспільства зводиться до забезпечення енергетичного балансу кожної людини за умов мінімуму питомих витрат енергії на одиницю валової продукції, тепла на промислового виробництві і опалювання житла, уникання використання високоякісних видів енергії без особливої необхідності, виробництво продукції, зручної для повторного використання і ремонту, перехід на поновлювані джерела енергії тощо. Досвід показує, що обмеження втрат енергії і ресурсів та недопущення небажаних впливів на навколишнє середовище економічно вигідніше, ніж контролювання наслідків і виправлення їх у майбутньому.

Звідси випливає, що енергетичну ефективність можна розглядати як ресурс. За рахунок зменшення кількості використання енергії відбувається скорочення необхідних для нових енергетичних джерел інвестицій і з'являється можливість закриття збиткових і небезпечних вугільних шахт. Якщо ми будемо більше економити паливні ресурси, ми уникнемо нарікань наших потомків за марнотратне відношення до природних ресурсів.

Закон внутрішнього динамічного розвитку – один з фундаментальних екологічних законів. Він стверджує, що будь-яка природна система наділена внутрішньою енергією, речовиною, інформацією і динамічними характеристиками, пов'язаними таким чином, що будь-які зміни однієї з характеристик викликають через деякий час відповідні зміни інших характеристик, зберігаючи певний баланс системи загалом. Внаслідок цього будь-які зміни середовища невідворотно приводять до розвитку природної

ланцюгової реакції, що направлена на нейтралізацію цих змін або формування нових природних систем.

Крім того, взаємодія енергетичних, матеріальних і інформаційних компонент екосистеми не є лінійною, тобто будь-який, навіть слабкий, вплив чи зміна однієї з характеристик може викликати значні відхилення інших і реакцію всієї системи загалом. Внесені зовні в екосистеми зміни є незворотні. Будь-яке локальне перетворення середовища викликає в глобальному масштабі біосфери відповідну реакцію, що призводить до відносної незмінності екологічного потенціалу, збільшення якого можливе лише шляхом значного зростання енергетичних витрат (закон зменшення енергетичної ефективності природокористування).

В конкуренції з іншими системами зберігається та з них, яка найкраще сприяє надходженню енергії і використовує її найефективнішим способом. Для цього вона створює накопичувачі високоякісної енергії, витрачаючи частину її на забезпечення нових надходжень, створюючи механізми стійкого регулювання системи і її здатності пристосування до змінних умов, а також налагоджуючи обмін енергії необхідних видів з інших систем.

Будь-яка біологічна система, що знаходиться в стані динамічної рівноваги з навколишнім середовищем і постійно розвивається, весь час збільшує свій вплив на середовище. Еволюція розвитку завжди направлена на зниження розсіювання енергії внаслідок нерівномірності розвитку, оскільки повна ентропія є абсолютно рівномірний розподіл енергії. Іншими словами, при можливому розвитку в різних напрямках реалізується той, що забезпечує мінімальне розсіювання енергії (зростання ентропії).

Жива матерія, включаючи і людське суспільство, в процесі розвитку від нижчих форм до вищих постійно, безперервно і необхідно прагне до відносної незалежності від умов навколишнього середовища. Згідно закону виживання всі елементи живої природи в своєму розвитку намагаються досягнути стану повного використання доступної енергії. Саме завдяки цьому вони в своєму функціонуванні енергетично економні. Але людина на певному етапі своєї свідомої діяльності допустила енергетичну марнотратність, що і призводить нині до глобальних енергетичних і екологічних проблем.

Неможливо переоцінити значення цього закону для вирішення глобальних проблем стійкості розвитку людського суспільства і

всього навколишнього світу. Будь-яка природна система може розвиватися лише за рахунок використання матеріальних, енергетичних і інформаційних ресурсів навколишнього середовища. При цьому абсолютно безвідходні процеси неможливі. Біосфера Землі як система розвивається не лише за рахунок ресурсів планети, але й опосередковано під впливом космічних систем, перш за все – Сонячної системи.

З часом кількість енергії, що витрачається при отриманні одиниці корисної продукції із природних систем, стрімко збільшується. Так, наприклад, кількість енергії на одиницю сільськогосподарської і промислової продукції зросла протягом XX сторіччя в 10 разів. Отже, енергоозброєність людства при зростанні добробуту в процесі еволюції зростає. Особливо це стосується держав, які займають великі площі. Так, наприклад, Японія, що має однакову середньорічну температуру повітря з США, має питомі витрати палива і енергії більш як у 2 рази менші.

Прогресивний розвиток країн відбувається за рахунок споживання енергії від зовнішніх джерел при зменшенні ентропії відкритих систем. Але згідно закону екології все, що було відчужене у природи людською працею, має бути відшкодоване. Агротехнічні, агрохімічні та інші інтенсивні методи ведення сільського господарства призводять до збільшення врожайності, але власне родючість ґрунтів не збільшується, а високі врожаї забезпечуються величезними енергетичними витратами.

Для збереження стійкості свого стану жива природа має безперервно споживати енергію. Швидкість залучення природних ресурсів в обороті безперервно зростає, що потребує все більшої кількості енергії. При зовнішніх впливах, що безперервно збурюють систему, саморегулювання має відбуватися в напрямку послаблення цих впливів. Перейти до стану рівноваги, в якому ентропія досягає свого максимуму, стають на заваді певні зовнішні умови, наприклад, недостатні теплоізоляція, герметизація тощо. Тому система переходить у відповідний стан при мінімальній ентропії для даних зовнішніх умов. Фотосинтез – це єдиний в усьому світі природний саморегульований процес, в якому ентропія зменшується за рахунок споживання дарової сонячної енергії.

Із усіх змін, що спостерігаються в реальних ізольованих системах, найважливіші ті, які сприяють зменшенню інтенсивності зростання ентропії, тобто обмежують темп деградації енергії.

Енергозберігаючий принцип функціонування такої системи полягає в забезпеченні її стану з мінімумом утворення ентропії. Енергозбереження включає наступні основні напрямки діяльності: заходи по зниженню темпів деградації будь-яких видів енергії, пов'язані з їх переходом в тепло; реалізація дій, направлених на зростання упорядкованості побудованих систем з метою формування стійкого суспільства, яке враховувало б інтереси майбутніх поколінь; обмін інформації для сприяння накопиченню негентропії (негативної ентропії), навіть за рахунок зростання витрат енергії.

Для оцінки міри енергоефективності реальних процесів пропонуються нові показники. Одним з них є поняття ексергії. Як відомо, більша частина енергії при роботі будь-яких двигунів в кращому випадку використовується на теплове забруднення навколишнього середовища. Внутрішня енергія системи складається з 2 частин, одну з яких можна перетворити на корисну роботу, за що її названо вільною, а другу – ні, і її названо зв'язаною. Максимальна робота, яку система може виконати при незмінній температурі і об'ємі, дорівнює зменшенню вільної, а не повної енергії, і виконується лише в ідеальних, а не реальних системах. Дійсна робота, що виконується в реальному процесі, завжди менша на величину незворотних втрат тепла в навколишнє середовище (ентропію). В реальних умовах температура системи і навколишнього середовища відрізняється.

Ексергія – це максимум технічної роботи, яку може виконати система при переході із початкового стану в стан рівноваги з навколишнім середовищем при зрівнянні температур. Друга частина повної енергії реальної системи по аналогії названа анергія. Втрата ексергії через незворотність процесів дорівнює добуткові температури навколишнього середовища на суму зростання ентропії всіх тіл, які беруть участь в процесі. Отже, ексергія залежить від температури навколишнього середовища, і тому не є, власне кажучи, функцією стану системи.

Таким чином, якщо повна енергія ідеальної системи складається з вільної і зв'язаної енергії, то повна енергія реальних систем поділяється на ексергію і анергію. Причому в одних і тих самих умовах ексергія завжди менша вільної енергії, а анергія завжди більша зв'язаної енергії. Згідно другого закону термодинаміки ексергія у всіх незворотних процесах зменшується, перетворюючись

в енергію, а в зворотних процесах вона залишається незмінною. Отже, на відміну від енергії, яка не може втрачатися, а лише переходить з однієї форми в іншу, ексергія, яка характеризує запас робото-спроможності системи, при протіканні незворотних процесів завжди зменшується, витрачається. Ця властивість ексергії зробила її надзвичайно популярною в якості оцінки ефективності теплових машин і апаратів.

Різні оцінки ефективності використання палива і енергії в світі показують, що в цілому менше 50% всієї спожитої енергії в світі використовується ефективно, а решту складають втрати енергії при перетворенні, на ентропію, з охолоджувальною водою і повітрям тощо. Електроенергії використовується не більше 35% тієї енергії, що міститься у викопному паливі, 55% використовується ефективно в металургії, а на транспорті – лише 25%. І лише в тих галузях промисловості, які використовують енергію не в первинній, а в перетвореній формі, коефіцієнт корисного використання енергії досягає 70-75%.

Добре відомо, скільки енергії витрачається в різних технологічних процесах, але важко визначити, яка кількість енергії може бути зекономлена при використанні енергозберігаючих конструкцій і технологій. Тому ми не маємо в своєму розпорядженні засобів прогнозування можливостей юридичних і фізичних осіб здійснювати програми енергозбереження.

Багато факторів впливає на використання тих чи інших варіантів споживання енергоресурсів при виробництві продукції чи послуг: це і марнотратне відношення до витрат палива і енергії через низьку культуру, і відсутність розуміння глобальності проблем енергозбереження, і відсутність енергозберігаючого кодексу взагалі і конкретних юридичних норм та багато ін. Професіонали, що працюють в різних галузях виробництва, мають пам'ятати, наприклад, що організація робочих місць в енергозберігаючому секторі виробництва більш корисна і перспективна, ніж створення робочих місць у вуглевидобуванні, зекономлена тонна палива в 2-3 рази вигідніша, ніж видобута з надр Землі.

Заходи по забезпеченню енергозбереження повинні мати пріоритет у всіх нинішніх і майбутніх енергетичних стратегіях. В промисловості найбільша частка економії енергоресурсів може бути забезпечена за рахунок структурних перетворень, тобто ліквідації

енергоємних ланок виробництва продукції, заміни технологічних процесів тощо. В житлово-комунальному секторі майже половина енергії може бути збережена за рахунок нової організації і перехід на повний облік витрат всіх енергоресурсів.

6.3. Енергозбереження в промисловості

Основні технологічні напрямки енергозбереження в металургійній промисловості: безперервний розлив сталі, що дає можливість знизити питомі витрати енергії при її виробництві на 20%; сухе гасіння коксу; випарне охолодження металургійних агрегатів, що дає можливість зменшення витрат енергії в 2-3 рази у порівнянні з відкритою схемою охолодження; застосування газових безкомпресорних турбін, які використовують надлишковий тиск доменного газу для виробництва електроенергії. Розглянемо деякі найважливіші заходи, які дають найбільший ефект для економії енергоресурсів у чорній металургії.

Термічна підготовка вугільної шихти потребує нагрівання до 150-200 °С. Для цього необхідно ширше використовувати тепло відхідних газів установок сухого гасіння коксу та тепло коксових печей. Це тепло можна використовувати також для виробництва пари енергетичних параметрів, нагрівання води, опалювання та інших комунально-побутових цілей. Підвищення температури злитків скорочує витрати палива на прокат металу.

Значна частина тепла відводиться системою охолодження конструктивних елементів печі. Більшість цього тепла припадає на долю подових труб. Зменшити його можна шляхом збільшення відстані між трубами і їх теплоізоляцією, скоротивши витрати палива на 20-25% і підвищивши продуктивність печі на 15%. Використання випарного охолодження дає можливість практично повністю утилізувати це тепло.

З відхідними газами, температура яких досягає 1000 °С, втрачається від 40 до 60 % тепла використаного палива. Для утилізації цього тепла можна використовувати нагрівання підведеного повітря для горіння палива, нагрівання спалюваного газу, попереднього нагрівання металу, злитків в нагрівальних колодязях слябінгів тощо. Тепло відхідних газів нагрівальних печей і колодязів може використовуватись для виробництва пари в котлах-утилізаторах. Утилізація тепла в котлах-утилізаторах і водяних

економайзерах зменшує витрати палива на 10-30%. Величезні можливості закладені в оптимізації процесів роботи печей засобами автоматизації, що дає економію паливних ресурсів до 10%.

Заміна застарілих конструкцій сучасними (тунельними, обертальними, шахтними) дає можливість на третину скоротити питомі витрати палива. Удосконалення горючих пристроїв печей дає економію палива на 5-10%, використання кисню при спалюванні палива в обертальних печах зменшує витрати палива на 30-35%, впровадження автогенної плавки мідної і нікелевої сировини в агрегатах безперервної дії – на 50%, виробництво магнію за допомогою бездіафрагмових електролізерів – на 8-10%, виробництво магнію в закритих руднотермічних печах з оптимальним режимом плавки – на 5-7%, перехід на електролізери з опаленими анодами у виробництві алюмінію – на 5-7%.

У виробництві глинозему: переведення печей спікання і кальцинації на природний газ, впровадження рекуперативних холодильників і водопідігрівачів контактного типу, підвищення регенерації теплової енергії в авто-плавильних установках вилучення і обезкремніювання може дати економію палива загалом на 20-25%.

У хімічній і нафтохімічній промисловості найбільш енергоємними являються виробництва аміаку, каустичної соди, хімічних волокон, пластмас, метанолу, капролактаму, ацетату, етилену, поліетилену. У виробництві синтетичного каучуку економії енергоресурсів можна досягти за рахунок збільшення завантаження обладнання, скорочення терміну вулканізації, запровадження мікрохвильового нагрівання тощо. Тому важливе удосконалення саме цих технологічних процесів шляхом впровадження потужних агрегатів, автоматизації, використання високоактивних каталізаторів і ін.

Особливість підприємств хімічної промисловості полягає в тому, що половину власних потреб можна покрити за рахунок реалізації комбінованих енерготехнологічних систем, які поєднують електроенергетичну і теплоенергетичну системи для підвищення ефективності виробництва технологічної і енергетичної продукції. Ефективно може проявити себе ексергетичний підхід. Синтез теплотехнічних систем доцільно виконувати на основі максимальної рекуперації тепла в самих системах, адже найбільші витрати мають місце на нагрівання чи охолодження потоків до заданих температур.

Основними напрямками енергозбереження в нафтопереробній промисловості є підвищення ефективності утилізації скидного тепла, підвищення ККД печей і дистиляційних установок, застосування теплових насосів, використання скидного тепла для теплопостачання.

У промисловості будівельних матеріалів найбільш енергоємними є процеси виробництва цементу, цегли і скла. В цементній галузі основним напрямком енергозбереження слід вважати збільшення частки виробництва цементу сухим способом, коли підготовлена шихта поступає у вигляді гранульованої маси або цілком висушеного порошку, що дає змогу знизити питому витрату палива на випал клінкеру на 40-50%. Це також використання низькотемпературної соляної технології, оснащення цементних печей ефективними теплообмінними і горючими пристроями, автоматизованими системами горіння палива, збільшення частки золи теплових електростанцій у виробництві цементу.

У виробництві збірного залізобетону – це використання суперпластифікатів, впровадження прогріву залізобетонних виробів у середовищі спалюваного газу, систем автоматизованого регулювання теплових режимів та заміна пари електроенергією.

У виробництві силікатної цегли – це збільшення випуску пустотілої цегли, перепуск відпрацьованої пари між автоклавами, використання конденсату для зволоження і підвищення температури силікатної суміші.

У виробництві пористих і теплоізоляційних матеріалів – це удосконалення технології і обладнання виробництва керамзиту, використання тепла відхідних газів у печах керамзиту, впровадження технологій виробництва особливо легких мінераловатних виробів і з гофрованою структурою, збільшення випуску пустотілої глиняної цегли.

У машинобудівній галузі найбільш енергетично витратними являються ковальські, ливарні, термічні і гальванічні виробництва. Найбільшої економії енергоресурсів можна досягти в металургійному, електротермічному виробництвах і в цехах підготовки стисненого повітря і кисню.

В металообробці зменшення енерговитрат можна досягти шляхом оптимізації форм заготовок, заміни токарної обробки висадкою, стругання – швидкісним фрезеруванням, використанням багатошпindelних і багатофрезерних станків, зменшенням

недовантаження електродвигунів тощо. Це і правильний вибір енергоносія в технологічному процесі ливарних, термічних і ковальських цехів, і збагачення дуття киснем, і впровадження рекуперативних радіаційних теплообмінників, і використання потужних ковальських комплексів і їх автоматизація, і впровадження схем комплексного використання тепла відхідних газів тощо.

В целюлозно-паперовій промисловості основними напрямками по зменшенню витрат тепла є використання інфрачервоного випромінювання, високочастотного і мікрохвильового нагріву та теплових насосів.

На підприємствах легкої промисловості енергозбереження може бути проведено в напрямках удосконалення і впровадження прогресивних технологічних процесів завдяки введенню більш продуктивного обладнання, використання маловідходних технологій, пігментних барвників, нових способів термічного друку, інфрачервоного нагрівання, утилізації тепла в процесі сушіння, прядильних само-крутних машин для вовняної пряжі, оптимізації завантаження механізмів, скорочення неробочих ходів, впровадження автоматизованих технологічних процесів та їх роботизація.

У харчовій промисловості – це збільшення завантаженості обладнання і виробничих потужностей, зменшення температури конденсату, охолодження регенеративного повітря в сушильних апаратах, інтенсифікація теплообміну калориферів сушильних установок, герметизація сушильних установок, раціональна компоновка і додаткова теплоізоляція термічних і паро-варних камер, заміна парових систем опалення на водяну, впровадження хлібопекарних печей з рециркуляцією топкових газів, оснащення власними парогенераторами і тепло-утилізація, впровадження сушарок безперервної дії, пляшко-мийних машин, браго-ректифікаційних установок під вакуумом тощо.

Отже, як бачимо, потенціальні можливості енергозбереження на всіх підприємствах подібні. Для цього необхідно регулярно провадити енергетичний аудит підприємств, організацію обліку споживання енергоресурсів, підвищувати рівень технічного обслуговування обладнання, модернізувати обладнання і технологічні процеси, замінювати старе обладнання на нове, енергетично ефективніше, впроваджувати новітні технології.

6.4. Використання новітніх технологій електронагріву

Значний потенціал збереження енергії в промисловості закладений у використанні ефективних електричних технологій, серед яких електричне нагрівання має найбільші можливості. Альтернативою виробництва тепла іноді може бути і хімічна енергія спалюваного палива. Вибір джерела енергії оснований головним чином на економічних критеріях. Але приймаються до уваги також ефективність і екологічна чистота виробничих процесів.

Електричні нагрівальні системи характеризуються високою технологічною ефективністю і, незважаючи на більшу вартість електроенергії порівняно з іншими джерелами, вони більш економічні внаслідок низьких експлуатаційних витрат. Електротермічні установки добре піддаються автоматизації, забезпечують значну економію сировини. Час нагрівання в електротермічних установках набагато менший, ніж в полум'янистих, що забезпечує високу якість виробництва.

За останні роки електричне нагрівання значно розширило область свого застосування. В першу чергу це стосується переробки промислових відходів, яка буде зростати по мірі розвитку індустріальних суспільств у майбутньому. Це переплавлення лому чорних металів, виробництво спеціальних марок сталі високої якості, обробка рідкісних металів вакуумом, використання інертних газів, використання позапічної обробки металів в конверторах і маргєнівських печах тощо. Електронагрів використовується при роботі з металом, графітом, розплавленим склом, оксидами та іншими неметалічними матеріалами, іонізованими газами та іншими матеріалами, як ізоляторами, так і провідниками та напівпровідниками. Безліч технологічних процесів може використовувати електронагрів: плавка, закалювання, відпуск, відпалювання, гальванізація, зварювання, пайка, сушка, вирощування кристалів, підігрівання перед прокаткою, ковкою чи покриттям тощо.

Важливе значення мають проблеми впливу виробничих процесів на навколишнє середовище. В цьому електричне нагрівання також має значні переваги над полум'янистим. Електротермічні установки мають менші викиди диму і пилу в повітря, менше теплове забруднення довкілля. Завдяки ефективності електронагріву кінцеві витрати енергії зменшуються на 80% у порівнянні з показниками роликової печі камерного типу і на 73% –

відносно газової полум'яної печі. Баланс викидів вуглекислого газу в навколишнє середовище також є більш сприятливий для електронагріву.

Електротермічні процеси, що використовуються для видозмінювання матеріалів і їхніх властивостей, можна підрозділяти на процеси прямого і опосередкованого нагріву. При прямому нагріванні відбувається виділення енергії безпосередньо в самому матеріалі за рахунок протікання струму через матеріал, поглинання енергії електромагнітного поля чи бомбардування частинками. При опосередкованому нагріванні електроенергія перетворюється в тепло поза матеріалом і передається йому за допомогою теплопереносу (конвенції, випромінювання чи теплопровідності).

При протіканні електричного струму в електропровідному матеріалі виділяється тепло. Нагрівання змінним струмом номінальної частоти відбувається нерівномірно внаслідок витіснення струму на поверхню матеріалу. Для того щоб позбутися цього негативного явища використовують джерела низької частоти або постійного струму. Швидке нагрівання внаслідок інтенсивного використання енергії гарантує високу економічну і екологічну ефективність прямого резистивного нагріву. Незначне утворення окалини на поверхні металу та чистота нагрівання у будь-якій робочій атмосфері забезпечують раціональне використання сировини.

Процес прямого резистивного нагрівання широко використовується в промисловості. Це і нагрівання металевих заготовок, проводів, труб і стрічок в установках періодичної і безперервної дії; це і плавлення скла, електроліз алюмінію, електрошлаковий переплав і виробництво графіту; це і виробництво пари в промислових електродних бойлерах тощо. Але матеріал має бути щільно притиснутий до мідних електродів, що є серйозним недоліком прямого нагріву.

Опосередковане резистивне нагрівання здійснюється в спеціальних нагрівальних елементах. Передача тепла матеріалові відбувається за допомогою випромінювання, теплопровідності або конвекції. Нагрівальні елементи різноманітної форми виконуються із жаростійких матеріалів, які дуже часто потребують спеціальних захисних середовищ у вигляді вакууму чи інертного газу. Нагрівальні елементи монтується на ізоляційній керамічній футеровці. Витрати енергії при опосередкованому нагріванні так

само як і при полум'янистому вищі в порівнянні з прямим нагріванням, але і якість обробки матеріалу вища.

Області застосування опосередкованого нагрівання: плавка і термостатування металу і скла, термообробка твердих матеріалів, випалювання керамічних і емальованих покриттів, процеси сушіння, підігрівання розчинів, газів і води.

Спеціальним видом електронагріву є інфрачервоне нагрівання, в якому задіяні механізми поглинання матеріалом довгохвильового випромінювання. Інфрачервоне нагрівання має ряд економічних і екологічних переваг у порівнянні з полум'янистим нагріванням. Використовується найчастіше при сушінні паперу, кераміки, тканин, для затвердіння лаків і фарб на металевих поверхнях тощо.

Індукційне нагрівання широко використовується як виробничий процес при виробництві товарів з провідних матеріалів. Електроенергія за допомогою індуктора перетворюється в енергію магнітного поля, яка поглинається провідниковим матеріалом і перетворюється в теплову енергію нагрівання. Вихрові струми, що виникають при цьому в матеріалі, розподіляються в матеріалі, як і при прямому нагріванні, нерівномірно, але в даному випадку це може давати і позитивний ефект. В залежності від установлені частоти струму можна реалізовувати широкий спектр термічних процесів (поверхневе закалювання, плавка металів та ін.).

Індукційне нагрівання широко застосовується в термообробці металів, при наскрізному нагріванні перед ковкою і прокатом, у зварюванні і пайці, ливарному виробництві чорних, важких і легких металів, спеціальних сплавів і оксидів тощо. Індукційне нагрівання має широку перспективу для використання в безвідходних технологіях, в точному ливарному виробництві, штампуванні тощо.

Діелектричне нагрівання ґрунтується на принципі виділення тепла в непровідному чи ізоляційному матеріалі під дією високочастотного електричного поля. Матеріал дуже швидко і рівномірно розігрівається до потрібної температури в результаті безперервної зміни положення атомів чи молекул у змінному електричному полі. Високочастотне нагрівання в електричному полі конденсатора здійснюється на частотах мегагерцного діапазону. Для забезпечення передачі енергії високочастотна установка оснащена системою електродів, що формують електричне поле в матеріалі. Використовуються також спеціальні електронні лампи, що генерують електричне поле гігагерцного діапазону, яке передається

через хвилеводи і випромінюється в матеріалі, що нагрівається. Традиційно областями використання діелектричного нагрівання є сушіння паперу, тканин, деревини, гуми, смол, зварювання термопластів, мікрохвильові печі та багато інших процесів, що забезпечують економічні та екологічні переваги.

Сильно-струмовий газовий розряд між двома електродами, ввімкненими до джерела живлення, називається електричною дугою. Теплова енергія при дуже високій температурі (тисячі градусів) передається матеріалові головним чином за рахунок теплового випромінювання. Найбільш розповсюдженою областю застосування електродугового нагрівання є переплавка сталюого лому, відновлення оксидів в метали та карбідів. Крім електродугової плавки широко використовуються вакуумні дугові печі для переплавки особливо чистих металів і сплавів найвищої якості, електрозварювання, різання, розпилення металів та різних матеріалів від космічних до медичних технологій.

В області високих технологій застосовуються плазмове, електронно-променеве і лазерне нагрівання матеріалів. Це точна і швидка обробка матеріалів, плавка особливо чистих металів і тугоплавких матеріалів. При плазмовому нагріванні відбувається конвекційна передача тепла матеріалу за допомогою струменя іонізованого стисненого газу в дуговому чи високочастотному плазмотроні. Різновидом плазмового процесу є процес поверхневого зміцнення шляхом азотування і вуглецювання.

Електронно-променеве нагрівання відбувається при бомбардуванні матеріалу електронами, кінетична енергія яких перетворюється в тепло. Електронно-променевий генератор працює на основі емісії електронів з гарячого катоду з подальшим прискоренням в сильному електричному полі. Використовується при зварюванні і свердління матеріалів, а також нанесенні чистих покриттів в оптиці і електроніці.

Лазерне нагрівання ґрунтується на виділенні тепла при поглинанні світла матеріалом. Перетворення енергії відбувається лише в тонкому поверхневому шарі матеріалу. Лазерна система забезпечує емісію когерентного (резонансного) монохроматичного випромінювання, яке фокусується оптичною системою на матеріалі. За допомогою лазерного нагрівання можна виконувати надточну обробку матеріалів (зварювання, пайку, різання або свердління).

Електронно-променеве і лазерне нагрівання буз сумніву належить до перспективних технологій майбутнього.

Індукційне нагрівання матеріалу до температури нижче точки плавлення використовується при обробці металів тиском (ковка, прокат, екструзія). Вторинний струм має бути розподілений в поперечному перетині рівномірно. При нагріванні стрічок і листів індуктори розміщуються з обох боків, викликаючи нагрівання в поперечному магнітному полі, що дає можливість знизити частоту при тій же питомій потужності.

Важливою областю використання індукційного нагрівання є поверхнева термообробка матеріалів (закалювання, відпалювання, пайка). Поверхнєве нагрівання потребує сильного магнітного зв'язку між індуктором і матеріалом. Підбір відповідної форми індуктора забезпечує і точність нагрівання. Ще одна область використання індукційного нагрівання – безперервне зварювання шовних труб. Сформовані зі стрічок трубні заготовки охоплюються одновитковим індуктором, який індукуює в ній вторинний струм, що нагріває бокові пруги, які з'єднуються потім за допомогою обтискних валків.

Використовується індукційне нагрівання і в спеціальних високотехнологічних процесах спікання матеріалів або зонної плавки напівпровідників, наприклад, при вирощуванні монокристалів кремнію. Висока ефективність процесів індукційного нагрівання гарантує значне енергозбереження, підвищення ККД і екологічність технології. Для зменшення використання неефективної реактивної потужності при електропостачанні зазначених технологічних процесів необхідне використання конденсаторних батарей. Необхідне також зменшення втрат в самих індукторах, для чого використовуються багат шарові індуктори.

Індукційна плавка широко застосовується в чорній і кольоровій металургії. За рівнем ефективності використання енергії, якості продукції і гнучкості виробництва вона значно перевищує паливні печі. При індукційній плавці відбувається перехід твердого матеріалу в рідку фазу під дією електромагнітного поля. Так само, як і при індукційному нагріванні, тепло виділяється внаслідок ефекту Джоуля при протіканні вихрових струмів. Первинний струм, що протікає через індуктор, створює електромагнітне поле. Зв'язана система може розглядатися як трансформатор з магнітопроводом або як повітряний трансформатор.

Разом з електромагнітними та тепловими явищами в процесі індукційної плавки важливу роль відіграють електромагнітні сили, що заставляють розплав рухатися відповідним чином, які можна використовувати для перемішування матеріалу. Це має важливе значення для покращення теплообміну, перемішування і адгезії непровідних частинок у розплаві.

Існує два типи індукційних печей: індукційні тигельні печі і індукційні каналні печі. В індукційній тигельній печі (рис. 6.2) індуктор охоплює тигель і шматки матеріалу.

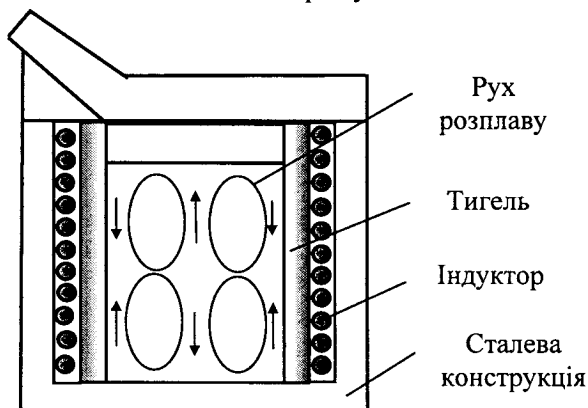


Рис. 6.2. Схема індукційної тигельної печі

Рух розплаву дає можливість рівномірного розподілу температури і однорідного хімічного складу, забезпечуючи високу якість лиття. Перемішування розплаву зменшує втрати матеріалу під час завантаження шихти і добавок. Індукційні тигельні печі з високою ефективністю використовуються при виплавлянні чавуну і алюмінію. Інтенсивне перемішування розплавленого матеріалу має вирішальне значення при виплавці однорідних сплавів, наприклад, латуні.

Індукційна канална піч складається з керамічної ванни і одного або декількох трансформаторів з феромагнітним осердям. Індуктором служить первинна обмотка, а заповнений розплавом канал, устя якого відкривається в ванну, представляє собою вторинний короткозамкнений виток. Отже, принцип дії індукційної каналної печі потребує безперервної наявності рідкого залишку розплаву. Циркуляція розплаву під дією електромагнітних і

термічних сил забезпечує достатнє перенесення тепла в основну масу розплаву в ванні. Завдяки компактності конструкції печі і силі електромагнітного зв'язку її загальний ККД досягає 90%.

Індукційні каналні печі мають багато різновидів конструкції в залежності від області їх застосування. Одноканалні печі використовуються зазвичай для витримки і лиття. Для плавки і витримки кольорових металів застосовують двоканальні конструкції, що забезпечують краще використання електроенергії. Виробництво алюмінію, міді, латуні та інших сплавів є основною областю застосування індукційних каналних електропечей. В перспективі застосування індукційної плавки має стати основою технології виробництва високочистих металів, наприклад, титану і його сплавів, кераміки тощо.

Отже, індукційне ливарне виробництво має ряд значних переваг над паливним. Це високий ККД, низькі втрати розплаву, економне використання матеріальних і енергетичних ресурсів, екологічна чистота виробництва. Подальше покращення економічних показників індукційної плавки може здійснюватися в різних напрямках, наприклад, удосконалення керування. ТанDEM двох індукційних тигельних печей має одне джерело живлення, і поки в одній печі відбувається плавка, в іншій розплавлений метал витримується для розливки. Можна запровадити автоматизоване керування подвійного живлення, компенсацію реактивної потужності.

Особливо показовим є приклад використання електро-термічного способу виробництва алюмінію. Споживання енергії загалом зменшується на 60%, значно зменшуються викиди вуглекислого газу з урахуванням роботи енергосистеми від змішаних електростанцій. Аналогічні результати мають місце в виробництві міді електротермічним способом.

6.5. Енергозбереження в комунальному господарстві

В наш час широкого розповсюдження набув термін «будинки з низьким споживанням енергії». Будівництво таких будинків дає можливість значного зменшення викидів вуглекислого газу і захисту навколишнього середовища. Архітектори і замовники повинні уже сьогодні використовувати стандарти низького споживання енергії при проектуванні і будівництві нових будинків. Такі будинки зовні

не повинні відрізнятися від звичайних. Гарна архітектура і висока комфортність не повинні суперечити захисту навколишнього середовища, а органічно доповнювати одне одного.

Передача тепла (втрати) через стіни, вікна та інші частини будівлі в навколишнє середовище характеризуються так званим К-фактором, що дорівнює тепловому потоку через один квадратний метр при різниці температур в один градус Кельвіна. Втрати тепла визначаються теплопровідністю і тепловіддачею з поверхні. Для середньоєвропейських кліматичних умов товщина теплоізоляційного шару більше ніж 20 см недоцільна, оскільки не дає подальшого суттєвого збереження енергії.

Значний вплив на витрати тепла на обігрівання приміщень виявляє площа зовнішньої поверхні будинку у відношенні до об'єму. Це так званий A/V-фактор. Важливо, щоб внутрішні стіни приміщень були оздоблені матеріалом з великою теплоємністю, що дозволяє зберігати тепло зимою і прохолоду літом. Проте найкращий спосіб збереження енергії – це будинок з досконалою теплоізоляцією (рис. 6.3).

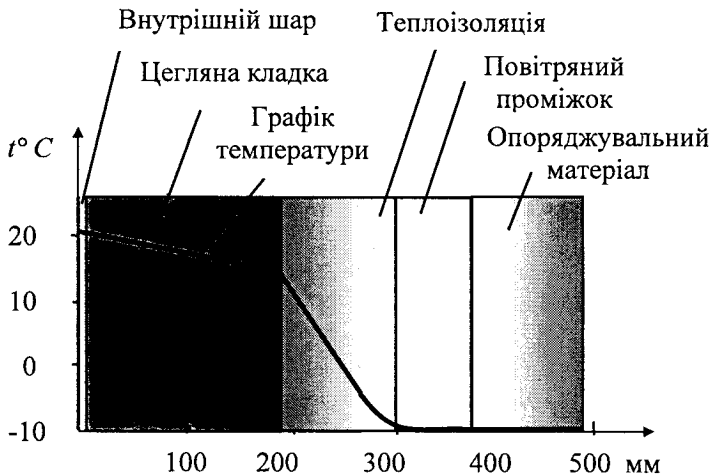


Рис.6.3. Конструкція двошарової стіни з зовнішнім шаром теплоізоляції

Збереженню енергії сприяє також удосконалення конструкції вікон. Значні втрати тепла через вікна визначаються тепло-

провідністю, конвекцією і випромінюванням. Крім того, вікна – дуже важливий елемент обігрівання будинку сонячною енергією. З одного боку, вікна можуть виконувати функцію колектора за рахунок пропускання випромінювання в одному напрямку, з іншого боку, питомі теплові втрати через вікна значно більші, ніж через стіни. Ще донедавна вікна були чи не найслабшою ланкою в будинках щодо втрат тепла. Нині розроблено безліч досконалих скло-пакетних конструкцій вікон. Випромінювання значно зменшилося завдяки спеціальним скло-покриттям. Для зменшення конвекції між склом використовуються інертні гази. Проте не існує будинків з нульовими втратами тепла. В холодну пору року необхідно використовувати обігрівання.

В Німеччині широко використовуються для обігрівання приміщень електронагрівальні пристрої трьох типів: нагрівачі прямої дії, нагрівачі на основі теплових насосів і нагрівачі з акумуляторами тепла. Нагрівачі прямої дії потребують мінімальних капітальних витрат і являються найбільш простими системами опалювання, але потребують додаткового виробництва енергії в холодну пору року, що підвищує витрати на побутову електроенергію. Теплові насоси крім зручності використання в побуті мають суттєві економічні переваги, збільшуючи вихід корисної енергії до 133% від первинної, значно перевищуючи всі втрати на шляху від сирого палива до корисної енергії у споживача. Нагрівачі з акумуляторами тепла – це труби водяного підігрівання підлоги в системі централізованого опалювання і електричне нагрівання підлоги в будинках новітньої конструкції.

Широке застосування отримали системи опалювання з акумулюванням тепла, що встановлюються в кожній кімнаті. Нагрівачі з акумуляторами тепла віддають енергію через поверхню і через підігріте повітря, що нагнітається вентиляторами. Система керування регулює кількість акумульованого тепла у відповідності до середньої температури останніх двох днів з урахуванням теплової інерції масивних конструкцій будинку. Точна стабілізація температури в приміщенні здійснюється за допомогою вентилятора нагрівача, який автоматично вмикається і вимикається в потрібні моменти. Приток тепла від роботи ламп і різних побутових приладів, а також сонячного випромінювання через вікна відразу приводить до зменшення тепловіддачі нагрівача.

Нагрівач з акумуляцією тепла має велику потужність і дуже швидко відновлює потрібну температуру після повернення мешканців у холодну квартиру. Кожну кімнату можна опалювати окремо в залежності від нахилу мешканців. Системи такого опалювання забезпечують мінімум споживання енергії, інформацію про яку можна проконтролювати в будь-який час. Витрати на електроенергію при такому опалюванні складають менше половини всіх витрат на утримання квартири, оскільки споживання електроенергії на нагрівання відбувається в нічний час за пільговим тарифом.

Електричні водонагрівачі в більшості випадків виготовляються з теплоізоляцією, що дозволяє зберігати температуру і вмикати гарячу воду у будь-який час без затримки. Широко використовуються також водонагрівачі проточного типу. Вони компактні, оскільки не мають резервуарів, нагріваючи воду, що протікає через них. Водонагрівачі проточного типу з електронним керуванням оснащені регуляторами потужності, що забезпечує можливість пристосування їх до конкретних умов споживача і зменшення споживання електроенергії на 10%. Температура води на виході залишається незмінною при зміні витрат води.

Величезну перспективу має і застосування теплових насосів. Наочними прикладами використання теплових насосів є звичайні побутові холодильники та кондиціонери. При роботі теплового насосу тепло відбирається від менш нагрітого джерела і передається більш нагрітому споживачеві завдяки введенню в систему додаткової механічної енергії. Для обігрівання теплові насоси до цього часу використовувалися мало, тепло отримували від спалювання дешевого палива.

У більш густо забудованих районах, де транспортування тепла можна здійснювати без значних втрат, використовувалося централізоване опалювання. Але із 100% сирової нафти, що використовується як паливо опалювальної системи, корисно використовується лише 84%, решта втрачається на видобуванні, транспорті і очищенні, і на виході системи опалювання лише 71% первинної енергії становить корисне тепло. Щодо електроенергії, то на виході електростанції корисна енергія складає в середньому 36% первинної, а з урахуванням втрат 3% на транспорт палива споживач використовує лише 33%.

Останнім часом частіше починають використовуватися теплові насоси, особливо в секторі будівництва котеджів і в новітніх забудовах. Сучасні теплові насоси з показником ефективності 4 дають можливість збільшувати корисну енергію до 133% від первинної, та навіть і при ефективності 3 всі втрати, починаючи від сирого палива до отримання корисної енергії у споживача, стають скомпенсованими. В табл. 6.2 наведені результати порівняння ефективності роботи різних систем отримання теплової енергії (відношення корисної енергії до первинної) і питомих викидів вуглекислого газу (г/кВтгод).

Таблиця 6.2

Система опалення	Показник ефективності	Показник викидів CO ₂
На рідкому паливі	71%	353
На газі	80%	224
ТН з електродвигунами	133%	145
ТН тепла доквілля	200%	80

Використання теплових насосів з електродвигунами значно підвищує ефективність використання первинних енергоносіїв і знижує викиди вуглекислого газу в атмосферу. Перспективним є використання теплових насосів на електростанціях для утилізації низькотемпературного тепла. Використання теплових насосів з показником ефективності 4 на теплових електростанціях дає можливість підвищення ефективності до 200%.

Величезне значення має оснащення тепловими насосами і старих будинків. Розроблена система подвійного нагрівання, в якій існуюча система централізованого обігрівання доповнена тепловим насосом. Такі системи економічно вигідні уже при покритті ними 25-50% необхідної енергії. Але фактично тепловими насосами покривається від 65 до 85% річної потреби в тепловій енергії. Лише при дуже низькій температурі бойлер включається в роботу. В таких системах тепло відбирається від зовнішнього повітря. Підключення теплового насосу в систему опалення будинку технічно дуже просте.

В нових будинках для відбору тепла навколишнього середовища можуть використовуватись також ґрунт і ґрунтові води. Найбільш перспективними являються системи опалювання гарячим повітрям і з підігрівом підлоги. Оптимальним розв'язанням

проблеми може служити підігрів підлоги з використанням теплового насосу. Теплопередача здійснюється за допомогою товстих пластмасових труб, які забезпечують незначні втрати тепла. В добре теплоізолюваному будинку температура води на вході може бути зменшена до 30 °С в найбільш холодні дні, і це дає можливість збільшення річного показника ефективності до 5. Температура води в системі опалення регулюється в залежності від температури навколишнього середовища.

Завдяки автоматичному керуванню системою опалення враховується також дія інших джерел тепла (сонячної радіації, роботи побутових електроприладів, людських тіл тощо). Теплові насоси – це екологічно чисті системи, що забезпечують збереження енергоресурсів і очищення навколишнього середовища. Теплові насоси в комплексі з поновлюваними джерелами енергії і регенерації тепла є найбільш перспективними системами використання теплової енергії.

Після реконструкції старих будинків, в яких були встановлені склопластикові вікна, стала проявлятися нестача натуральної вентиляції повітря. Використання механічних систем вентиляції дозволяє уникнути втрат тепла при надлишковій вентиляції через відкриті вікна і в той же час підвищити вологість при її недостатці. Регенерація теплової енергії за допомогою теплообміну широко використовується в потужних вентиляторних системах, які встановлюються в готелях, універмагах, лікарнях тощо. Конструкція сучасних житлових будинків передбачає досить прості вентиляторні системи, вмонтовані в стіни, що може забезпечувати кожную квартиру достатньою кількістю свіжого повітря.

Ефективним способом зменшення теплового навантаження в системах опалення, вентиляції і кондиціонування повітря в промислових і громадських будинках служить видалення витяжного повітря через між-скляний простір вікон. Цей спосіб особливо ефективний в приміщеннях, в яких не допускається рециркуляція внутрішнього повітря. Економія в холодну пору року на опалювання досягається за рахунок утилізації тепла викидного повітря в між-скляному просторі. Вентиляція вікна дає можливість значного підвищення температури поверхні застелення, що покращує гігієнічні умови в приміщенні в холодну пору року. В теплу пору року при вентиляції між-скляного простору з нього видалається поглинуте тепло сонячної радіації, що проникає через скло і знижує

доступ тепла від сонячної радіації і теплове навантаження на систему вентиляції і кондиціювання повітря.

Зниження теплового навантаження можна досягти використанням нічного провітрювання приміщень. Такий спосіб енергозбереження оснований на охолодженні приміщень зовнішнім прохолодним повітрям. Система вентиляції працює вночі, коли в приміщенні відсутні люди. Крім того, має місце додаткове споживання дешевої нічної електроенергії в системі вентиляції і кондиціювання повітря. Це дає можливість значного зниження витрат штучного холоду і теплового навантаження на систему в денні і особливо в ранішні часи.

Ефективність нічного провітрювання приміщень зростає, якщо використовувати пустотні між-етажні перекриття як повітроводи. В такому випадку перекриття відіграє роль акумулятора нічної прохолоди і дозволяє додатково знизити температуру проточного повітря в денні часи. В холодну пору року між-етажні перекриття можна використовувати як акумулятор тепла в системі опалювання. Тепле повітря проходить через канали і потім попадає в приміщення. Це так звана комбінована панельно-повітряна система опалення, яка забезпечує чудовий гігієнічний ефект і дає можливість значної економії тепла, особливо при наявності можливості уривчастого опалення.

Значного скорочення загального терміну роботи систем опалення, вентиляції і кондиціювання повітря можна досягти шляхом регулювання теплоподачі і періодичного вмикання і вимикання системи в нічні часи. Охолодження приміщення в нічні часи залежить від теплового захисту будівлі, і тому зазначені заходи можливі лише в досить утеплених будинках.

Обігрівання приміщень потребує не тільки вирішення проблем забезпечення мешканців теплом для створення комфортних умов, але і зменшення втрат теплової енергії внаслідок дефектів стінних конструкцій, недостатньої їх теплоізоляції, старих вікон тощо. Місця розташування так званих теплових мостів і дефекти теплоізоляції можна визначити за градієнтом (швидкістю зміни) температурного поля. Картину температурного поля об'єкта можна отримати різними методами вимірювання. Останнім часом для визначення джерел підвищеного теплового випромінювання широко використовуються інфрачервоні термографи.

Важливим напрямком енергозбереження є освоєння ефективних систем освітлення і забезпечення їх раціонального використання. Витрати на освітлювання можна зменшити при високій якості освітлення шляхом покращення характеристик ламп, підвищення світловіддачі, збільшення ККД, використання систем автоматизації.

Розроблено ряд енергоекономних конструкцій люмінесцентних ламп, зокрема з новими три-смужними люмінофорами. Ці лампи відрізняються не лише підвищеною світловою віддачею, але і значно покращеною кольоровою передачею. Сучасні вмонтовані світильники для громадських приміщень, оснащені ефективним світловим перерозподілом (дзеркальні решітки, відбивачі, призматичні розсіювачі) мають ККД більше 70%, а в нових підвісних світильниках, які випромінюють як в нижню півкулю, так і на стелю, він перевищує 80%. Для підвищення ефективності освітлення адміністративних та інших соціальних приміщень необхідна заміна старих світильників новими з три-смужним спектром і дзеркальною решіткою, і це дасть можливість знизити витрати електроенергії на 25-30%. Укомплектування світильників підвищеної світловіддачі електронними пусковими регулюючими апаратами замість електромагнітних дасть ще 20% економічного ефекту.

Нарешті, використання систем автоматичного регулювання освітлення в залежності від інтенсивності денного освітлення може дати додатковий економічний ефект від 20 до 25%. Проведення всіх цих заходів дозволить реально зменшити установлені потужності освітлювальних установок на 65-75%. Звичайно, нове високоефективне обладнання потребує немалих капіталовкладень. Термін окупності капітальних витрат залежить від тарифів на електроенергію, вартості старих і нових світильників, їх потужності та загальних термінів функціонування освітлювальних установок.

6.6. Використання технічних і організаційних засобів

Системи і прилади обліку витрат енергоресурсів стали одним з найважливіших факторів енергозбереження. Використання приладів обліку і регулювання витрат енергоресурсів і води в житлово-комунальному господарстві можуть значно впливати на загальні витрати ресурсів у масштабі всієї країни. Для обліку енергоресурсів важливе значення мають витратоміри. Дослідження існуючих систем обліку показують, що оплачування витрат тепла по

житловому фонду перевищують фактичні на 25-30%. Витрати на установку лічильників гарячої води окупаються не пізніше як за півроку. Установка лічильників дає можливість упорядкування розрахунків і виключає необґрунтованість платежів, ви можете бути впевнені, що платите лише за те, що спожили. Звичайно установка приладів обліку сама по собі не дає економії, але є першим необхідним кроком будь-якої програми заходів з економії енергоресурсів.

Функціональна номенклатура приладів обліку тепла і теплоносіїв включає витратоміри пари, лічильники гарячої і холодної води, лічильники пари, теплові лічильники, обчислювачі, розподільники витрат тепла, датчики температури, манометри, таймери, принтери тощо. Головну роль відіграють прилади для вимірювання витрат теплоносіїв і кількості тепла.

Для комерційного обліку холодної і гарячої води використовуються лічильники води з механічним принципом дії. Чутливим елементом цих приладів служить роторний пристрій, розташований у потоці води, яка протікає через прилад. Крутильний момент, що створюється потоком води, від крильчатки передається на лічильний механізм. Існують інші типи лічильників води: електромагнітні, вихрові, ультразвукові, кореляційні.

Прилади обліку теплової енергії дають можливість корегувати фінансові розрахунки між постачальниками і споживачами і стимулюють як перших, так і других до проведення заходів з енергозбереження. Існуючий попит на такі прилади визначає і широкі пропозиції засобів обліку, різноманітних як за ціною, так і за функціональними можливостями. Облік теплової енергії здійснюється на основі вимірювання ряду параметрів теплоносія (первинні вимірювальні прилади) і обчислення на їх основі відпущеного чи спожитого тепла (тепло-обчислювач). Комплексні прилади, які виконують зазначені функції, називаються лічильниками теплової енергії.

Для вимірювання обсягу природного газу неможливо обійтися без приведення до нормальних умов використання побутових (низького тиску) і промислових (високого тиску) лічильників газу. При організації обліку газу з приведенням його параметрів до нормальних умов використовуються системи обліку, до складу яких входять витратомір, перетворювач температури і тиску, а також

обчислювач-коректор. Для визначення витрат газу можна використовувати турбінні і вихрові витратоміри.

Останнім часом для широкого кола споживачів актуальною стає задача контролю і регулювання параметрів енергопостачання, що дає можливість оптимізації споживання енергії, а також суттєво зменшує плату за використання енергоресурсів. Регулюючі системи опалювання підрозділяються на два основні типи: регулятори прямої дії і електронні регулятори. Регулятори прямої дії забезпечують підтримку певного рівня одного з параметрів, наприклад, витрат води, температури, тиску тощо. Електронні регулятори призначені для розв'язання більш складних задач і виконують одночасно декілька функцій, наприклад, підтримування заданого режиму тепlopостачання в залежності від температури навколишнього середовища, крім того, вони можуть виконувати функції корегування температурного графіка за бажанням користувача, функції обмеження певних параметрів режиму тощо.

Радіаторний термостат – простий і надійний прилад для автоматичної підтримки комфортної температури повітря в приміщенні. Термостат установлюється в системі опалювання приміщення перед опалювальним приладом. Термостат дає можливість уникнення перегрівання в приміщенні в перехідні періоди опалювального сезону.

Температура в приміщенні підтримується за допомогою змінювання потоку гарячої води через опалювальний прилад за рахунок переміщення штоку клапана так званим сильфоном, що автоматично змінює свій об'єм при зміні темпері повітря навколо нього. Розширенню сильфона при підвищенні температури протидіє пружина, стискання якої регулюється поворотом налагоджувальної рукоятки. Термостат дає можливість економії в середньому 20% тепла на опалення за рахунок компенсації тепловиділення від сонячних променів, людських тіл, електропобутових приладів, підтримки комфортної температури повітря.

Для обліку електроенергії використовуються лічильники, які поділяються на багато різновидів: індукційні і електронні, однофазні і трифазні, одно-тарифні і дво-тарифні, для активної і реактивної енергії, з одним і двома напрямками обліку тощо.

Сучасні технології вимірювання, передачі і обробки інформації дають можливість реалізації обліку енергоресурсів в реальному чи близькому до нього часі. Системи вимірювання, збору, обробки та

передачі інформації про споживання і виробництво енергоресурсів називаються автоматизованими системами контролю і обліку енергоресурсів. В процесі свого розвитку вони перетворилися в більш складні системи контролю, діагностики, розпізнавання образів, а також в автоматичні системи управління технологічними процесами.

Вимірювальними компонентами інформаційних систем являються засоби вимірювання: вимірювальні прилади, перетворювачі, комутатори. Для передачі інформації на відстань використовуються канали провідної передачі або навколишнє середовище з мінімальним спотворенням сигналів. Обчислювальними компонентами являються спеціальні цифрові пристрої і їх програмне забезпечення. Конструктивно вони об'єднуються в централізовані або децентралізовані інформаційно-вимірювальні системи.

Високий рівень споживання енергоресурсів і безперервне зростання тарифів вимагають пошуків шляхів зниження енергетичної складової вартості продукції. Досвід показує, що ефективно вирішити цю проблему власними силами управління конкретного підприємства промисловості, транспорту чи комунальної служби неможливо. За нинішніх умов розробка і реалізація ефективної програми енергозбереження повинні покладатися на незалежні енергетичні аудиторські фірми і консалтингові структури.

Головною метою енергоаудиту являється комплексний аналіз всіх систем енергоспоживання підприємства для визначення потенційних можливостей енергозбереження і виявлення основних напрямків його реалізації, а також для розробки заходів і технічних рішень, які дають можливість зниження енергоспоживання і, як наслідок, фінансових витрат на оплату паливно-енергетичних ресурсів. Досвід показує, що потенціал енергозбереження на будь-якому підприємстві може складати як мінімум 15-25% по теплу і 10-20% по електроенергії.

Основою енергоаудиту є методичне забезпечення, що визначає алгоритм проведення досліджень енергетичного господарства. Аудиторські фірми зазвичай реалізують свої власні методи, які пройшли експертизу відповідних інстанцій. Дуже часто перепоною на шляху проведення ефективних досліджень є певна закритість служб підприємств у наданні необхідної інформації. При опрацюванні і аналізі вихідної інформації найбільш складним

етапом являється розробка фактичних і нормативно-розрахункових енергетичних балансів, які дають можливість проведення ретроспективного аналізу і виявлення втрат енергії і енергоносіїв для визначення причин нераціонального енергоспоживання і розробки енергозберігаючих заходів і рекомендацій.

Найчастіше мають місце наступні причини нераціональних витрат паливно-енергетичних ресурсів.

По режиму роботи обладнання – це низьке його завантаження, використання опалювання в неробочі часи, денне освітлення, неповне завантаження електропечей, відсутність належного контролю охолоджувальних пристроїв тощо.

При використанні палива – це порушення технології спалювання, нераціональне використання утилізації тепла, завищені витрати тепла на власні потреби, втрати в обмуруванні котлів і теплопроводів внаслідок неефективної теплоізоляції, відсутності достовірного обліку відпуску тепла тощо. При використанні теплової енергії – це значні втрати пари і конденсату, втрати тепла при його транспорті, значні втрати в будинках і приміщеннях внаслідок розгерметизації вікон через зовнішні стіни, відсутності теплових завіс тощо.

При використанні електроенергії – це також неповне завантаження електричного обладнання, використання гвинтових компресорів замість поршневих, питомі витрати електроенергії яких в 3 рази більші, нераціональне електроосвітлення і використання світильників застарілих конструкцій, завищені витрати електроенергії у вентиляторних установках, завищені втрати в електромережах внаслідок незадовільного використання компенсаційних пристроїв і недотримання оптимальності режиму тощо.

Крім того, це також і незадовільна система нормування витрат паливно-енергетичних ресурсів на виробництві, що не дозволяє зіставляти показники питомого енергоспоживання в споріднених підприємствах і мати середні показники енергоефективності по галузі загалом.

6.7. Деякі загальні рекомендації по енергоефективності

Невідповідність вимог до заходів з енергетичної ефективності і енергозбереження є причиною значних витрат для економіки, що завдає збитків бізнесу, впливає на платіжний баланс країни і є

однією з причин важких випробувань для мільйонів сімей. Погана теплоізоляція будинків, як відомо, приводить до росту захворюваності внаслідок переохолодження і стресового стану. Навіть при сучасному економічному стані, коли ціни на енергію ефективно субсидуються, існує величезний простір для заходів з енергоефективності. Давно доведено, що від 10 до 30% первинного споживання енергії можна було б зекономити за рахунок покращення ефективності енергетичного господарства.

Енергоефективність може забезпечити доходи постачальникам і споживачам з точки зору зайнятості. Отримані оцінки показують, що інвестиції в скорочення витрат енергії збільшують кількість робочих місць в 3-4 рази, що стає вкладом споживачів у регіональний розвиток. Інституційні зміни, можливо, є чи не найголовнішим механізмом для усунення перешкод на шляху до енергоефективності. Вже нині існують економічно ефективні технології, однак зараз перш за все необхідно здійснити підтримку і забезпечити стимулювання ринкового розвитку.

Заходи з енергоефективності споживачів не здійснюються аналогічним чином, як це має місце для постачальників. Як комунальні підприємства, так і уряд більше схиляються до інвестування своїх коштів постачальникам, яких вони можуть краще контролювати. Споживачі мають економічні стимули для покращення енергоефективності, однак вони не мають необхідних коштів. Заходи керування в середовищі споживачів могли б повернути витрати на саме керування і зменшити збитки для комерційних доходів. Виникає занепокоєння, що може розглядатися можливість скорочення використання енергії споживачами з метою збільшення їхніх статків. Це приведе до відмови споживачів по справжньому зекономити енергію і до серйозних наслідків для навколишнього середовища. Для України, де раніше не було обліку енергії, дуже важливо, щоб встановлення лічильників проводилось одночасно з енергозберігаючими заходами, інакше бідні сім'ї, що мешкають в погано теплоізольованих приміщеннях, не зможуть достатньо опалювати свої будинки, що приведе до серйозної політичної дестабілізації.

Зміни інфраструктури здійснюються в основному приватними споживачами, у яких відсутній належний доступ до низькопроцентних банківських кредитів. Одна з фундаментальних переваг планування ресурсів полягає в тому, що воно краще працює

в інтегрованій і централізовано спрямованій інфраструктурі енергопостачання, а не в умовах вільного ринку. Фінансові і енергопостачальні компанії при розумній економічній політиці держави, очевидно, краще підходять для поділу прибутків від проданих об'ємів в умовах вільного ринку. Тоді вони інвестують кошти в підвищення ефективності використання енергії в будинках населення і сфері бізнесу, переводячи кошти за кожен одиницю палива в рахунок інвестицій.

З приходом вільного ринку, приватизацією промисловості і підвищенням конкуренції все більше простежується тенденція пошуку прибутків за короткий час, часто за рахунок погіршення навколишнього середовища. Це спостерігається, зокрема, у вугільній промисловості, де починає простежуватися тенденція видобутку вугілля відкритим способом. Комерціалізація атомної промисловості викликає стурбованість у зв'язку з ризиком аварій, суттєвим зменшенням кількості робочих місць і змінами в цій галузі в напрямку прибутковості. Основними повинні бути вимоги безпеки. Однак, відсутність регулювання, лібералізація і приватизація роблять атомну енергетику значно менш привабливою, тож фінансування атомних станцій буде незначним.

Транс-європейські енергетичні мережі планувались для підтримки відкриття внутрішнього ринку, а також для гарантування безпеки поставок і допомоги регіонам, що знаходяться в гіршому становищі. Однак не було зроблено оцінки можливості для дешевого і екологічно чистого постачання енергії. Замість того, щоб спиратися тільки на ТЕС, необхідно розглядати децентралізовані структури виробництва енергії, які дають більше економічних прибутків і вирішують більше проблем в соціальній сфері, ніж централізоване виробництво енергії.

Без відповідних заходів безпеки рух до ринкової лібералізації може мати руйнівні наслідки для навколишнього середовища. Конкуренція, результатом якої є зниження цін на паливо, приводить до зменшення інвестицій у заходи з підвищення енергоефективності і використання відновлюваних джерел енергії. Механізми ефективного раціонального планування необхідні для забезпечення компаніям поставок і розподілу енергії, зниження попиту на одиницю продукції і збільшення кількості рішень з планування. Зараз компанії, що постачають енергію, прагнуть продати якомога більше палива, добиваючись максимуму збільшення прибутку.

Рекомендації щодо підвищення ефективності енергетичної галузі не є такі однозначні і очевидні, але все ж слід визначити деякі основні моменти.

В міру просування до вільного ринку все частіше виникають екологічно чисті і соціально орієнтовані структури постачальників, які спираються на енергоефективність і відновлювані джерела. Однак продовжує і далі існувати необхідність в заходах з охорони навколишнього середовища, що приводить до зміни домінування правил конкуренції.

Необхідно забезпечити законодавчі межі, які гарантують, що будь-яка підтримка використання відновлюваних джерел енергії не може бути змінена в рамках законодавства, прийняти стратегічний план збереження навколишнього середовища при лібералізації енергетичного ринку, вимагати запровадження раціонального планування з метою забезпечення енергетичних потреб майбутнього, а не пошуку нових джерел споживання. Вимагати від усіх постачальників енергії підтримувати користувачів у питанні зменшення споживання електричної енергії, 5% річного прибутку комунальних послуг потрібно направляти на програми з енергоефективності.

Політика уряду має сприяти підтримці розвитку енергообслуговуючих компаній з боку місцевих влад, сприяти фінансуванню енергоефективних заходів у громадському секторі шляхом громадських і приватних ініціатив, залучати комунальних споживачів до придбання нових некомерційних енергоефективних технологій; ввести обов'язкове енергоефективне маркування, що показує річні експлуатаційні витрати, включаючи всі домашні прилади, розробити офіційні схеми маркування будинків, що дозволить проводити енергоаудит будинків на продаж; розробити стратегію енергозбереження, що спирається на загальноєвропейські традиції; забезпечити гранти і субсидії для енергозберігаючих заходів, що спрямовані на підтримку сімей з малими доходами; вести правила і критерії з удосконалення енергоефективності будинків, освітлення і побутових приладів, покращити мінімальні стандарти теплоізоляції будинків, підтримувати освітні та інформаційні програми в засобах масової інформації.

З боку центральних органів виконавчої влади розповсюджувати і запроваджувати енергозберігаючі технології, зменшити ризик і ринкові витрати для приватного сектору енергоефективного

підприємництва, подолати перепону «орендар-господар» скрізь, де існує поділ відповідальності між інвестором і споживачем, гарантувати, що податки на енергоефективні матеріали не будуть перевищувати податки на енергію. Розробляти фіскальні механізми, такі як «вуглекислий податок». Це сприятиме тому, що податки не стануть надто руйнівними в найближчий час для тих, хто перебуває в енергетичній бідності і насправді використовує річний дохід, щоб покращити їх поповнення на середньостроковому рівні. Створити незалежні експертні ради по енергоефективності і організувати навчання для тих, хто встановлює і постачає обладнання споживачам. Вжити заходів з регулювання інформації, які були б ґрунтовані на відповідності принципам стійкого розвитку, енергетичної ефективності і екологічної доцільності.

Розділ 7

ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННИХ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ

2.1. Загальна характеристика

Вторинні енергетичні ресурси – це відходи виробництва, які можна використовувати у вигляді палива (доменний газ, щепа, тирса, стружка, тверді, рідкі і газоподібні відходи хімічної і нафтохімічної промисловості тощо), тепло вихідних газів, золи шлаків, гарячої води і пари та інших робочих тіл систем охолодження технологічних установок, а також потенційної енергії відпрацьованих газів, води, пари тощо, які можна ще використовувати для отримання електричної чи механічної енергії.

Ефективність використання палива будь-якої енерготехнологічної установки можна підвищити, якщо максимально використати це паливо безпосередньо для реалізації технологічного процесу. Досягається це зазвичай шляхом регенерації, рекуперації і рециркуляції відхідного тепла в самому джерелі вторинного енергетичного ресурсу. Наприклад, підігрів дуттового повітря на виході нагрівальної чи термічної печі, що подається на її вхід для спалювання палива. Збільшення температури дуттового повітря на 60 °С знижує витрати палива на 2%. Але використання остаточного потенціалу димових газів можливо за умови наявності споживачів низькопотенційного тепла.

При експлуатації традиційних теплових електростанцій велика кількість виробленого тепла скидається в атмосферу через конденсат пари, градирні тощо. Більша частина цього тепла могла б бути використана в системах когенерації. При цьому ККД можна підвищити з 30-50% до 80-90%.

У більшості випадків температура вихідних газів різноманітних промислових печей і нагрівальних пристроїв змінюється в межах

450-900 °С, що дає можливість виробництва в котлах-утилізаторах пари для технологічних і енергетичних потреб. При цьому охолодження продуктів згоряння в котлі-утилізаторі з многократною примусовою циркуляцією відбувається до температури 200-230 °С за рахунок роботи спеціального циркуляційного насосу. Охолодження досягається за рахунок пропуску води через змійовик труби поглинаючої конструкції. Втрати тепла з охолоджувальною водою складають значну частину в тепловому балансі будь-якої металургійної печі. Наприклад, в мартенівських печах це становить 15-20%.

Найбільш доцільним способом використання тепла охолоджувальної води є використання випарувальних охолоджувачів, за допомогою яких відбувається часткове її випаровування. Внаслідок використання прихованого тепла пароутворення витрати води скорочуються в десятки разів. Пару, що утворилася в системі випарувального охолоджувача, значно легше використовувати, ніж гарячу воду. Різке скорочення витрат води на охолодження робить рентабельним живлення охолоджувальної системи хімічно очищеною водою, що в декілька разів підвищує термічну функцію системи охолодження.

На металургійних і машинобудівних підприємствах вторинні енергоресурси високих параметрів мають місце головним чином у мартенівських, нагрівальних і термічних печах у вигляді тепла вихідних газів і тепла охолоджувальних установок, печей, пресів, молотів і продукції. Доменні гази, що мають високу температуру згоряння можуть використовуватись у газових безкомпресних утилізаційних турбінах для виробництва електроенергії. Тепло вихідних газів повітрянагрівачів доменних печей і кауперів, температура яких змінюється в межах 150-600 °С, може бути використане для виробництва пари і води, а також для підігрівання доменного газу.

Перспективним може бути використання тепла шлаків у кольоровій металургії, що мають температуру до 1300 °С, втрата якого може становити від 15 до 70% первинної енергії. В чорній металургії значні втрати тепла мають місце в агломераційному і феросплавному виробництві. В машинобудівній сфері поки що мають місце досить великі теплові відходи з вихідними газами, не використовується тепло охолодження нагрівальних і термічних печей, вагранного і ковальсько-пресового обладнання тощо. В промисловості будівельних матеріалів вторинні енергоресурси можуть

бути використані при випалі цементного клінкеру і в керамічному виробництві, при виробленні скла, цегли, вапна тощо, а також у вигляді тепла вихідних газів тунельних, шахтних та інших печей.

Значними споживачами пари, електроенергії, гарячої води, а також холоду являються майже всі галузі харчової промисловості, а отже вони також можуть вважатися значними джерелами вторинних енергоресурсів.

Величезним джерелом вторинних енергоресурсів є теплові електричні станції. Це і тепло нагрітої води конденсаційних установок, в яких викидається в навколишнє середовище до 50 % теплової енергії палива, це і тепло вихідних газів котельних установок, а також відхідне тепло продуктів згорання газотурбінних установок.

Таким чином, джерелами вторинних енергетичних ресурсів виступають різноманітні технологічні апарати недосконалих в енергетичному відношенні конструкцій, що працюють з низьким коефіцієнтом використання палива.

7.2. Використання тепла вихідних газів

Отже під вторинним енергетичним ресурсом розуміють енергію, не втрачену в основному технологічному процесі, яка може бути використана для потреб енергетики у вигляді додаткової електроенергії чи тепла, для нужд опалювання і гарячого водопостачання. Використання вторинних енергоресурсів, яке дає в решті решт економію природного палива, обходиться в 2-4 рази дешевше по капітальним витратам, ніж пряме використання рівноцінної кількості палива.

Основною складовою теплового балансу будь-якого теплового технологічного процесу являються втрати з вихідними газами. Ця величина може змінюватись в межах від 35 % при нагріванні і термообробці металів до 70 % у високотемпературних плавильних процесах. Доцільність і ефективність використання вторинного енергетичного ресурсу визначається потужністю його джерела, безперервністю отримання тепла і температурною рівномірністю відносно температури навколишнього середовища. В найбільшій мірі цим вимогам відповідає тепло відпрацьованих газів.

Використання таких вторинних енергетичних ресурсів здійснюється за допомогою теплообмінників для відпрацьованих газів.

Допустима гранична температура металічного рекуператорного теплообміну визначається жаростійкістю використовуваних марок сталі. Для підвищення жаростійкості використовується алітирування, тобто покриття поверхні тонким шаром розплавленого алюмінію, та хромове легування. Найбільш поширена конструкція змійовикового конвекторного трубчатого рекуператора (рис. 7.1), яка характеризується малою металоємністю і безперешкодним температурним подовженням змійовика.

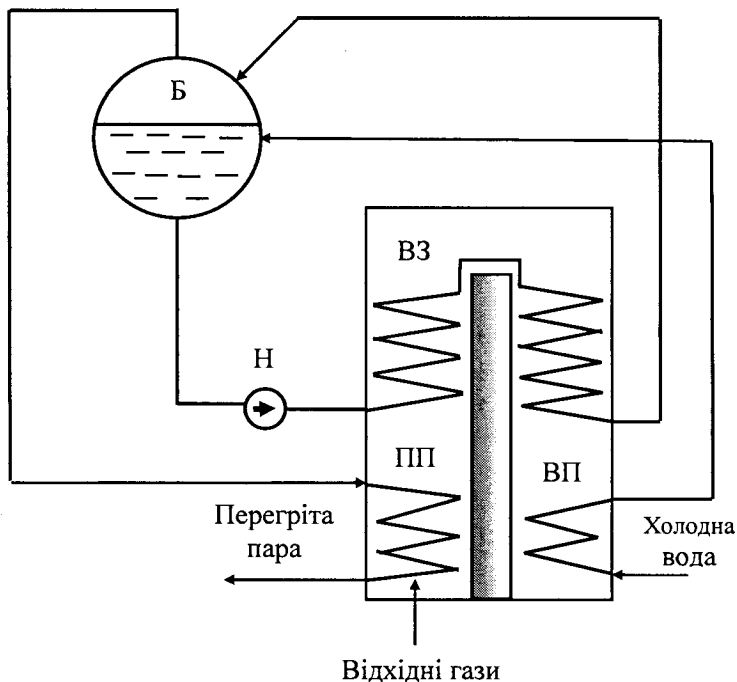


Рис. 7.1. Схема котла-утилизатора з примусовою циркуляцією: Б – барабан, ВЗ – випарний змійовик, Н – циркуляційний насос, ПП – пароперегрівач, ВП – водопідігрів.

Енергетичне використання тепла відпрацьованих газів в металургійній, хімічній та інших технологіях дозволяє економити щорічно мільйони тон умовного палива. Це тепло може використовуватись в системі опалювання і гарячого водопостачання. Для установок великої потужності оптимальним є утилізація тепла

вихідних газів у виробництво електроенергії. Найбільш ефективно при цьому використання паротурбінних установок.

Принципова схема паротурбінної установки (ПТУ), що працює на теплі вихідних газів, показана на рис. 7.2.

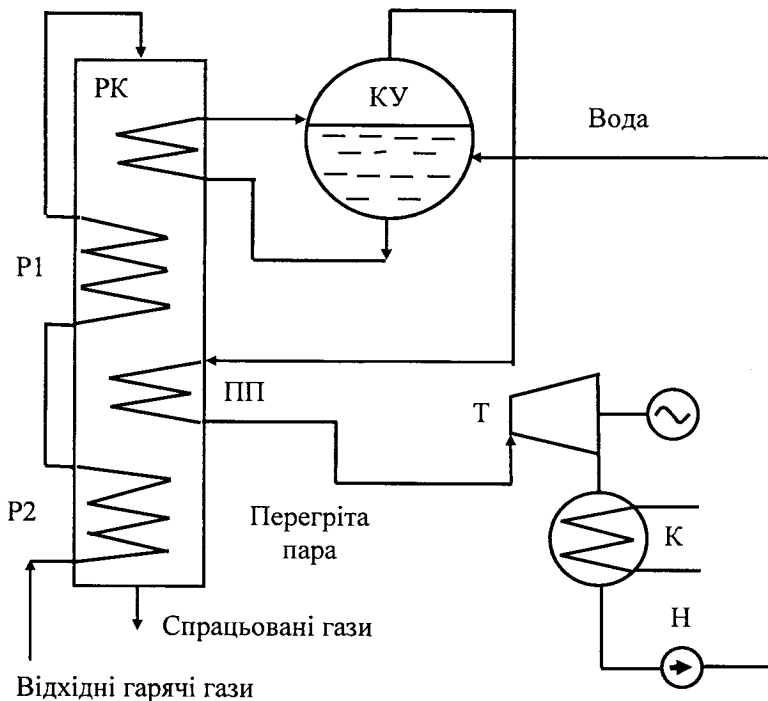


Рис. 7.2. Принципова схема ПТУ на теплі відхідних газів:
 РК – робоча камеран, КУ – котел-утилізатор, P1, P2 – рекуператори, ПП – пароперегрівач, Т – турбогенератор, К – конденсатор, Н – циркуляційний насос.

Відпрацьовані газы поступають із робочої камери технологічної установки, наприклад, колектора сталеливарного цеху металургійного заводу, нагрівають і випаровують воду котла-утилізатора. Водяна пара перегрівается в пароперегрівачі і поступає в парову турбину. Із конденсатора вода повертається в котел. Повітря, що подається в робочу камеру, підігрівается в нижньому і верхньому ступенях рекуператора.

При високих температурах вихідних газів котли-утилізатори оснащені екранними поверхнями нагріву і мають таку ж компоновку, як і звичайні парові котли, але без повітродігрівання, тому екранну камеру називають топкою. В цій камері відбувається перше охолодження вихідного газу, яке необхідне для затвердіння виносних розплавлених частинок шлаку та інших продуктів, щоб вони не прилипали до холодних зміювиків. У топці котла-утилізатора, який має всі компоненти звичайного котла, спалюються і горючі компоненти вихідних газів. Для підвищення ефективності котли-утилізатори проектується з многократною примусовою циркуляцією з використанням робочих і резервних циркуляційних насосів.

У кольоровій металургії вихідні гази відрізняються високою температурою 1200-1300 °С і вмістом до 40 г/м³ твердих, рідких і пароподібних фракцій. Для уникнення шлакування котел-утилізатор має додаткову камеру радіаційного охолодження вихідних газів до температури 800-850 °С. В камері відбувається гранулювання твердих і рідких фракцій.

Використання тепла високотемпературних газів кисневих конверторів на заводах чорної металургії ускладнюється наявністю в цих газах оксиду вуглецю СО, а також його високою запиленістю. Сучасні котли-утилізатори конверторного газу передбачають спалювання СО і використання газоочисних скрубєрів і електрофільтрів. Парові акумулятори забезпечують безперервну роботу парової турбіни при циклічній роботі конвертора.

Котли-утилізатори з башенною компоновкою призначені для утилізації тепла вихідних газів в газотурбінних і парогазових установках, за допомогою яких ККД парогазових установок значно підвищується і може досягати 60 %. Значними джерелами такої вторинної енергії являються газоперекачувальні станції магістральних газопроводів, для приводу компресорів яких використовуються газотурбінні установки.

Аналогічну до котлів-утилізаторів конструкцію мають і енерготехнологічні котли, призначені для спалювання побічних газоподібних і рідких продуктів деяких хімічних виробництв для їх знешкодження та отримання корисних вторинних речовин. Подібним чином утилізуються чорні щолоки в сульфатно-целюлозному виробництві, що дає можливість значно знизити викиди сполук сірки в атмосферу. Сірководень і розплавлена сірка використовуються у виробництві сірчаної кислоти. Нітрозні гази

спалюються при виробництві азотної кислоти. Технічний водень використовується в складі нейтрального газу.

Широка номенклатура різноманітних котлів-утилізаторів і енерготехнологічних котлів дає можливість не лише економити цінні енергетичні природні ресурси, але і значно покращувати екологічну ситуацію в промислових містах і районах.

Аналогічною за технологією використання вторинних енергоресурсів є і утилізація тепла примусового охолодження. В високотемпературних печах стінкам передаються інтенсивні теплові потоки. Для збереження вогнестійкості футеровки печі від розтріскування і викришування під впливом термічних напруг використовується інтенсивне охолодження. Для цього в футеровці печі закладаються металеві кесони, через які прокачується вода. На внутрішніх стінках кесонів відбувається пузирчасте кипіння, яке забезпечує високу інтенсивність відведення тепла. Це тепло може бути утилізоване за допомогою теплових установок випарувального охолодження (рис. 7.3).

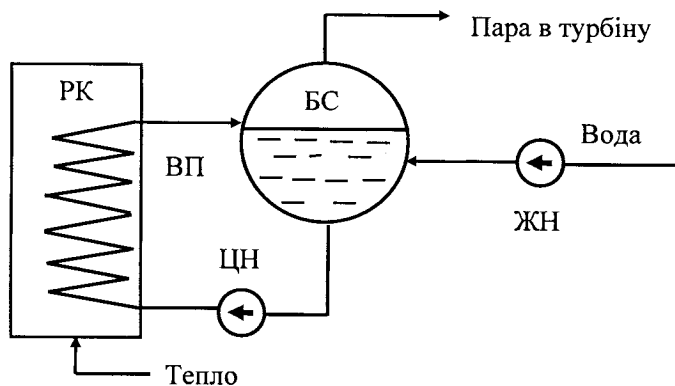


Рис. 7.3. Схема випарувального охолодження: РК – робоча камера, БС – барабан-сепаратор, ВП – випарувальний теплообмінник, ЦН – центральний насос, ЖН – живильний насос.

Тепло від технологічної установки, наприклад, плавильної камери, передається трубам випарувального охолодження. Пароводяна суміш поступає в барабан-сепаратор. Пара під тиском по паропроводу подається в турбіну, рідка фаза повертається циркуляційним насосом у випарний теплообмінник. Втрата рідкої фази компенсується живильним насосом. Для підвищення ефектив-

ності установки, як і в котлах-утилізаторах, може застосовуватися багатократна примусова циркуляція.

Елементи системи випарувального охолодження мартенівських, доменних та інших печей виготовляються зі сталених труб малого діаметру, з'єднаних в кесони потрібної конфігурації. При цьому теплове навантаження на систему охолодження внаслідок потужного променевого потоку від високотемпературного факела і розжарених мас металу і шлаку може досягати 600 кВт/м^2 , що перевищує навантаження топочного екрану сучасного котлоагрегату. При випарувальному охолодженні необхідно забезпечувати безнакипний режим роботи теплообмінника, що потребує відповідної якості живильної води.

7.3. Використання тепла продуктів виробництва

Резерви вторинних енергоресурсів можна знайти в багатьох галузях промислового виробництва, навіть на підприємствах молочної промисловості. Найчастіше це супутнє тепло продукції, але може бути використане і тепло відходів, як, наприклад, шлаків у металургії. Це тепло частково використовується для регенеративного нагрівання дуттьового повітря.

В широкомасштабному виробництві цементного клінкеру, вапна, керамзиту та інших будівельних матеріалів в обертальних випальних печах на виході безперервно надходить сипучий гарячий продукт з температурою $800-1100 \text{ }^\circ\text{C}$. Він далі подається в холодильник у вигляді барабану, що обертається, нагріваючи повітря, яке нагнітається йому назустріч (рис. 7.4).

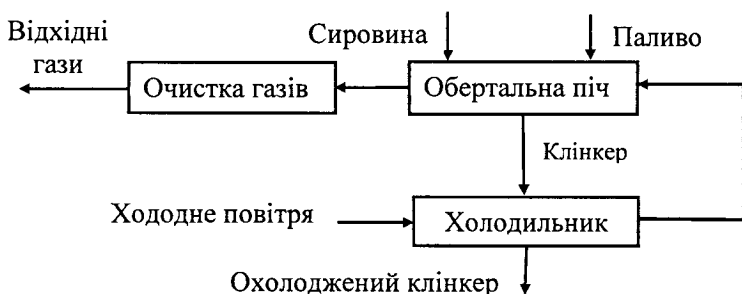


Рис. 7.4. Використання тепла при випаленні клінкеру

Подібні схеми використовуються також на підприємствах хімічної промисловості, зокрема, при випалюванні сірчаного колчедану виділяється сірчистий газ при температурі 700-800 °С. Відходами в цьому процесі являється твердий огарок переважно з оксидів заліза. Аналогічно і в інших випадках ми маємо значні резерви для економії енергоресурсів. Існує, звичайно, багато різних можливостей, які ще не використовуються, але їх можна виявити, якщо тільки уважно придивитися.

У більшості випадків у печах з регенерацією температура відхідних газів знаходиться в межах 450-700 °С. Це дозволяє виробляти гарячу воду і пару для технологічних і енергетичних потреб. Для цього використовуються котли-утилізатори з багатократною примусовою циркуляцією (рис. 7.5).

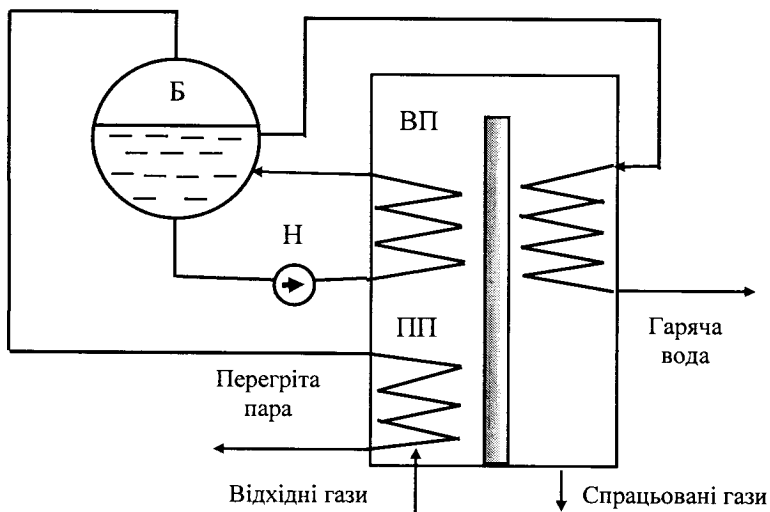


Рис. 7.5. Схема котла з багатократною циркуляцією: Б – барабан, Н – насос, ВП – водопідігрівач, ПП – пароперегрівач.

В чорній металургії широко використовуються установки сухого гасіння коксу інертним газом у вигляді суміші азоту і вуглекислого газу. Азот використовується як відходи від виробництва кисню, необхідного доменним і сталеливарним цехам металургійного комбінату. Температура коксу на виході становить 1100-1150 °С. Один лише коксохімічний завод може забезпечити економію 200-240 тисяч тон умовного палива при використанні цього вторинного енергоресурсу. Розжарений кокс подається при

температурі близько 1000 °С і охолоджується до 250 °С. Інертні гази, що рухаються в протилежному напрямі в тушильному бункері, нагріваються до температури 800-850 °С, направляються в паровий котел і охолоджуються в ньому до 170 °С, віддаючи парі до 65% тепла коксу.

При сухому гасінні коксу запобігаються викиди в атмосферу величезної кількості водяної пари, що має місце при мокрому гасінні, яка до того ж ще й містить агресивні феноли і викликає корозію металоконструкцій та забруднює атмосферу. Тому на сучасних металургійних комбінатах необхідно повсюдно застосовувати сухе гасіння коксу.

Чорна і кольорова металургія викидає величезну кількість шлаків при температурі 1200-1500 °С. Втрати тепла зі шлаками складають до 30% теплового балансу підприємства. Відвальні шлаки доменого процесу відвантажуються періодично з інтервалом в декілька годин, що ускладнює їх використання. Вони мають в основному сілікатний склад. Шлаки кольорової металургії відвантажуються рівномірно і складаються в основному з оксидів заліза.

Вміст тепла шлаків всіх видів при температурі 1250 °С становить від 1600 до 2200 кДж/кг, що відповідає 55-75 кг економії умовного палива на кожен тону шлаку при утилізації цього вторинного енергоресурсу. Тепло шлаків використовувалось спочатку для теплофікації в водонагрівальних установках. Гранульований шлак віддавав тепло воді першого контуру, вода – теплофікаційній мережі нагрівання у водяному поверхневому теплообміннику. Недоліки установки полягають в інтенсивній корозії металу в первинному контурі, ерозії насосів і трубопроводів та ін. Самі відвальні шлаки використовуються для виробництва різноманітних будівельних матеріалів: гранульованого щебню, литої брусчатки, будівельної пемзи, шлаковати, цементного клінкеру тощо.

При комплексному вирішенні проблем енерготехнологічного використання тепла відвальних шлаків оптимальним є повітряний спосіб охолодження гранул шлаку. Гаряче повітря може використовуватися як для нагрівання дуттєвого повітря, необхідного для металургійної технології, так і для отримання перегрітої пари на ТЕЦ.

На рис. 7.6 показана схема енерготехнологічної установки повітряного гранулювання шлаку з виробництвом пари енергетичних параметрів.

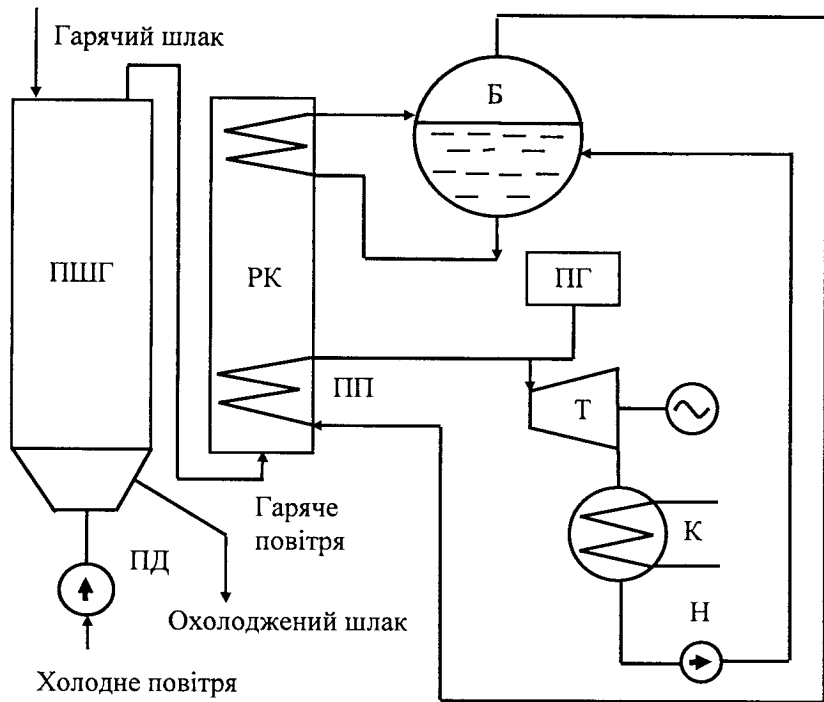


Рис. 7.6. Принципова схема ТЕЦ на теплі шлаків: ПШГ – повітряний шлакогранулятор, РК – робоча камера, Б – барабан, ПГ – парогенератор ТЕЦ, ПП – пароперегрівач, Т – турбогенератор, К – конденсатор, Н – живильний насос, ПД – повітродувка.

При ККД 70% шлакогранулятора паротурбінна установка може виробляти біля 100 кВтгод електроенергії на кожен тону шлаку. Така ТЕЦ використовує тепло відвальних шлаків і може генерувати потужність в декілька десятків МВт, забезпечуючи середнє місто електроенергією, централізованим опаленням і гарячим водопостачанням при дотриманні всіх умов захисту навколишнього середовища.

В енергетиці доцільно намагатися максимально використовувати різноманітні технології когенерації, тобто комбінації виробництва електричної і теплової енергії з одного й того ж первинного енергетичного ресурсу. Схеми використання

відпрацьованої пари для опалення і виробництва електроенергії показані на рис. 7.7 а і б.

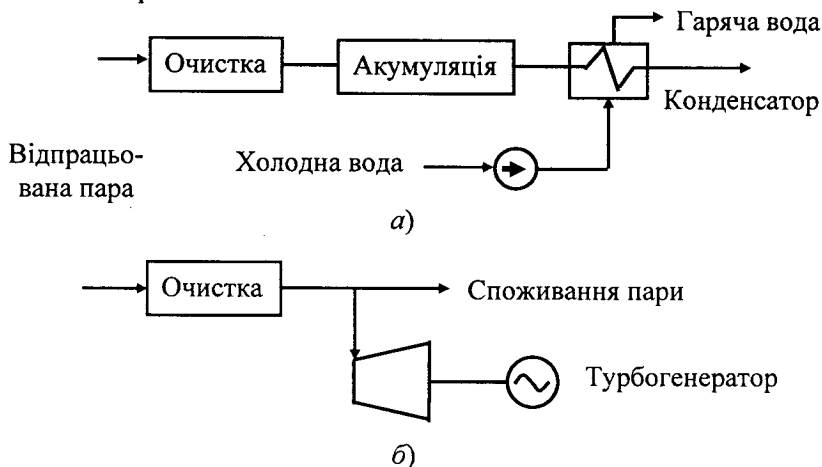


Рис. 7.7. Схеми використання відпрацьованої пари

Важливими джерелами економії тепла, а отже і палива, є збір і повернення конденсату. Суттєва економія може бути отримана за рахунок утилізації тепла вентиляційних викидів підприємств при використанні повітря-повітряних теплообмінників для підігрівання приточного повітря, а також комплексного використання тепла в ливарному виробництві. Газ спалюється в термічній печі, потім продукти згорання направляються в сушарку. ККД становить 85%. Для ще більшого підвищення ефективності сушильної установки використовують двох- і трьох-ступеневі схеми підігрівання, а також підігрівання води для власних потреб виробництва, що дозволяє досягнути ККД 90 %.

Таким чином, значна частина теплових втрат з відхідними продуктами, що досягає 50-70% загальної кількості первинного енергетичного ресурсу, може бути використана як вторинний енергоресурс димових газів, охолоджуваної води та побічних продуктів технологічних процесів. Ефективність використання палива збільшується, якщо в енерготехнологічних установках це паливо максимально використовується безпосередньо для випуску кінцевого продукту, тобто вторинний енергоресурс використовується шляхом регенерації, рекуперації та рециркуляції відхідного

тепла в самому технологічному процесі (нагрівання повітря, що подається для горіння, підігрівання сировини тощо).

7.4. Застосування теплових насосів і теплових труб

У світовій практиці широко використовується також низькопотенційне тепло з використанням різноманітних трансформаторів тепла, теплових насосів і теплових труб. Це дає можливість здійснення суттєвого прориву у застосуванні нових схем економії первинного палива в енергетиці і промисловості.

Низькопотенційне тепло непридатне для прямого промислового використання, але при великому обсязі виробництва його можна також ефективно використовувати як вторинний енергетичний ресурс. Для цього можна застосовувати технологію теплових насосів. За допомогою теплового насосу тепло тіла з низькою температурою може також бути використане, наприклад, для опалювання приміщень. В цьому пристрої температура теплоносія (наприклад, фреону), що відібрав тепло від низькотемпературного джерела тепла, підвищується за рахунок механічної енергії до такого рівня, який необхідний для опалювання.

Принцип дії теплового насосу розглядався в розділі 4 (рис. 4.1). У випарювачі рідкий фреон випаровується за рахунок підведеного низькопотенційного тепла вторинного енергоресурсу. В компресорі пара стискається з підвищенням температури, при цьому витрачається певна механічна робота. Далі пара теплоносія поступає в конденсатор, в якому переходить в рідку фазу, віддаючи тепло в опалювальну систему. Утворений конденсат дрослюється в дросельному вентилі і знову направляється у випарювач.

На відміну від холодильної установки, де тепло, відібране від охолоджуваного тіла, викидається в навколишнє середовище, в теплому насосі навколишнє середовище є джерелом тепла, яке з більш високим температурним потенціалом передається системі опалення. Використання теплових насосів дає значну економію енергоресурсів у порівнянні з безпосереднім нагріванням. Тому в Західній Європі теплові насоси знаходять широке застосування. Так, наприклад, у Швеції більше половини будинків обогріваються тепловими насосами.

Отже, тепловий насос представляє собою пристрій для передачі тепла від більш холодного тіла до більш нагрітого за рахунок

використання додаткової механічної енергії при стисканні газу. Використання теплових насосів – один з основних напрямків утилізації тепла вторинних енергетичних ресурсів. Теплота низького потенціалу невідворотно супроводжує будь-яку технічну діяльність людини, і чим менший її температурний рівень, тим більше втрати і врешті розсіювання в навколишньому середовищі. Прикладом таких втрат може служити нагріте повітря, що викидається в атмосферу з систем вентиляції і кондиціонування, теплі побутові і промислові стічні води тощо. Єдиним економічно обґрунтованим способом утилізації подібних вторинних енергетичних ресурсів є використання теплових насосів. Як уже зазначалося в попередніх розділах, теплові насоси можуть використовувати не лише вторинне тепло, а і тепло з природних джерел – повітря, води, ґрунту.

Основним напрямком застосування теплових насосів у наш час є системи опалювання, вентиляції і гарячого водопостачання в комунальному господарстві, але вони можуть використовуватися і для технологічних потреб. Теплові насоси різняться способом перетворення тепла, за принципом дії вони не відрізняються від холодильних установок. Холодильна установка призначена для виробництва тепла з температурою нижче рівня навколишнього середовища (холоду), а тепловий насос – для виробництва тепла при температурі вище рівня навколишнього середовища.

Існують парокompресійні, газокompресійні, сорбційні, пароежекторні і термоелектричні теплові насоси. Різняться теплові насоси і за типом джерела енергії, що використовується для перетворення тепла. Для цього може використовуватись електродвигун, газова турбіна, двигун внутрішнього згоряння, механічна енергія тощо. Теплові насоси можуть використовувати різні робочі агенти (фреони, аміак, повітря тощо), різноманітні вхідні і вихідні теплоносії (повітря-повітря, вода-повітря, вода-вода тощо). Найбільш поширені в сучасних умовах парокompресійні теплові насоси, що працюють на фреонах і їх сумішах.

Принцип дії парокompресійного теплового насосу показано на рис. 3.5. Тепловий насос діє за рахунок підведеної в компресор механічної роботи. Привод компресора може здійснюватись від електричного чи теплового двигуна. В компресорі відбувається зростання тиску робочої речовини в пароподібному стані від тиску P_1 до тиску P_2 . Потім в конденсаторі при незмінному тиску відбувається конденсація робочої речовини. Отримане при

конденсації тепло передається споживачеві при температурі T_2 , наприклад, нагріваючи воду, що подається в систему опалення. В дроселі відбувається розширення робочої речовини до тиску P_1 при його частковому випаруванні. Далі робоча речовина повністю перетворюється в пару при температурі T_1 у випаровувачі, де відбирається тепло від її джерела, наприклад, від нагрітого вентиляційного повітря чи продуктів згорання.

В результаті роботи теплового насоса можна отримати тепла в 2-8 разів більше, ніж безпосередньо підігрівуючи теплоносієм в електрокалорифері. Це не є порушенням першого закону термодинаміки, тому що в теплому насосі лише відбувається трансформація тепла низького температурного потенціалу в тепло більш високого температурного рівня.

Для роботи теплових насосів можна використовувати різні види вторинних ресурсів промисловості чи житлово-комунального господарства як джерело тепла: тепло охолоджувальної води парових турбін теплових і атомних електростанцій, промислових печей, компресорних установок, апаратів хімічної технології, тепло промислових стічних вод, бань, пралень, басейнів тощо, тепло продуктів згорання котельних установок і промислових печей, тепло від спалювання твердих і рідких відходів, газотурбінних установок, дизельних агрегатів, тепло випарів сушарень, випарних і ректифікаційних установок, тепло гарячого масла електричних трансформаторів, тепло повітря систем вентиляції і кондиціонування великих приміщень, метрополітену тощо.

Для роботи теплових насосів можна використовувати також природні джерела тепла такі як повітря, вода рік, озер, морів, геотермальних джерел, тепло ґрунту, підземних вод, тепло сонячної енергії. Тепло від теплових насосів може використовуватись на опалювання, гаряче водопостачання, підігрівання технологічних газів і рідин в апаратах хімічних технологій, випарниках, перегінних і ректифікаційних установках, в процесах варіння тощо.

Для застосування теплових насосів повинні бути певні умови: наявність стабільного тепла з температурою 10-50 °С, стабільна потреба в теплі з температурою 60-120 °С, існування джерела дешевої електроенергії і дефіцит тепла. Дуже ефективним є застосування теплових насосів при наявності як вторинного енергоресурсу джерела гарячої води і конденсату парогазової суміші,

а також використання теплового насосу в комплексі для кондиціонування літом і опалення зимою.

Тепловий насос може підвищити ККД електростанції шляхом охолодження оборотної води, що охолоджує конденсат парових турбін, зменшуючи температуру води. Застосування теплового насосу дозволяє зменшити витрати води, що поступає для поповнення системи водопостачання, покращуючи екологічну обстановку поблизу градирні.

Ще один напрямок підвищення ефективності використання вторинних енергетичних ресурсів – це так звані теплові труби. Теплова труба представляє собою пристрій для високоефективної передачі тепла. На внутрішній стінці її закріплений фітиль. Це може бути, наприклад, багат шарова тонка сітка. Труба заповнюється невеликою кількістю теплоносія (робочої рідини), з неї відкачується повітря і вона щільно закривається. Один кінець труби нагрівається, що викликає випаровування рідини і рух пари до ненагрітого кінця труби. Тут в результаті охолодження пара конденсується і під дією капілярних сил повертається до гарячого кінця труби.

Завдяки великій теплоті пароутворення теплоносія тепла труба при малій різниці температур на кінцях її може передавати великий тепловий потік. Теплова труба має три участки: зона підведення тепла (випаровування), зона переносу тепла (адіабатична) і зона відведення тепла (конденсатор). Теплова труба може транспортувати тепло в різних напрямках по будь-якому прямолінійному чи криволінійному каналу і являється універсальним теплопровідником, подібно електричному провідникові чи світловоду.

Ефективність теплової труби визначається показником еквівалентної теплопровідності. Наприклад, найпростіша тепла труба з водою при температурі 150 °С має теплопровідність в сотні разів більшу, ніж мідь. Літієва тепла труба при температурі 1500 °С здатна передавати тепловий потік 20 кВт/см². В якості теплоносія використовуються в залежності від конкретних умов також ацетон, аміак, фреони, дифенільні суміші, ртуть, індій, цезій, калій, натрій, свинець, срібло, вісмут та неорганічні солі. Існують десятки різновидів конструкцій теплових труб.

Крім фітильних існують також більш складні електрогідродинамічні труби, труби з ефектом магнітного поля, осмотичні теплові труби тощо. Головним чином використовуються в

енергетиці, електроніці, хімічній промисловості і сільському господарстві для утилізації низькопотенційних вторинних енергетичних ресурсів при температурах від 50 до 250 °С. Основні напрямки – це повітряпідігрівачі для промислових процесів, в системах опалення і вентиляції приміщень, для кондиціювання повітря, в агрегатах-утилізаторах тваринницьких ферм, в різноманітних теплообмінниках.

Використання теплових труб для утилізації вторинних енергетичних ресурсів дає не тільки можливість підвищення ефективності енергетичних установок, але і зменшення забруднення навколишнього середовища. Наприклад, в газових двигунах конденсаційна зона теплової труби розміщується у впускному кінці паливного патрубку (після карбюратора), а зона випаровування – у випускному патрубку. Це забезпечує повне випарування палива і збільшує конденсацію його пари в суміші з повітрям. За цих умов навіть бідна суміш запалюється без жодних труднощів, а вміст окислу азоту і окислу вуглецю у відпрацьованих газах зменшується до мінімуму.

Розділ 8

ПЕРЕРОБКА ВІДХОДІВ

8.1. Загальна характеристика

Будь-яка життєва чи технологічна діяльність людини нерозривно пов'язана з утворенням різних відходів, що викликають певні негативні зміни в навколишньому середовищі. Існує багато різних видів відходів, які створюють загрозу довкіллю через свою токсичність, радіоактивність, вибухонебезпеку. Існують і такі відходи, які за своїми хімічними і фізичними властивостями є нешкідливі, їх можна викидати. Але дуже часто відходи виробництва і споживання є цінними видами вторинних матеріалів і енергоресурсів. Найчастіше вторинні матеріали і енергоресурси утворюються в великих промислових центрах, де існують всі можливості для переробки і їх не треба перевозити на далекі відстані.

Радикальне вирішення проблеми захисту довкілля від негативного впливу промислового виробництва полягає в широкому використанні безвідходних і маловідходних технологій. Використання лише очистних споруд не дає повного вирішення проблеми локалізації шкідливих викидів. Необхідно впроваджувати безвідходні і маловідходні ресурсозберігаючі технології. Необхідно змінювати самі принципи, політику організації і функціонування виробництва на рівні держав і світових співтовариств.

При безвідходному виробництві використовуються всі компоненти сировини і енергії в замкненому циклі: первинний сировинний ресурс, виробництво, споживання, вторинний сировинний ресурс, не порушуючи при цьому екологічної рівноваги, що склалася в біосфері. Основою безвідходного виробництва є комплексна переробка сировини з використанням всіх її компонентів, оскільки відходи – це невикористана частина сировини.

Маловідходні технології є проміжними на шляху до безвідходного виробництва. При цьому держава регламентує рівень шкідливих впливів виробництва на навколишнє середовище у вигляді допустимих санітарних норм. По технічним, економічним чи іншим причинам частина матеріальних ресурсів переходить у стан відходів і направляється на тривале зберігання чи захоронення.

Велике значення має і розробка ресурсозберігаючих технологій, і раціональне використання природних ресурсів, і зменшення витрат матеріалів, енергії і т. д. Необхідно поступово вдосконалювати і розробляти принципово нові технологічні процеси, що суттєво зменшують або практично ліквідують відходи виробництва. Результатом такої політики стане повсюдний перехід до безвідходного виробництва і споживання з отриманням товарної продукції і її використання без порушення екологічної рівноваги.

В процесі виробництва і споживання утворюється величезна кількість сировини, матеріалів, напівфабрикатів, продуктів та інших ресурсів, які повністю або частково втратили свої споживчі якості і віднесені до категорії відходів (рис. 8.1). Крім того, це і стічні води, і їх осади, і димові гази і теплові викиди і т. і. Частина відходів в подальшому може бути використана після відповідної обробки як готова продукція або як сировина для подальшої переробки.

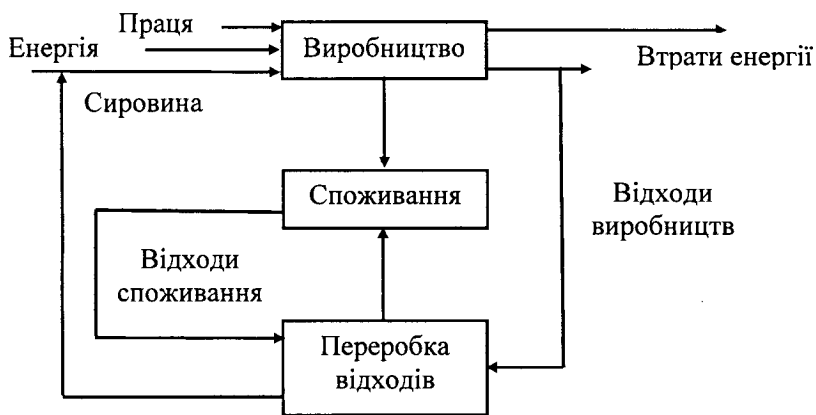


Рис. 8.1. Схема виробництва і споживання продукції

Проблема відходів особливо актуальна для великих міст. Екологічний стан міст залежить від багатьох факторів, насамперед від забруднення атмосферного повітря вихлопними газами автомобілів, топочними газами котельних і теплових електростанцій, викидами підприємств, а також забруднення природних джерел рідкими відходами. Відходами споживання являється металолом, зламане обладнання, вироби з резини, пластмаси, скла та ін. До побутових відходів відносяться харчові відходи, зношений одяг, взуття, скляна та інша тара, побутові стічні води.

Класифікація відходів основана на систематизації по галузям промисловості, можливостям переробки, агрегатному стану і т. д. Найважливішим показником є ступінь небезпечності для здоров'я людей: інфекційність, токсичність і радіоактивність. Промислові відходи розподіляються на 4 класи небезпечності: надзвичайно небезпечні, високо небезпечні, помірно небезпечні та мало небезпечні. За станом розрізняють тверді, рідкі і газоподібні відходи. Розрізняють побутові, промислові і сільськогосподарські відходи, органічні і неорганічні. Особливу групу представляють собою відходи енергетичної галузі, енерговідходи: тепло, шум, радіоактивне випромінювання.

Всі види відходів виробництва і споживання можна розділити на вторинні матеріальні ресурси і відходи, які на даному етапі розвитку економіки переробляти недоцільно. Утилізовані відходи переробляються на місці або на інших підприємствах, що мають відповідні технології переробки. Неутилізовані відходи захоронюються, якщо вони не становлять небезпеки для навколишнього середовища. В результаті класифікації відходів влада міста має виконати аналіз існуючих методів утилізації і знешкодження відходів і розробити генеральну схему централізованого збору, вивезення і переробки відходів для подальшого використання вторинної сировини і для запобігання його негативного впливу на навколишнє середовище.

Хімічний склад відходів відрізняється від складу природних мінералів. Іншою може бути і форма хімічних сполук. Ці сполуки за допомогою різних технологій шляхом хімічних реакцій можна перетворити в потрібні продукти. Багато видів відходів можна без нанесення шкоди навколишньому середовищу використовувати для виробництва енергії замість традиційних видів природного палива (газу, нафти, вугілля). В багатьох країнах Європи запроваджено

виробництво біогазу з відходів, що дозволяє забезпечувати електроенергією і теплом цілі селища і міста.

Розглянемо основні види відходів і їхні властивості. Тверді побутові відходи утворюються в результаті побутової діяльності людей і складаються з харчових відходів, використаної скляної і пластмасової тари і упаковки, шкіряних і текстильних виробів, спрацьованих побутових електро- і радіоприладів, меблів, металу. Кількісно тверді побутові відходи характеризуються загальним обсягом до 500 кг на людину в рік.

Відповідно до їх якісного складу тверді відходи можна розподілити на наступні основні види:

1. Макулатура у вигляді паперу і картону, використані книги, журнали, газети, пакувальний папір і тара, що може бути розпушена у волокнисту масу і використана як вторинна сировина в виробництві потрібної продукції.
2. Деревні відходи лісозаготівельних, лісопильних і деревообробних підприємств (кора, сучки, віття, обрізки, опилки, стружка і т. і.).
3. Текстильні відходи виробництва у вигляді волокон, ниток, лоскутів, обрізків та побутових зношених текстильних виробів, спецодяг, білизна, штори і т. п.
4. Спрацьовані шини, що складаються з резини, текстильної компоненти і заліза.
5. Відходи нафтопродуктів, масла, змащувально-охолоджувальні рідини на машинобудівних і транспортних підприємствах.
6. Нафтошлами, що утворюються на очисних спорудах при очищенні промислових і поверхневих стічних вод. Представляють собою обезводжену суміш піску, глини та великої кількості нафтопродуктів.
7. Полімерні відходи переробки синтетичних смол і пластмас, відходи споживання у вигляді пластмасових виробів, використаних у різних галузях промисловості та сільського господарства, а також сфери побутових послуг і населення. Подібні відходи спричиняють довготривале забруднення навколишнього середовища, оскільки довго не розкладаються в природних умовах, а при спалюванні на відкритому повітрі виділяють велику кількість дуже токсичних і небезпечних речовин. Найпоширенішими є полімерні відходи поліетилену, хлорвінілу та полістиролу.
8. Відпрацьовані ртутні економні люмінесцентні та дугорозрядні лампи. Після відпрацювання ресурсу ці лампи підлягають

обов'язковій переробці і захороненню екологічно безпечним способом. Однак це далеко не завжди виконується належним чином, а часто взагалі їх викидають разом з господарським сміттям на звалища.

9. Золошлакові відходи утворюються при спалюванні кам'яного і бурого вугілля, горючих сланців і торфу на ТЕС і в котельних, які включають в собі золу, пилоподібний матеріал, що уловлюється з димових газів ТЕС, та шлак – сипучий матеріал, що збирається через підтопок електростанцій.

Одним із основних способів екологічного захисту природи є впровадження спеціальних технологій збору і переробки відходів. Крім того це економічно вигідно. Виробництво деяких видів товарної продукції із вторинної сировини значно дешевше, ніж з первинної природної сировини. Так енергоємне виробництво алюмінію із вторинної сировини в 20 раз, а сталі – в 30 раз дешевше, ніж з природної руди. Капіталовкладення в переробку вторинної сировини також в декілька разів нижчі, ніж в первинне виробництво.

Найбільш раціональним, глобальним, способом вирішення екологічних проблем є широке впровадження безвідходних технологій. Основою безвідходного виробництва є комплексна переробка сировини з використанням всіх її компонентів. При безвідходній технології всі компоненти сировини і енергії використовуються в замкненому циклі: первинна ресурсна сировина, виробництво, споживання, вторинна ресурсна сировина. При безвідходному виробництві екологічна рівновага в біосфері не порушується.

Існує декілька різних способів екологічного вирішення проблеми відходів:

- 1) переробка відходів, в результаті якої з відходів виробляється один або декілька видів товарної продукції;
- 2) утилізація відходів включає всі види їх використання в якості палива для отримання тепла і електроенергії, для поливу земель в сільському господарстві тощо;
- 3) знешкодження відходів, внаслідок якого первинні токсичні речовини перетворюються в нейтральні нетоксичні сполуки, що не розкладаються;
- 4) централізована переробка відходів, яка передбачає збір, транспортування і переробку відходів на спеціалізованих підприємствах;

5) локальна переробка відходів, що здійснюється в зоні дії виробничої установки, на якій утворюються ці відходи.

Захист ґрунтів, лісових угідь, поверхневих і ґрунтових вод від забруднення твердими і рідкими відходами провадиться шляхом збору і складування промислових і побутових відходів на звалищах і полігонах. Переробка відходів на полігонах має передбачати використання різноманітних фізико-хімічних методів, затарення відходів у герметичних контейнерах і їх захоронення.

Значну частину твердих відходів складають металічні відходи. На багатьох підприємствах пластмасові і деревні відходи становлять основу промислового сміття, склад якого протягом року залишається стабільним, і розділення його на окремі компоненти виявляється економічно недоцільним. Тому технологія переробки промислового сміття розробляється для кожного підприємства окремо.

Наявність у складі твердих побутових відходів органічних сполук, що швидко розкладаються, хвороботворних бактерій вимагає якнайшвидшого видалення відходів з населених пунктів і їх знешкодження. Вибір технології знешкодження побутових відходів залежить від багатьох факторів, перш за все охорони навколишнього середовища, здоров'я населення і економічної доцільності. В світовій практиці існують десятки різних методів переробки твердих побутових відходів. Розглянемо коротко деякі основні з них.

8.2. Методи переробки осадів стічних вод

Останнім часом все більше проявляється проблема осадів стічних вод. При очищенні стічних вод на очисних спорудах каналізації населених пунктів і підприємств утворюється три типи осадів: мінеральні, органічні і надлишковий мул. Технологія їх обробки полягає в попередньому ущільненні, зневодженні, компостуванні або термічній обробці, знешкодженні і, нарешті, утилізації або ліквідації. Регенеративна очистка стічних вод гальванічних виробництв пов'язана з накопиченням гальваношламів, які містять значну кількість корисних кольорових металів. Тому доцільною є переробка цих шламів з видобуванням з них цінних компонентів.

Для розкладання біологічної частини осадів за допомогою мікроорганізмів проводиться процес стабілізації, в результаті якої частина органічних речовин окислюється, а решта стає нездатною

до гниття, тобто стабілізується. Утилізація осадів стічних вод здійснюється шляхом використання їх у сільському господарстві як органічних добрив або для виробництва будівельних матеріалів. Станції знешкодження відходів доцільно розміщати поблизу станцій аерації.

В процесі біохімічної обробки стічних вод та інших рідких відходів органічні речовини перетворюються мікроорганізмами і концентруються в формі твердих речовин, які відокремлюються від основної маси очищеної води і складають суспензію (осади) біохімічних процесів. На долю активного ілу припадає 60-70% всіх осадів станцій водоочистки. Умовно осади можна розділити на три основні категорії: мінеральний осад, органічний осад та надлишкові активні іли. Задачі сучасних технологій обробки полягають у зменшенні маси відходів і в наступному їх перетворенні в безпечні продукти, що не викликають забруднення навколишнього середовища.

Найперше осади потрібно піддати попередній обробці для отримання шламу. В осадах містяться сполуки кремнію, алюмінію, заліза, оксиди кальцію, магнію, калію, натрію, нікелю, хрому, які сприяють інтенсивності процесів обезводнення і зниженню витрат хімічних реагентів очищення. Масла, жири, азотні сполуки, волокнисті речовини в цьому відношенні мають несприятливий характер, порушуючи процеси згущення і водовідділення.

Осад може бути інертний і токсичний, стабільний і гниючий. Окремі види осадів потребують дезінфекції. Осади стічних вод металургійної і вугільної промисловості можна використовувати повторно у виробництві. Осади мінерального складу знаходять застосування в промисловості будівельних матеріалів. Але для кожного конкретного виду осадів необхідно знаходити свої методи обробки і утилізації.

Технологічний цикл обробки осадів стічних вод можна зобразити за допомогою наступного мережного графіка (рис. 8.2). Тужавіння осадів стічних вод відбувається на станціях попередньої стадії підготовки. Стабілізація осадів потрібна для руйнування біологічної частини, щоб не допустити загнивання органічних речовин при тривалому зберіганні на відкритому повітрі. Аеробна стабілізація відбувається в спеціальних спорудах, аеротенках, шляхом перегнивання при температурі 20 °С протягом 8-11 діб.

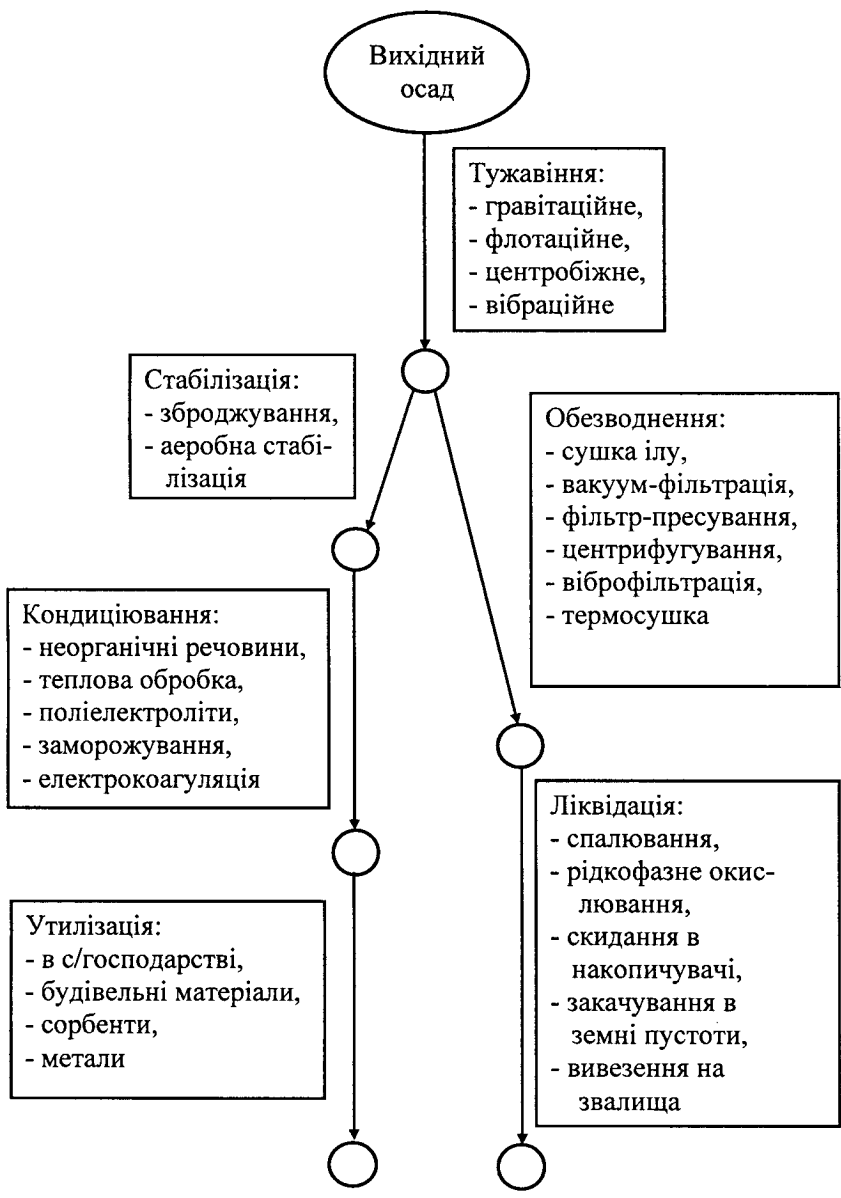


Рис. 8.2. Технологічний цикл обробки осадів стічних вод

Гравітаційне розділення суміші води та активного ілу, що поступає зі споруд біохімічної обробки, виконується у вторинних відстійниках радіального, горизонтального чи вертикального типів. У вторинному відстійнику зазвичай повністю реалізується лише перший режим осадження, а згушення ілу відбувається в спеціальному ілозгущувачі. Конструктивна особливість вторинного горизонтального відстійника дозволяє збільшити свою ефективність за рахунок прямого з'єднання без спеціальних каналів і труб відстійника з аеротенком. Розроблені типові пректи відповідних збірних залізобетонних споруд.

Найпростіше обезводнення виконувати шляхом осаду на ілових площадках, але це пов'язано з забрудненням навколишнього повітряного середовища і потребує використання великих земельних ділянок. Тому більш ефективними являються вакуумні фільтри, центрифуги, віброфікатори та термічні сушарні.

Мікробіологічний процес зменшення кількості органічних речовин осаду, що має назву стабілізації, проходить в спеціальній споруді типа аеротенку. Цей процес, порівняно з анаеробним збродженням осадів в метантенках, відрізняється простотою, стійкістю, вибухобезпечністю та меншими капіталовкладеннями. Головним недоліком методу аеробної стабілізації є його високі енерговитрати, необхідні для продування осаду повітрям, та малоефективна робота в холодну пору року. На практиці використовуються декілька технологічних схем аеробної стабілізації осадів.

Кондиціонування осадів провадять з метою обезводнення шляхом руйнування колоїдної структури осадів органічного походження. Промислове кондиціонування здійснюється за допомогою хлорного заліза і вапна. Більш економним методом кондиціонування являється теплова обробка, заморожування і електрокоагуляція.

Ліквідація осадів застосовується в тих випадках, коли утилізація неможлива або економічно нерентабельна. Спалювання – найбільш поширений метод ліквідації осадів органічного походження. Відбувається на спеціальних станціях в многоподових, циклічних печах і печах псевдокиплячого шару. Перед ліквідацією осадів вони мають пройти стадію обезводнення.

Метод повного окислення полягає в тривалому аеруванні ілу або стічної рідини. Інший метод – метод роздільної стабілізації, за яким надлишки активного ілу направляються в стабілізатор. Набув поширення також метод роздільної обробки, за яким вологий осад із

первинного відстою обробляється в метантенках (рис. 8.3), а надлишковий активний іл надходить до стабілізатора. Стабілізовані осади або підсушуються на площадках, або піддаються механічній сушці з використанням центрифуг.

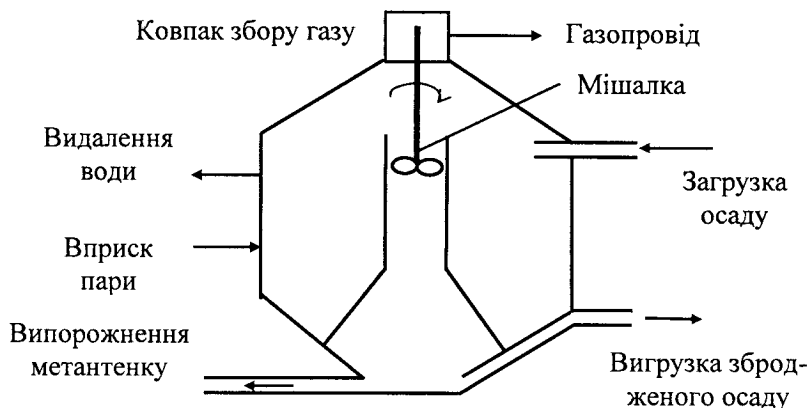


Рис. 8.3. Схема метантенки

Переваги анаеробного процесу полягають в отриманні метану, відсутності споживання кисню, низькому виході нових органічних сполук і збільшенні осадів. В процесі анаеробного окислення з жирів, білків і вуглеводів утворюється зброджений іл. Збродження проходить у дві фази: кислотну і лужну. В кислотній фазі збродження складні органічні речовини під дією бактеріальних ферментів спочатку гідролізуються в більш прості: білки – в пептиди і амінокислоти, жири – в гліцерин і жирні кислоти, вуглеводи – в прості цукри, які в подальшому утворюють органічні кислоти. В лужній фазі із органічних кислот утворюється метан і вугільна кислота. Швидкість реакції залежить від хімічного складу осадів, температури, об'єму, вологості та ряду інших факторів.

Кінцевими продуктами в анаеробній системі являються стабілізований біологічний обезводнений осад, горючий газ і рідкий сток, який зазвичай потребує доочищення шляхом окислення в аеробних умовах. В такій системі використовуються одно- і двоступеневі ємності з перемішуванням. В першій споруді безперервної дії відбувається повне перемішування, в другій споруді відбувається відокремлення і концентрація твердої речовини за допомогою відсієйних або центрифужних пристроїв. Можлива рециркуляція

частини осаду із другої в першу ступінь для збільшення кількості біологічно активних мікроорганізмів і інтенсифікації процесу.

Кондиціонування – це процес підготовки осадів до механічного обезводнювання. Найбільш розповсюджена реагентна обробка. Використовуються так звані коагулянти і флокулянти. Із мінеральних коагулянтів найчастіше використовують солі заліза, алюмінію і інші, іноді в поєднанні з вапном, іноді лише вапно. Використання мінеральних коагулянтів економічно не вигідно. Крім того, це корозійні складові при транспорті, зберіганні і використанні. Синтетичні флокулятори забезпечують високу ефективність конденсації і зменшують витрати на експлуатацію установки. Розрізняють катіонні, аніонні і неіонні флокулятори. Використовуються при обробці осадів стічних вод акумуляторних заводів, цехів гальванічного покриття, газоочисток конверторних печей і ін. Найбільш раціонально використовувати синтетичні флокулятори при обробці осадів на центрифугах.

Перспективним методом обробки органічних осадів є теплова обробка. Осад нагрівається до 150-200 °С в герметичному резервуарі типу автоклава і витримується 30-120 хвилин. Осад ущільнюється до вологості 92-94%, його об'єм зменшується в 3-5 разів. При тепловій обробці частково розпадаються всі основні класи органічних речовин. Метод теплової обробки має ряд переваг: осад не забруднює реагентів, характеризується безперервністю, відбувається кондиціонування і стерилізація осаду, компактність установки. Недоліки: складність конструювання і експлуатації установки, проблема очищення води.

При будь-якому способі обробки осади підлягають ущільненню з метою зменшення їх вологості. Розрізняють наступні способи згущення осадів: гравітаційний, флотаційний, центрифуговий і фільтрувальний. Ефективність використання того чи іншого способу залежить від складу і властивостей забрудненої води і способів наступної обробки і використання осадів.

Зброджувані в метантенках осади підсушуються зазвичай натуральним способом на ілових площадках чи прудах. Використовуються площадки без дренажу і з дренажем, а також на асфальтобетонній основі, каскадні ілові площадки з відстоюванням і поверхневим видаленням води, площадки-ущільнювачі та площадки з механічним видаленням осаду. Однак для цього необхідні великі території. Для інтенсифікації роботи ілових площадок можна

провести попередню коагуляцію осаду хімічним реагентом, а також заморожування і подальше відтаювання осаду. Після механічного обезводнення осадів покращуються умови їх транспортування чи утилізації. Крім того, осади можна ще підсушувати для подальшого спалювання.

Гравітаційне ущільнення використовується для активного ілу і зброджування осадів і відрізняється від інших простотою і економічністю. Використовуються ілоущільнювачі вертикального і радіального типів. Перемішування ілу дає можливість виведення води і газів з коагуляційних часток осаду. Однак гравітаційне ущільнення недостатньо ефективне. Для зменшення терміну ущільнення, зменшення вологості осаду використовують різні прийоми, як то флотація, коагуляція, перемішування, а також термогравітаційний метод. На рис. 8.4 показаний принцип роботи флотаційного ущільнювача періодичної дії.

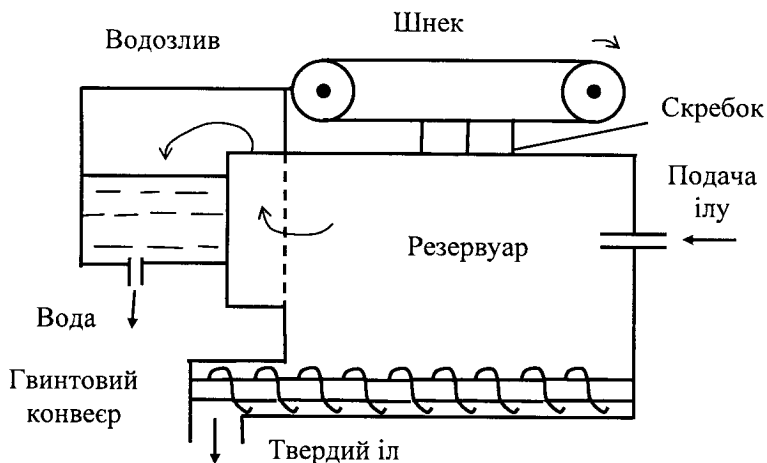


Рис. 8.4. Схема флотаційного ущільнювача

При механічному обезводненні використовуються фільтри і центрифуги. Найбільш ефективні вакуум-фільтри, за допомогою яких можна обробляти практично будь-які види осадів. Існують барабанні зі східчастим полотном, дискові і стрічкові вакуум-фільтри. Барабанний вакуум-фільтр зі східчастим полотном найбільш досконалий і продуктивний апарат.

Стрічковий вакуум-фільтр (рис. 8.5) використовується переважно для обезводнення швидко розшаровуваних осадів, таких як окалини, осадів газоочисток доменних і конверторних газів і т. п.

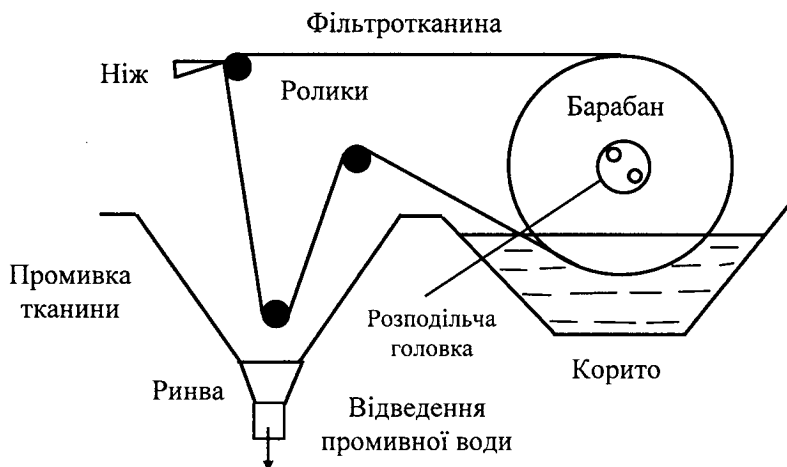


Рис. 8.5. Схема вакуум-фільтру з безперервною регенерацією фільтротканини

Іншим розповсюдженим обладнанням для зневоднення осадів стічних вод являється фільтр-прес, який дозволяє отримувати осад з мінімальною вологістю. Найбільшого розповсюдження досягли рамні і камерні фільтр-преси, а також дуже прості і зручні в експлуатації стрічкові преси, що складаються з нижньої фільтруючої стрічки і верхньої прижимної стрічки (рис. 8.6). Зневоднений осад зрізується ножом і скидається на транспортер, фільтруюча стрічка безперервно промивається водою.

Віброфільтри використовуються для зневоднення суспензій. Нагнітаючі віброфільтри використовуються при очищенні стічних вод в хімічній і харчовій промисловостях. Обезводнені осад використовуються як добриво. Апарати дуже прості і потребують незначних витрат електроенергії.

Метод центрифугування при обробці осадів знаходить все більше розповсюдження. Переваги цього методу: простота, економічність і керованість процесу. Необхідне використання мінеральних реагентів, що збільшує ефективність і продуктивність

апарату. Використовуються вертикальні осадові центрифуги безперервної дії і горизонтальні зі шнековим вивантаженням осаду.

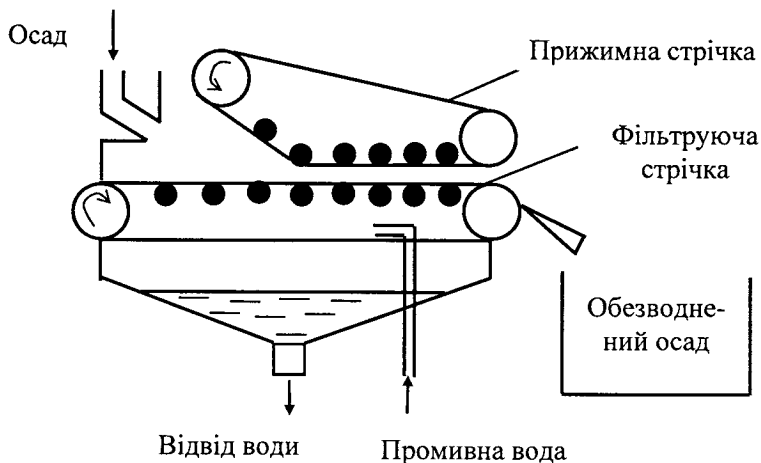


Рис. 8.6. Схема горизонтального стрічкового пресу

Серед апаратів центробіжного розділення рідких відходів широко розповсюджені рідинні сепаратори. В нафтовій промисловості вони використовуються для очищення водонафтових уловлювальних емульсій, відокремлення механічних домішок з присадок до масел, очищення глинистих розчинів при бурінні нафтових скважин, очищення стічних вод нафтопереробних заводів і ін. В металообробній промисловості – це очистка охолоджувальної рідини шліфувальних верстатів, регенерація мастил верстатів, очищення промивочного керосину і бензину. Принцип дії наступний. В барабан, що швидко обертається безперервним потоком подається рідка неоднорідна суміш. Під дією центробіжного прискорення вона розділяється на фракції.

В практиці обробки осадів транспортних підприємств найбільшого розповсюдження набули гідроциклони в комбінації з бункерами-ущільнювачами осадів. В гідроциклоні, як і в центрифугі, відокремлення суспензії відбувається під дією центробіжної сили, але за способом дії вони значно відрізняються. В центрифугі суспензія разом з барабаном при постійній кутовій швидкості зовсім або майже нерухома відносно барабану. В гідроциклоні на частину суспензії діють значні тангенційні сили.

Термічна сушка осадів призначена для знезараження і зменшення маси осадів стічних вод, які пройшли попередню стадію зневоджування на вакуумних фільтрах чи фільтр-пресах. Сушка – це процес подальшого виділення вологи з твердих чи пастоподібних матеріалів осадів шляхом випаровування рідини за рахунок підведеного тепла. Використовується при обробці міських стічних вод, а також при підготовці осадів до транспортування і подальшої переробки гальванічних шламів і деяких відходів хімічної, харчової та інших промисловостей. Сушка може провадитись контактним, радіаційним і комбінованим способами.

Процес сушіння відбувається за рахунок теплової енергії генератора. Генераторами тепла служать парові і газові калорифери, топки на твердому, рідкому і газоподібному паливі, інфрачервоне випромінювання та електронагрівачі. При можливості використовують і тепло відхідних газів чи відпрацьованої пари, що дає можливість утилізації теплових відходів.

За технологією використання сушарки можна класифікувати на атмосферні і вакуумні, періодичні, безперервної і напівбезперервної дії, конвекторні, контактні, радіаційні і з використанням струмів високої частоти, повітряні, газові і з використанням перегрітої чи насиченої пари, прямооточні і протиточні руху матеріалу і теплоносія, калориферні, з додатковим внутрішнім обігрівом, з рециркуляцією і комбіновані, з ручним обслуговуванням і механізовані, з натуральною і штучною циркуляцією теплоносія.

Конструктивно сушарки поділяються на шкафні, камерні, тунельні, шахтні, стрічкові, барабанні, контактні, пневматичні, розпилювальні, з псевдокиплячим шаром і вібраційні. Конвективне сушіння повітрям чи газом є найбільш поширеним. Критеріями вибору типу сушарки являються їх вихідні властивості, вимоги до кінцевого продукту, технологічні та економічні показники. Розглянемо деякі, найбільш поширені типи сушарок при обробці промислових відходів.

Барабанні сушарки отримали найбільше розповсюдження для термічної сушки осадів стічних вод. Тепло передається від сушильного агента до матеріалу конвективним способом. Сушильним агентом може виступати повітря або димові гази. На виході отримуємо полідисперсний матеріал з вологістю 30-40%. Барабанна сушарка (рис. 8.7) представляє собою циліндричний барабан з прикріпленими до нього бандажами, що спіраються на

групу роликів. Барабан обертається через зубчасту передачу від електродвигуна. Частота обертання 1-8 об/хв. Барабан установлюється з невеликим нахилом, що забезпечує поступове переміщення висушеного матеріалу від загрузочної камери до камери розвантаження. При обертанні барабану лопаті насадки підхоплюють матеріал, піднімають його і скидають. В цей час продукт продувається сушильним агентом і висушується.

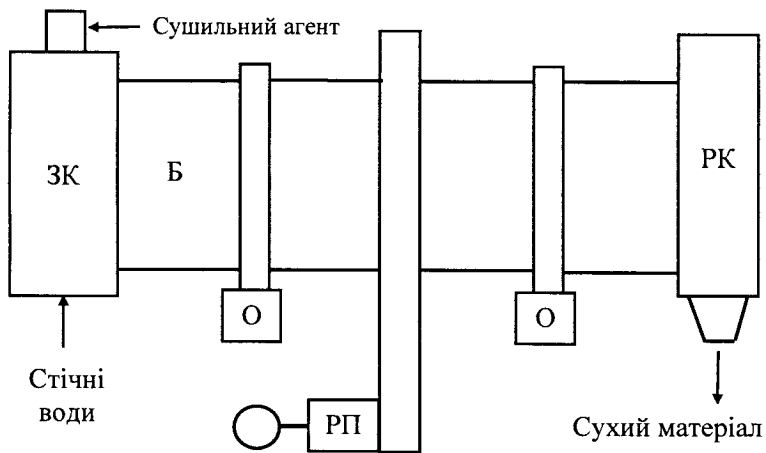


Рис. 8.7. Схема барабанної сушарки: ЗК – загрузочна камера, Б – барабан, О – опори з бічними роликками, РП – редукторний привід, РК – розгрузочна камера.

Сушарки з псевдокиплячим шаром відносяться до сушарок конвективного типу. Їх широко використовують для сушіння зернистих, сипучих, а в деяких випадках і пастоподібних матеріалів. Тривалість сушіння матеріалу в псевдокиплячому шарі значно скорочується. Перевагою даного способу сушіння є інтенсивне перемішування твердих частинок і теплоносія, а також простота конструкції сушарки. При проходженні теплоносія через шар зернистого матеріалу знизу він фільтрується. При збільшенні швидкості теплоносія збільшується тиск на частинки і при досягненні критичної швидкості частинки піднімаються і хаотично циркулюють в шарі, тиск стабілізується, починається процес так званого псевдокипіння. При подальшому збільшенні швидкості частинки виносяться з шару. Використання псевдокиплячого шару

дозволяє досягнути рівномірності висушування і високої інтенсивності процесу. За видом теплоносія сушарки поділяються на повітряні, газові і повітряно-радіаційні з використанням інфрачервоного випромінювання. Процес сушіння може відбуватися або за допомогою повітря, або гарячих димових чи інертних газів.

Розпилювальні сушарки широко використовуються для обробки концентрованих розчинів речовин з метою отримання готової продукції у вигляді порошку чи гранул. Матеріал розпиляється в сушильній камері за допомогою спеціального пристрою, пульверизатора. Внаслідок утворення краплин поверхня матеріалу значно збільшується і сушіння відбувається миттєво. В якості сушильного агента використовується гаряче повітря, дим і інертні гази. Температура не перевищує 60-70 °С і матеріал не перегрівається і не руйнується його властивості. Якість продукції висока, оскільки матеріал не піддається ані окисленню, ані термічному розпаду. Установка працює в безперервному циклі, дозволяючи повністю автоматизувати процес і спростити обслуговування.

Якщо кінцевий продукт переробки рідких відходів і осадів не знаходить іншого застосування, його необхідно спалювати в спеціальних установках. Спалення – найбільш поширений спосіб термічного знешкодження відходів. Воно здійснюється в печах і топках різноманітної конструкції. Тверді відходи можна використовувати як паливо, якщо по теплоті згорання вони близькі до торфу та бурого вугілля. Зола після спалювання може використовуватися для підзолення ґрунтів, для виготовлення будівельних матеріалів або як присадочний матеріал в процесі кондиціонування осадів. Відходи нафтопродуктів також ліквідуються спаленням в печах з киплячим шаром, циклонних топках, барабанних і многоподових печах, а також в печах поверхневого спалювання.

Промислові печі – це технологічні чи енерготехнологічні агрегати, в яких тепло спалюваного твердого, рідкого чи газоподібного палива використовується для технологічних чи опалювальних цілей. Спалення відходів не завжди супроводжується утилізацією тепла, тому розрізняють поняття термічна піч і топка. Утилізація тепла здійснюється за допомогою топки. Знешкодження шкідливих і токсичних відходів здійснюється в печах.

Топки класифікуються на шарові, для спалювання кускового палива (наприклад, подрібнених побутових відходів), і камерні, для

спалювання рідких і газоподібних, а також пиловидних відходів. Існують ще так звані барботажні топки для спалення рідких відходів (горілки). Шарові топки підрозділяються на топки з щільним і киплячим шаром. Камерні топки бувають факельного типу і циклічні (вихрові). Топки з щільним шаром можуть бути з колосниковими решітками або подові чи барабанні.

Рідкі відходи хімічної і нафтохімічної промисловості та розчинники можна спалювати в розпиленому стані і над шаром. При використанні форсунок паливо спалюється в топках печей в розпиленому стані у вигляді найдрібніших краплин, що згорають на льоту. Форсунки бувають парові, повітряні і механічні. На рис. 8.8 показана схема установки надшарового горіння.

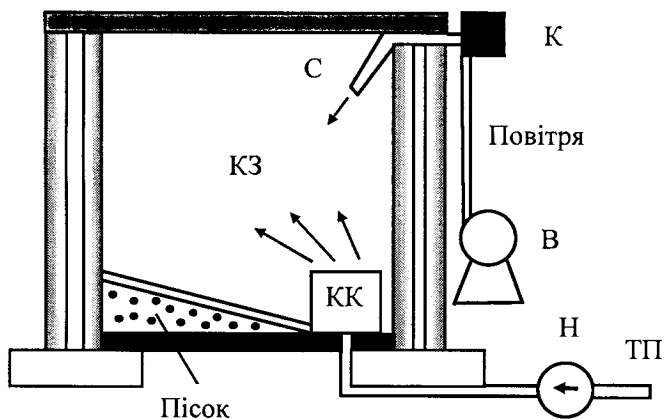


Рис. 8.8. Схема установки надшарового горіння: КЗ – камера згорання, С – сопло, К – колектор, КК – клапанна коробка, В – вентилятор, Н – насос, ТП – трубопровід.

Більш продуктивними вважаються циклонні печі (рис. 8.9) і печі з киплячим шаром (рис. 8.10). Для термічного знешкодження рідких і газоподібних чи пилоподібних промислових відходів використовуються циклонні камерні топки і печі. Широкого розповсюдження циклонні печі набули при знешкодженні рідких концентрованих стоків у хімічній промисловості.

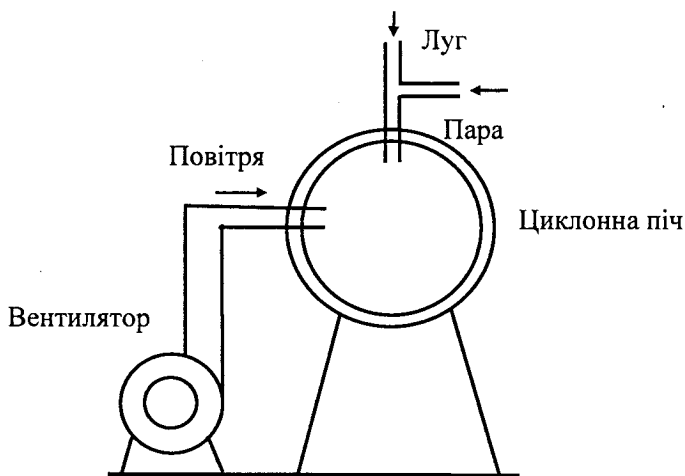


Рис. 8.9. Схема циклонної топки

Перевага циклонних топко́к і реакторів полягає в їхніх аеродинамічних властивостях. Вони забезпечують високу інтенсивність і стійкість процесів горіння палива з малими топочними втратами. Це дозволяє створювати малогабаритні установки з великим навантаженням. Найбільш раціональна конструкція вертикальної циклонної камери.

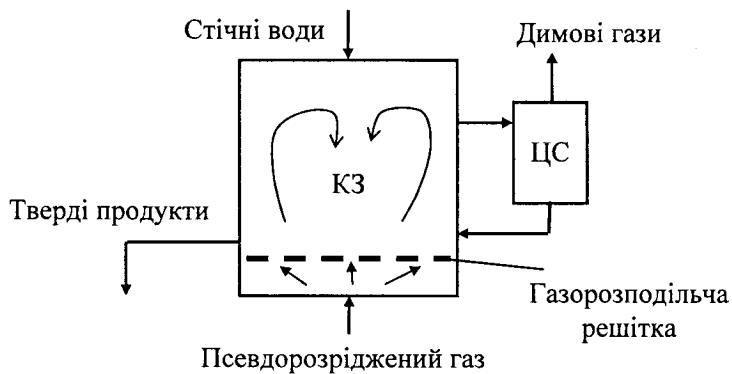


Рис. 8.10. Схема печі з псевдокиплячим шаром: КЗ – камера згорання, ЦС – циклон-сепаратор.

В циклонних печах створюються всі можливості для термічного знешкодження різних типів стічних вод і рідких відходів з утворенням розплаву мінеральних речовин. В робочому просторі печі крім хімічних реакцій горіння палива і рідких відходів протікають реакції з мінеральними речовинами, які можна піддавати карбонізації, сульфатизації тощо. Мінеральні речовини у вигляді розплавів чи в твердому стані використовуються як сировина в виробничих процесах. Сучасні циклонні печі для термічного знешкодження відходів називаються циклонними реакторами.

При безфорсунковому надшарному способі термічного знешкодження рідких горючих відходів спалення відбувається над шаром прогрітих киплячих відходів. Основним достоїнством цього способу являється відносна простота печі. Найбільш розповсюдженим є спосіб спалювання таких відходів без примусової турбулізації шару. Недолік – некерованість процесу при закипанні води під шаром відходів. Спосіб спалювання з тубулізацією шару відходів механічними пристроями та пневматична турбулізація більш ефективні. В горілках барботажного типу функцію розпилювального пристрою виконує шар піни, що утворюється при продуванні первинного повітря. Подальше подрібнення винесених з піною шару краплин палива відбувається внаслідок аеродинамічної дії потоку вторинного повітря, внаслідок чого виникає велика кількість активних центрів атомарного водню і окислу водню, які багатократно збільшують швидкість реакції горіння вуглеводнів. Установки такого типу не викликають забруднення навколишнього середовища і прості в експлуатації. Вони дозволяють знешкоджувати маслопродукти, розчинники, фарби, лаки і т. і.

8.3. Процеси переробки твердих відходів

Для переробки твердих відходів використовуються такі процеси: дробління і подрібнення, класифікація і сортування, збагачування в важких середовищах, відсадка, магнітна і електрична сепарація, сушка і гранулювання, термохімічний випал, екстракція і ін. Тверді матеріали можна подрібнювати до частинок необхідного розміру роздавлуванням, розколюванням, розламуванням, різанням, розпилюванням, розтиранням та комбінаціями цих способів.

Дробління і подрібнення може бути сухим і мокрим. Дробління і подрібнення виконується за допомогою машин, які називаються дробильницями і мельницями. Для дробління використовуються щекові, конусні, валкові дробилки, які працюють за принципом роздавлювання, і ударні дробилки (молоткові, роторні, дезінтегратори). Щекові дробилки періодично роздавлюють матеріал між металевими нерухомими і коливальними поверхнями (щеками). Нерухома щека установлена вертикально, рухома – під кутом до неї.

Конусні дробилки використовуються на стадіях крупного, середнього і дрібного подрібнення. Дробильні поверхні виконуються у вигляді двох зрізаних конусів, менший з яких розширеною верхньою частиною входить в звужену верхню частину більшого конуса і ексцентрично рухається в останньому.

Валкова дробилка використовується для середнього і дрібного подрібнення. В них матеріал роздавлюється між двома рівними, рифленими або зубчастими циліндричними валками, що зустрічно обертаються. Ударні дробилки молоткового типу розбивають тверді відходи ударами молотків, що знаходяться на валу барабану. Молотки закріплені шарнірно і при ударі по куску відхиляються. Використовуються для крупного дробління як крихких, так і пластичних матеріалів.

Шахтні мельниці представляють собою молоткові дробилки, з яких матеріал виводиться висхідним потоком повітря. Корпус мельниці кріпиться на фундаменті і з'єднаний з двигуном пружною муфтою. Ротор обертається на опорно-упорних підшипниках. На роторі шарнірно закріплені билотримачі і били. Недостатньо подрібнені частини повертаються на повторне подрібнення. В ряді випадків практикується жорстке закріплення молотків, що забезпечує використання кінетичної енергії всього ротора в дроблінні матеріалу. Такі дробильні називаються роторними.

Розроблений універсальний тип роторної дробильні для промислових відходів і побутового сміття, призначений для подрібнення відходів дерева, пластмаси, обрізків листового алюмінію і інших металів, затверділих лаків і фарб, упаковочної тари, гуми, обрізків кабелю і ін. Конструкція змонтована на станині корпусу у вигляді пари валів з виступаючими загостреними кромками таким чином, що кромки одного вала входять в проміжки між ріжучими кромками іншого. В процесі роботи вали повільно

обертаються назустріч один одному. Відходи поступають в прийомний бункер і прижимаються до валів за допомогою гідравлічного штовхача. Захоплюваний зубами валів матеріал зазнає ріжучої, розколуювальної і розломуючої дії, подрібнюється і падає в бункер внизу, звідки видаляється для класифікації і подальшої переробки.

Для отримання дрібної крошки в процесі переробки пластмаси чи подібного матеріалу використовуються роторно-ножові подрібнювачі. Подрібнення відбувається у вузькому зазорі між нерухомими ножами, закріпленими всередині статора, і ножами, установленими на роторі. Кількість ножів і змінні решітки з потрібними діаметрами отворів можуть змінюватися для отримання крошки потрібного розміру.

Молоточні дробилки з горизонтальною віссю призначені для подрібнення широкого спектру відходів: пластмаси, бляшаних банок і т. п.

Дезінтегратори складаються з двох роторів типу білчиного колеса більшого і меншого діаметрів. Ротори вставлені один в одного і обертаються в протилежних напрямках з швидкістю 3000 об/хв. Використовуються для середнього і дрібного подрібнення як крихких, так і порівняно пластичних матеріалів.

Більш високого ступеню дисперсного подрібнення матеріалу можна досягнути за допомогою мельниць спеціальної конструкції (кульові, галечні і самоподрібнювальні). В галечній мельниці використовується кремнієва галька, коли недопустиме навіть незначне забруднення матеріалу залізом. В залежності від середовища розрізняють барабанні мельниці сухого і мокрого помолу. Суміш твердих часток з водою називається пульпою.

Вібраційні і струменеві мельниці призначені для надтонкого помолу відходів (до мікронів і менше). Принцип дії вібромельниці полягає в коливанні ротора з прискоренням, що значно перевищує прискорення сили тяжіння. Принцип дії струменевої мельниці полягає в тому, що частинки рухаються з великою швидкістю у повітряному потоці по траєкторіям, що перетинаються чи в зустрічному напрямку. Використовуються також у тих випадках, коли не допустиме забруднення кінцевого продукту будь-якими металічними домішками.

Недоліком подрібнювання в'язучих і пружних матеріалів (резины, термопластів та інших) в тому, що їх подрібнення при

звичайній температурі потребує значних енерговитрат. Тому останнім часом широко застосовуються технологічні криогенні подрібнювачі. Використовується охолоджувальний агент рідкий азот, що перетворює в крихкий матеріал резину і будь-який інший матеріал. При використанні цієї технології подрібнювання відходів різко зростає продуктивність процесу, знижуються енерговитрати, запобігається окислення і підвищується якість кінцевого продукту.

Крім подрібнювачів механічного типу використовуються й інші способи подрібнення, ґрунтовані на фізичних явищах руйнування матеріалу за допомогою електрогідравлічного ефекту, стиснення середовища, декриптації та ін. Електрогідравлічний ефект ґрунтований на використанні високовольтного розряду в рідині. Значна теплова потужність, що виділяється при розряді, приводить до нагрівання речовини до десятків тисяч градусів, його випарування і іонізації. Це викликає появу надпотужних гідравлічних ударних хвиль, кавітації, ультразвукового випромінювання, резонансних ефектів, що руйнують матеріал. Джерелом електричних розрядів служить генератор імпульсів струму з ємностним накопиченням енергії. Електрогідравлічний ефект використовується в сучасних високоефективних технологіях формування трубчатих і порожнистих виробів, деталей із малопластичних матеріалів, в сільському господарстві, харчовій промисловості, в процесах хімічних технологій тощо.

При подрібненні твердих відходів утворюються частинки різного розміру. Після кожної стадії подрібнення необхідне сортування за розміром, оскільки частинки матеріалу малого розміру створюють надлишкове навантаження для чергової дробильної машини. Для цього використовуються просівні апарати. Для розділення кускових і сипучих матеріалів на фракції використовують різні способи: просіювання, гравітаційно-інерційне та гравітаційно-центробіжне розділення. В першому випадку розділення відходів на фракції здійснюється за допомогою сит, решіток і грохотів, в інших випадках відбувається розділення продуктів у переносному середовищі на класи під дією інерційних і центробіжних сил. Переносним середовищем може бути повітря, дим або інертні гази.

Механічне пресування і компактування твердих відходів є одним з основних методів зменшення їхнього об'єму з метою більш раціонального використання автомобільного і залізничного

транспорту, що доставляє їх до місць утилізації і складування. Пресування металеві стружки зменшує втрати металу на вигорання в процесі плавки. Брикетизація деревних відходів підвищує теплоту згоряння опилок і стружки. Продуктивність варочних котлів у гідролізному виробництві збільшується, якщо використовувати не опилки, а брикети.

Для ущільнення відходів пінопластів, плівочних обрізків тощо використовуються дискові ущільнювачі – гранулятори з фрикційними дисками, один з яких обертається, а інший нерухомий. За рахунок тертя при обертанні диска виділяється тепло, що забезпечує спікання і ефективне ущільнення відходів. Для брикетування металолому використовуються пакетувальні преси. Пресування здійснюється в трьох площинах. Прес складається з камери пресування з кількома плунжерами, гідравлічної апаратури з баком для масла, механізму завантаження камери.

Останнім часом за кордоном широкого розповсюдження набуває мережа перевантажувальних станцій, на яких від власників будинків і підприємств приймається побутове і промислове сміття, що привозиться звичайними сміттєвозами. На цих станціях сміття вивантажується в воронки пресувального пристрою, звідки вже в значно меншому об'ємі виштовхується в спеціальні металеві контейнери. Пресування відходів дає можливість значно скоротити кількість необхідного транспорту, що особливо вигідно при перевезенні відходів на велику відстань і значно менше забруднює навколишнє середовище. Пресування при високому тиску покращує умови експлуатації полігонів звалищ. Ущільнення відходів дає меншу кількість фільтрату і газових викидів, знижує вірогідність виникнення пожеж, забезпечує ефективне використання земельних ділянок полігонів.

Збагачення є проміжною стадією технології переробки твердих відходів перед глибокою механічною, хімічною чи фізико-хімічною переробкою при отриманні кінцевої товарної продукції. Збагачення дозволяє відокремлювати значну частину пустої породи і домішок, збільшувати в сировині чи відходах концентрацію корисних компонентів. Хімічний склад мінеральної частини при цьому не змінюється на відміну від наступних процесів переробки, в яких мінеральна компонента відходів зазнає корінних хімічних і фізичних перетворень. Внаслідок збагачення твердих відходів отримують декілька продуктів.

Концентрати – продукти збагачення, в яких вміст корисних компонент більший, а домішок менше, ніж у вихідній сировині (наприклад, залізорудні, вугільні, піритні концентрати). Хвости – це пуста порода, шкідливі домішки і невелика частка корисної компоненти. Хвости можуть використовуватись в інших галузях виробництва в якості щебню, піску в виробництві бетону, для отримання керамічних та інших будівельних матеріалів. Проміжний продукт містить досить велику кількість корисної компоненти і в ряді випадків потребує додаткового збагачення.

Методи збагачення можна розділити на хімічні, термічні, механічні і комбіновані. Хімічні і термічні методи головним чином використовуються в поєднанні з традиційними механічними. Серед механічних є різні методи, що використовують фізичні властивості матеріалів: густину, магнітні і електричні характеристики, змочуваність, колір тощо. Найбільшого розповсюдження набули гравітаційні, магнітні, електричні і флотаційні способи збагачення.

Серед гравітаційних методів збагачення найбільш розповсюджена відсадка, збагачення на концентраційних столах і в важких середовищах. Відсадку здійснюється в вертикальних струменях води. Використовуються відсадні машини, в яких відбувається вертикальний рух водяних струменів змінного напрямку при нерухомості решета, або за допомогою рухомого решета, що коливається вверх-вниз. На концентраційних столах збагачуються матеріали з великою густиною.

Якщо відходи включають метали, їх пропускають на подвижній стрічці через магнітний сепаратор. В магнітному полі відбувається відокремлення магнітних металів від органічної частини відходів. Магнітна сепарація являється одним із основних методів сортування металолому, добування залізної фракції з побутових і промислових відходів. Апарат для магнітного збагачення називається магнітним сепаратором. Існують конструкції, що працюють у повітряному середовищі для відокремлення крупнокускових матеріалів, а також конструкції, що працюють у водному середовищі. Мокра сепарація дрібних частинок металу дає кращі результати і не забруднює навколишнє середовище пилом.

Існують також електричні методи збагачення, які ґрунтуються на різниці поведінки частинок матеріалу в електричному полі. На рис. 8.11 показана принципова схема електричного сепаратора з коронуною системою для розділення кольорових металів і

полімерних відходів. Суміш подається на заземлений електрод (барабан), який переміщує частинки в зону дії коронуючого електроду. В результаті часткового пробоя повітря в міжелектродному просторі утворюються іони, які передають заряд частинкам металу і полімеру. Металічні частинки швидко розряджаються і, відриваючись від барабану, попадають у бункер. Полімерні відходи зберігають заряд довгий час і притягуються до барабану до тих пір, поки не зчистяться з нього щіткою і не попадуть в інший бункер.

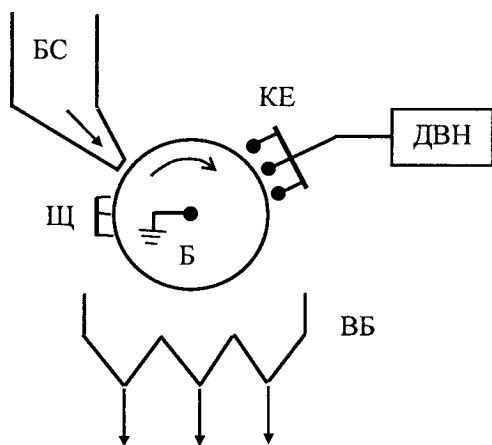


Рис. 8.11. Схема електричного сепаратора з коронуючою системою: БС – бункер суміші, Щ – щітка, Б – барабан, ДВН – джерело високої напруги, КЕ – коронуючі електроди, ВБ – вихідний бункер.

Флотажне збагачення ґрунтується на різниці змочуваності тих чи інших матеріалів відходів. Процес флотації протікає наступним чином. Тонко подрібнені тверді відходи у вигляді пульпи з невеликою кількістю спеціальних реагентів насичуються повітрям. При цьому поверхні змочуваних часток покриваються водою, а на поверхнях незмочуваних часток прикріплюються бульбашки повітря, які витісняють з неї воду. Частинки матеріалу з прилиплими бульбашками повітря піднімаються на поверхню (флотуються) і утворюють пінистий продукт, а змочувані частинки залишаються в пульпі і поступають на подальшу переробку або у відвал (хвости).

В залежності від способу утворення бульбашок і перемішування пульпи флотаційні машини можна розділити на механічні, пневматичні і комбіновані. В механічних флотаційних машинах повітря засмоктується імпелером через порожнисту трубу, розбивається на дрібні бульбашки і рівномірно розподіляється по всьому об'єму пульпи. В пневматичних флотаційних машинах повітря подається в пульпу під тиском через пористе днище ванни машини або через ряд тонких труб, опущених у пульпу відкритими кінцями. Флотаційні системи можуть працювати за колекторними і селекторними схемами, виділяючи відповідно декілька мінералів або один єдиний мінерал.

8.4. Утилізація і ліквідація відходів

Проблема промислової переробки побутових відходів полягає головним чином у складності їхньої структури. Немає поки що раціональних технологій переробки дуже різноманітного за своїм складом матеріалу, а розділення суміші різних компонент на полігонах і звалищах практично неможливо. Масштаби використання технологічних комплексів переробки нерозділених твердих побутових відходів у світі поки що незначні. Найбільш поширені технології селективного збору компонентів: скла, макулатури, полімерів і металів пляшок і банок, харчових відходів. Селективний збір різного виду відходів здійснюється в спеціальних контейнерах. Існують системи приймальних пунктів, в тому числі і автоматичних, для прийому пляшок і бляшанок на платній основі. Населенню видають спеціальні мішки або ящики.

Утилізація твердих відходів на найбільш досконалих зарубіжних заводах по переробці сміття передбачає комплексне видобування головних корисних складових шляхом аеросепарації і електромагнітного розділення сміття, компостування та інших технологічних процесів. Зі сміття добувають чорні метали, папір, пластмаси і органічні речовини. Частина органічних речовин з високим вмістом кормів, овочів, фруктів, хліба і т. п. переробляються на корм тваринам. З решти органічних речовин виготовляються компости. Приблизно половина продуктів сміття не підлягає використанню і спалюється.

Економічний ефект від використання металовідходів, як вторинної сировини, очевидний. Сталь, що виплавляється з

металолому в 20 разів дешевша сталі, виробленої з руди. Крім того, зменшується забруднення літосфери, атмосфери і гідросфери. На підприємствах з великою кількістю відходів створюються спеціальні цехи по утилізації вторинних металів. В машинобудуванні розробляються маловідходні технології, що підвищують коефіцієнт використання металу.

В ливарному виробництві використовуються швидкотвердні формовочні суміші, завдяки яким відбувається хімічне затвердіння форм і стержнів. Коефіцієнт використання металу збільшується до 95-98%, зменшується запиленість і шкідливі викиди в навколишнє середовище. У прокатному виробництві створені зубопрокатні стани, стани прокатки в гвинтових камерах, поперечно-гвинтові стани тощо, які дозволяють в подальшому відмовитись від додаткової металообробки і зекономити 10-35% металу в порівнянні з обробкою різанням, яке пов'язано з величезною кількістю відходів. Дуже часто в стружку йде до 60-70% металу. Порошкова металургія дозволяє виготовляти вироби унікального складу і властивостей, часто недоступних при використанні інших технологій.

Утилізація макулатури також має дуже важливе значення в альтернативній економіці. Основним видом продукції, що виробляється з макулатури є тароупаковочний папір і картон, газетний, друкарський і канцелярський папір, обої, будівельні матеріали (пергамін, толь, рубероїд), плиточно-облицювальні матеріали, волокнисті та теплоізоляційні плити. Сучасні технологічні виробництва цих матеріалів являються безвідходними і екологічно чистими. Наповнювачами служать цемент і гіпс. Стічні води відсутні, технології прості і легкодоступні на вітчизняному обладнанні. Розроблені екологічно чисті технології переробки відходів ламінованого паперу для упаковки молочних продуктів і соків. Основу системи переробки макулатури в державному масштабі складають збір, сортування і постачання макулатури заготівельних підприємств, а також переробка, організація малих підприємств з виробництва волокнистих, теплоізоляційних і облицювальних плит та ін.

Утилізація відходів деревини потрібна для виготовлення товарів культурно-побутового призначення і господарського вжитку, які виготовляються головним чином методом пресування. Крім того, це виробництво плит, корпусів різноманітних приладів тощо. Обрізки,

опилки, стружка, тара викорисовуються для виробництва фанери і картону. З відходів деревини можна виготовляти чудові меблі, посуд, різний інвентар, іграшки і багато іншого. Найбільш масовою сучасною технологією переробки деревних відходів слід відзначити виробництво паливних брикетів, плит ДСП, бруса, стінної цегли, теплоізоляційних матеріалів і облицювальних плит.

Для виготовлення паливних брикетів використовуються гвинтові і поршневі преси. Використовуються брикети як альтернативне паливо в невеликих господарствах. Для виготовлення плит ДСП використовуються синтетичні в'яжучі, деревна суміш яких пресується при температурі 150 °С. Виробництво стінної цегли ґрунтується на змішуванні деревних відходів з гіпсом чи цементом і формуванні блоків. При широкомасштабному впровадженні переробки деревних відходів необхідне проведення відповідної державної політики і створення спеціальної мережі зі збору, виробництва і продажу деревних відходів заготівельними підприємствами, виробництва паливних брикетів, матеріалів і товарів будівельного призначення.

Волокнисті відходи побуту і виробництва потрапляють на спеціальні фабрики з переробки вторинної сировини, на яких вони подрібнюються і при необхідності розволокнюються і переробляються в паклю, вату, утеплювачі, обтирочні матеріали, композиційні матеріали для виробництва будівельних плит тощо.

Переробка зношених шин може відбуватися зі збереженням і без збереження гумової складової. Методи переробки шин зі збереженням ґрунтуються на подрібненні гумової складової механічним або криогенним способом. Механічне подрібнення здійснюється за допомогою дробильних вальців, роторних машин і дискових мельниць. Пил відфільтровується вентилятором і осідає в циклічних і рукавних фільтрах і використовується як корисний матеріал. Застосування криогенного методу дає можливість більш ефективного відділення металічної і текстильної корди і розмолу резинової складової. Криогенна технологія має ряд переваг: енерговитрати в 10 раз менші, можливість отримання гумового порошку будь-якої ступені подрібнення. Але застосування криогенної технології може бути економічно виправданим, якщо виробництво рідкого азоту не є необхідним, тобто він є побічним продуктом основного виробництва.

Гумова крошка являється сировиною у виробництві всіх видів гумової продукції замість каучуку. Може використовуватись також для приготування асфальтових сумішей і бітумних мастик, а також для виробництва матеріалів будівельного призначення (покрівля, гідроізоляція, плитка, спортивні майданчики, садові доріжки, підрельсні прокладки і багато іншого).

Утилізація полімерних відходів здійснюється шляхом повторного використання у виробничому циклі за попереднім призначенням у якості добавки до основної сировини в концентрації 1:10. Поліетиленові відходи можна використовувати у виробництві дренажних труб, плівок для теплиць, деталей сантехніки, транспортної тари для овочів і фруктів і багато іншого. Вони можуть використовуватись як в'язучі при виготовленні будівельних матеріалів з деревних, паперових і текстильних відходів. Полівінілхлоридні відходи використовуються в шляховому будівництві, для отримання вініпласта, ліноліума тощо. Полістирольні відходи використовуються для виготовлення облицювальних листів і товарів народного споживання.

Золшлакові відходи можна використовувати у виробництві бетону, штучних наповнювачів типу глинозольного керамзиту, зольного гравію, шлакогрануляту, азуриту, у виробництві цегли і шлакоблоків, при шляховому будівництві.

Основним способом переробки ртутних ламп є термічна демеркурізація шляхом випарування ртуті і подальшої конденсації. Метод надійно забезпечує виконання всіх санітарних норм як за викидами в атмосферу, так і за концентрацією ртуті в залишках продуктів переробки.

Рештки відходів, які не мають перспективи використання в якості вторинної сировини, підлягають спалюванню або захороненню. Спалювання може здійснюватись у різних типах печей. Найбільш поширені факельно-шарові топки. Топки для шарового спалення, які найбільше використовуються для спалювання твердих побутових відходів і їх сумішей з виробничим сміттям, класифікуються за способом подачі і запалення відходів, видалення шлаку тощо. Необхідна обробка і швидкість руху шару через усі зони горіння досягається використанням механічних ступінчастих колосникових і ланцюгових решіток. Шуровка і переміщення сміття відбуваються за рахунок переміщення щаблів похилої решітки. Барабанні печі – основний вид теплоенергетичного

обладнання при централізованому спаленні твердих і пастоподібних відходів. Ними оснащені станції знешкодження відходів.

Основним елементом барабанної печі (рис. 8.12) являється горизонтальний циліндричний корпус, що спирається бандажем на ролики.



Рис. 8.12. Схема барабанної печі

Барабан нахилений під невеликим кутом у бік вивантаження шлаку і в процесі роботи обертається зі швидкістю до 2 об/хв за рахунок приведення в рух зубчатою передачею. Тверді і пастоподібні відходи підсушуються і частково газифікуються. При необхідності форсункою можуть розпилятися додаткове паливо або рідкі горючі відходи, підвищуючи температуру печі. Шлак переміщується в протилежний торець печі і виводиться. Гази на виході можуть містити недопалені домішки, тому передбачається камера допалювання. Для очищення відхідних газів передбачений електрофільтр.

Печі з псевдокиплячим шаром (рис. 8.10) широко використовуються для термічного знешкодження відходів. Продукти згорання завдяки потоку повітря, що проходить через шар сипучого матеріалу, переходять у зважений стан. Швидкість потоку має бути достатньою, щоб частинки знаходились у вихровому турбулентному русі, що нагадує киплячу рідину. Відбувається інтенсивний теплообмін між частинками і газом. Теплопередача в киплячому шарі в 4 рази вища, ніж у нерухомому. Відходи через форсунку поступають зверху в піч. Вертикальна камера згорання має внизу

газорозподільчу решітку. Під решітку подається повітря, яке приводить у зважений стан зернисту загрузку, що зміщується з розпиленими відходами, які рухаються в протилежному напрямку. Вода відходів, що попадає в киплячий шар, миттєво випаровується. Турбулізація розжареної поверхні киплячого шару з хаотичним рухом твердих частинок не дає можливості утворюватися великим краплинам, і в результаті відбувається стійке горіння відходів. Димові гази, що утворюються при згоранні, очищаються в циклотроні. Вивантаження пилу здійснюється шнеком.

З точки зору охорони навколишнього середовища і ефективності використання природних ресурсів найбільш раціональним є створення мережі спеціалізованих сміттєпереробних заводів, які не потребують відчуження значних територій під полігони. Сміттєспалювальні заводи дуже поширені за кордоном. Їх розміщують поблизу житлових забудов, що значно зменшує витрати на вивезення відходів. При спалюванні сміття отримують тепло. Процес спалювання супроводжується утворенням димових газів, що містять окисли сірки і хлористий водень, сірководень, органічні сполуки. Тому необхідно обов'язково виконувати очищення димових газів.

Головним елементом такого заводу є установка з барабанною піччю для спалювання і прокалювання промислових твердих, рідких і пастоподібних відходів, котел-утилізатор і система очищення димових газів, спеціальна циклонна піч з мокрим очищенням димових газів для термічного обезжирення галогенних вуглеводнів. Температура вихідних газів 280-300 °С, температура перегрітої пари становить біля 240 °С. Паровий котел забезпечує тепловою енергією власні потреби заводу і використовується для підігрівання води в системі теплопостачання. Осаджена зола накопичується в бункері і перевозиться після зволоження на спеціальне звалище. Димові гази додатково очищуються в струменевому скребері і в електрофільтрі. Стічні води після фізико-хімічного очищення до необхідного ступеню поступають в каналізаційну мережу.

Принципова схема сміттєспалювального заводу показана на рис. 8.13. Технологічний процес складається з наступних основних стадій: приймання відходів, спалювання, очищення відхідних газів, шлако-золовиділення і сепарація металів. Призначені для спалення відходи доставляються автотранспортом і вигражуються в

приймальний бункер, звідки матеріал попадає в камерну піч, оснащену колосниками.

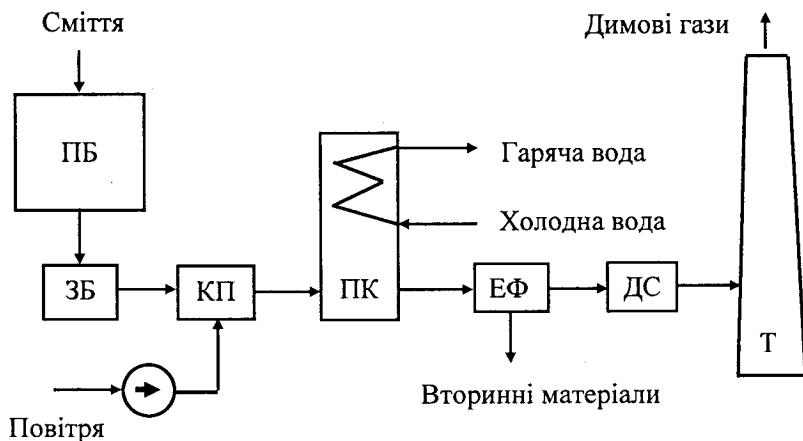


Рис. 8.13. Схема сміттеспалювального заводу:
 ПБ – приймальний бункер, ЗБ – завантажувальний бункер, КП – камерна піч, ПК – паровий котел, ЕФ – електричний фільтр, ДС – димосос, Т – труба.

Знизу поступає повітря. Рідкі горючі відходи можуть впрыскуватися в піч форсункою. Димові гази віддають тепло в котлі, яке використовується для підігрівання води і виробництва пари. Спалювання сміття потребує високого ступеню очищення відхідних газів. Проходячи через електричний фільтр, вони очищаються і за допомогою димососу викидаються в атмосферу через трубу. Шлак з колосникових решіток охолоджуються водою і направляються на склад транспортним пристроєм.

Полігони сміттєзвалищ являються дуже небезпечними. Будівництво сміттеспалювальних заводів покращує ситуацію, але суперечить тенденції енергозбереження і переведення ТЕЦ і котельнь з метою зниження забруднення атмосфери з твердого на рідке і газоподібне паливо. Останнім часом стали широко використовуватись піроліз, тобто термічний метод розкладання відходів при недостатці або відсутності кисню, в ході якого складні речовини (некомпостовані відходи) розкладаються на більш прості. В процесі піролізу отримують три види продуктів: паливний газ, бітумна смола і пірокарбонат. Технології піролізу і плазмохімічної

переробки екологічно більш привабливі, але потребують певного доопрацювання.

Іншим методом знешкодження побутового сміття є біологічна його переробка на компост і біопаливо. Процес переробки здійснюється за рахунок самовозгорання сміття і тому називається біохімічним. Процес відбувається в результаті життєдіяльності різноманітних теплолюбних мікроорганізмів в аеробних умовах (при достатньому надходженні повітря). Компости використовуються в сільському господарстві, теплицях для вирощування овочів, для озеленення міст і т. д., тобто сприяють натуральному кругообігу речовин у природі. На сучасних сміттєпереробних заводах процеси знешкодження відходів здійснюються за допомогою механізмів біотермічного компостування. Технологічний процес складається з таких стадій: прийом і попередня підготовка відходів, біотермічне компостування, сортування і складування компосту, обробка некомпостованих фракцій.

Захоронення – остання ланка в технологічному ланцюзі переробки відходів. Захист ґрунту, лісових угідь, поверхневих і ґрунтових вод від забруднення відходами виконується шляхом збору і складування перероблених промислових і побутових відходів на звалищах і полігонах. Складування на полігонах – найпростіший і найдешевший спосіб позбавлення від відходів після їх знешкодження, що здійснюється на спеціальних полігонах централізованого збору, знешкодження і захоронення токсичних відходів промислових підприємств. Прийому на полігони підлягають відходи з арсеном, ртуттю, ціаном, свинцем, цинком, оловом, кадмієм, нікелем, сурмою, вісмутом, кобальтом, а також гальванічні відходи, органічні розчинники, тверді смоли, пластмаси, органічне скло, лакофарбові матеріали.

Полігони для знешкодження і захоронення токсичних відходів являються природоохоронними спорудами. В складі полігону передбачене будівництво трьох основних об'єктів: цехи для знешкодження токсичних продуктів шляхом спалювання і фізико-хімічної переробки в нерозчинні форми, що підлягають захороненню; участок захоронення відходів у вигляді території, на якій розташовані спеціально облаштовані котловини; гараж спеціалізованого парку автомобілів, призначених для транспортування токсичної продукції.

Шламонакопичувачі – основний тип промислових сховищ, які будуються за каскадним принципом: зі створенням плотин, берегів і чаш шламосховищ. Широке розповсюдження в деяких зарубіжних країнах отримали підземні захоронення промислових стоків шляхом їх закачування в глибокі шпари. Найбільш придатні для цього пісчаники, вапняки і доломіти, що мають високу проникність. Вони мають залягати нижче рівня ґрунтових вод (300-400 м). Вибір участка підземного захоронення відходів дуже складний і виконується за багатьма геологічними, гідродинамічними і санітарними критеріями.

В останні роки в розвинених країнах Європи і Америки переробка харчових відходів ведеться централізовано за повними заводськими технологіями. При цьому практично відсутні процеси захоронення чи складування відходів. Зола і шлак по мірі накопичення вивозяться на переробку в будівельні матеріали та для інших цілей. До складу такого заводу входить цілий набір установок, що забезпечують повну переробку відходів, наприклад, обробку відпрацьованих мастил, забруднених розчинників, неорганічних хімічних забруднень тощо.

Розділ 9

ЕКОЛОГІЧНЕ СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО І ТУРИЗМ

9.1. Загальна характеристика

Глобалізація світової економіки пов'язана з негативними змінами природного середовища Землі. Це, перш за все, кліматичні зміни, деградація ґрунту і земної поверхні, руйнування екосистем, забруднення води, повітря і довкілля взагалі. Екологічна ситуація усугубляється неконтрольованим зростанням населення і нерівномірним соціально-економічним розвитком країн, погіршенням продовольчої безпеки і здоров'я населення. До цього слід додати також обмеженість запасів енергетичних та інших видів природних ресурсів. Всі ці глобальні проблеми вирішити на національному рівні неможливо. Необхідне виховання повсюдного розуміння і готовності прикладати значні зусилля у вирішенні цих проблем. Важливу роль у цьому процесі відіграє екологія сільського господарства.

Екологічне сільське господарство виникло спочатку в передових індустріальних країнах, таких як США, Великобританія, Германія, Японія, як альтернатива інтенсифікації сільського господарства при широкому використанні синтетичних азотних добрив. Кількість внесеного в ґрунт азоту в другій половині ХХ сторіччя зросла в 50 разів. Це призвело до порушення збалансованості між азотом і іншими елементами (фосфором, калієм тощо) і, як результат, – до збільшення нітратів в харчових продуктах, забруднення водоймищ, зменшення родючості ґрунтів. В додачу до цього бездумне і безсистемне використання плужної обробки стало причиною ерозії і деградації ґрунтів, а використання пестицидів і гербіцидів, хоч і дало можливість збільшення урожайності зернових в 10 разів, але призвело до таких негативних явищ, як зменшення сільського населення, погіршення якості питної

води, знищення водного і тваринного світу. На рис. 9.1 показані альтернативні шляхи розвитку сучасного землеробства.



Рис. 9.1. Шляхи зменшення негативного впливу хімізації сільськогосподарського виробництва

В кінці ХХ сторіччя в світі з'явилась новітня технологія генної інженерії, що знайшла широке застосування в сільському господарстві США і інших розвинених країн і нині катастрофічно поширюється в усіх інших країнах. За допомогою генної інженерії вирощують кукурудзу, сою, рапс, їх додають потім у ковбасу, морозиво, шоколад, сметану, хліб і навіть у дитяче харчування. Все це пояснюють необхідністю вирішення проблеми голоду в світі. Бажання людини "не чекати милості від природи" повернулося проти людини. Адже природа "знає" краще, що для людини добре. Не потрібно зайвих мудрувань, а ліпше зайвий раз придивитися до самої природи. Результатом цього і стало виникнення нового напрямку, — екологічне сільське господарство.

Екологічне (натуральне, органічне, біологічне) сільське господарство — це виробнича система, яка підтримує здоров'я ґрунтів, людей і екосистем в залежності від екологічних процесів, біологічного розмаїття і природних циклів, характерних для місцевих умов без непродуманого використання несприятливих ресурсів. Екологічне сільське господарство забезпечує рівновагу між економічним благополуччям людей і збереженням стану

навколишнього середовища. Основними перевагами екологічного сільського господарства є кращі смакові якості продукції, більша її біологічна різноманітність, безпека для здоров'я людей і тварин і збереження довкілля.

Ще однією галуззю економіки, яка безпосередньо пов'язана з навколишнім середовищем, є туристична галузь. Сучасна індустрія туризму є однією з найбільш прибуткових і динамічних галузей світової економіки. На долю туризму припадає приблизно десята частина світового валового національного продукту, світових інвестицій, всіх робочих місць і світового споживання. Розвиток туризму стимулює такі галузі економіки як транспорт, готельне господарство, соціальне харчування та інші галузі, які можуть бути віднесені до індустрії туризму, сприяє створенню значної кількості робочих місць і збільшує бюджетні надходження.

Значна роль покладається в цьому і на міжнародний туризм, оскільки його вагомість у світовій економіці зростає з кожним роком. На рис. 9.2 показана схема взаємодії учасників ринку міжнародних туристичних послуг.

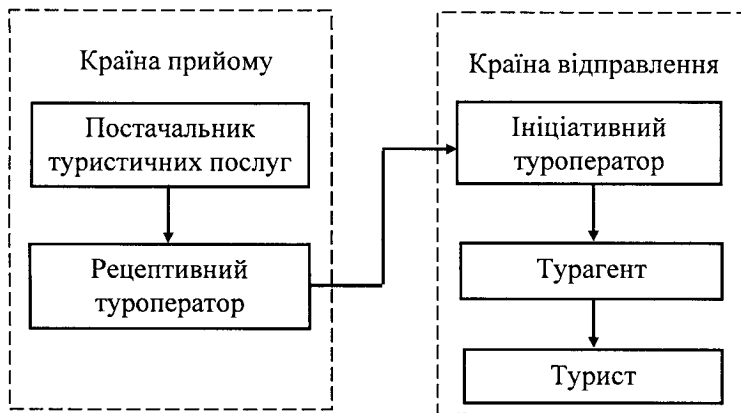


Рис. 9.2. Структура ринку міжнародного туризму

Індустрія подорожей і туризму зацікавлена в захисті природних і культурних ресурсів, які є ядром туристичного бізнесу. Світовий досвід підтверджує важливість партнерства між урядовими, промисловими і неурядовими організаціями у виробленні стратегічних напрямків розвитку подорожей і туризму,

які можуть дати величезні вигоди від створення міжнародної туристичної індустрії.

Подорожування і туризм повинні допомагати людям в досягненні гармонії з природою, захисті і відтворенні екосистем, удосконаленні життєздатних моделей виробництва і споживання. Захист навколишнього середовища має бути невід'ємною складовою процесу розвитку туристичної галузі. Туристична галузь може розвиватися за участі місцевих жителів, на основі планових рішень на місцевому рівні влади і сприяти створенню робочих місць для місцевих жителів. Розвиток екологічного туризму може забезпечувати і підтримку культури місцевих народностей.

Екологічний туризм – це широка концепція, що має на меті невичерпне використання і збереження біологічного різноманіття для майбутніх поколінь, планування і керування туристичною діяльністю. Крім інтересів туристичного бізнесу враховуються досягнення суспільних інтересів, щоб робити реальний вклад в охорону дикої природи і розвиток місцевих регіонів в довгостроковій перспективі.

Існує також поняття зелений туризм, який має на меті використання в туристичній індустрії екологічних методів і технологій, забезпечення і оптимізації екологічних і економічних перспектив майбутнього розвитку регіонів. Природні і культурні ресурси використовуються таким чином, щоб задовольняти соціальні і естетичні потреби, але при цьому зберегти культурні і унікальні екологічні особливості і многогранність біологічних видів і життєво важливих систем.

Екологічний туризм є альтернативою іншим, більш виснажливим формам використання природних ресурсів, таким як, наприклад, малоефективне сільське господарство, мисливство, збиральництво, лісозаготівля, примітивна розробка корисних копалин, масовий курортний туризм тощо. Вони приносять швидкий і, на перших порах, високий дохід у порівнянні з екологічним туризмом, на який потрібен час і значні витрати. Але стійкість такого виду господарювання невисока, його наслідком є швидка деградація і виснаження економіки.

Отже екологічний туризм – це подорож, протягом якої природа залишається основною цінністю і всі дії є екологічно безпечними, тобто туристи особисто беруть участь в збереженні чи відновленні ресурсів дикої природи. Дохід від екологічного туризму

направляється на фінансування підтримки захисту навколишнього середовища. Можна виділити три основні компоненти екологічного туризму: пізнання природи, збереження екосистем і повага до інтересів місцевих жителів.

Видів екологічного туризму вирізняють чотири: науковий туризм, коли туристи беруть участь у дослідженні природи, ведучи польові спостереження; історичний туризм, коли подорожуючі вивчають навколишню природу і місцеву культуру; пригодницький туризм, в якому задіяні різні способи подорожування і відпочинку на природі; і, нарешті, це подорожі в природні резервати, заповідники чи національні парки.

Бджільництво, як супутня галузь екологічного сільського господарства, є також важливою частиною екологічної економіки будь-якої країни. Продукція бджільництва має велике значення для всіх галузей народного господарства. Важливий продукт харчування, мед, широко застосовується і для лікування різних захворювань людини. Віск є сировиною багатьох галузей промисловості, зокрема в металургії, радіотехніці, автомобільній і хімічній промисловості. Прополіс – незамінна сировина при виробництві лаків, використовується він також в медицині і ветеринарії. Маточне молочко нормалізує обмін речовин, кровообіг, лікує серцево-судинні захворювання, зміцнює організм людини.

Особливо важливе значення в сучасному сільськогосподарському виробництві має опилення бджолами квітів медоносних рослин. Бджільництво є важливим резервом підвищення врожайності і покращення якості плодів і насіння багатьох зернових, кормових, технічних, плодових, лікарських та інших культур. Біологічне і економічне значення перехресного опилення особливо зростає в умовах спеціалізації сільськогосподарського виробництва і підвищення культури землеробства.

9.2. Збереження родючості і обробка ґрунту.

Відмінність кліматичних умов обумовлює розвиток різноманітних рослин, тварин і мікроорганізмів, які по-різному впливають на ґрунт, як і ґрунт на них. Властивості ґрунту визначаються також кількістю опадів, температурою повітря і вологістю, швидкістю вітру тощо. Клімат є могутнім фактором утворення ґрунту. Так, за полярних умов перевагу мають механічні процеси руйнування

гірських порід, а хімічні перетворення мають менше значення. В умовах помірного клімату хімічне вивітрювання лужних і лужноземельних основ протікає більш інтенсивно, внаслідок чого спостерігається утворення значної кількості глинястих осадових порід. В жаркому і вологому тропічному кліматі процеси хімічного розкладу і визолування материнської породи досягає максимальних масштабів, що призводить до руйнування каолінового шару.

Відповідно до цього формуються і різноманітні типи ґрунтів. В умовах інтенсивного руйнування і постійного зволоження утворюються визолені ґрунти. Типом найбільш визоложеного ґрунту є підзолистий, що переважає в області високих широт, який займає екосистема хвойних лісів. За умов слабкої зволоженості набуває особливого значення процес випаровування. Такі ґрунти збагачуються мобільними елементами за рахунок капілярного підйому ґрунтових вод. В умовах рясної рослинності вологих тропіків, що швидко розвивається і швидко зотліває, утворилися латеритні ґрунти. В табл. 9.1 наведені основні типи ґрунтів і зайняті ними площі ґрунтового покриття.

Таблиця 9.1

Типи ґрунтів	Площа, млн км ²
Червоноземи і латеритні ґрунти	26,9
Сіроземи і пустелі	25,3
Підзолисті ґрунти	20,9
Чорноземи і каштанові ґрунти	19,7
Сірі і бурі лісові	14,6
Тундрові	9,9
Алювіальні і болотисті	5,1
Всього	122,4

Великий вплив на ґрунт має рельєф місцевості. Швидше і легше ґрунт утворюється на осадових породах: пісках, глинах і суглинках. Розрізняються ґрунти і за віком та швидкістю протікання процесу ґрунтоутворення. Підзолисті ґрунти старіші. Чорноземи знаходяться в середній стадії свого розвитку і найкращої родючості. Використовуючи ґрунт у власних інтересах, людина корінним чином змінює його властивості: обробляє, за допомогою добрив змінює його склад, осушує болота, зрощує пустелі, здійснює полив тощо. Лише для обробітку ґрунту необхідно виконувати величезну

роботу, перевертаючи щорічно тисячі кубічних кілометрів землі. Все це потребує величезних витрат енергії.

Родючість ґрунту має відповідати всім запитам культурних рослин, які в своєму розвитку потребують різноманітних поживних речовин, води, повітря і тепла. Родючість є головною властивістю ґрунту, яка залежить від цілого ряду інших його властивостей, таких як здатність поглинати потрібні речовини, утримувати вологу, дихати, захищати рослини від холоду та ін. Ґрунт може поглинати і зв'язувати, а потім віддавати рослинам ряд корисних речовин, у тому числі навіть деякі гази, наприклад, аміак. Вода в ґрунті буває в різноманітних видах: зв'язана, вільна, капілярна, пара і лід. Особливо важлива для рослин капілярна вода, що утримується в кореновому шарі ґрунту. Ця вода має здатність проходження через капіляри у всіх напрямках, не даючи можливості виснажитися ґрунту навколо коріння.

Для нормального розвитку рослин необхідне тепло, яке ґрунт може отримувати від сонячних променів, від повітря і опадів, а також при розкладі органічних речовин. На рис. 9.3 показаний принцип дії переносу температури і вологості в ґрунті.

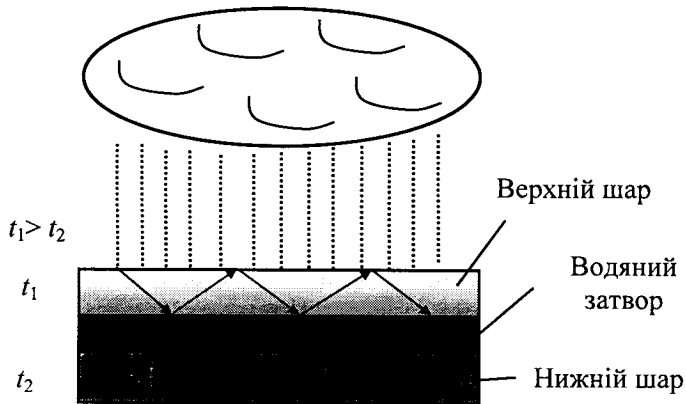


Рис. 9.3. Зміна температури і вологості ґрунту

Не всі ґрунти прогріваються однаково швидко. Багаті перегноєм і сухі ґрунти прогріваються швидше, вологі – повільніше, оскільки завдяки воді вони мають більшу теплоємність. Тому зрощувані землі характеризуються більш низькою температурою в розпалі літа і значно меншим нічним охолодженням у період осені.

Всі розглянуті властивості ґрунту, необхідні для нормального розвитку культурних рослин, найкраще поєднані в так званому структурному ґрунті. Він добре вбирає воду і повітря, має чудові теплові властивості, сприятливо впливає на розвиток корисних для рослин мікроорганізмів.

Основна роль ґрунту пов'язана з вирощуванням сільськогосподарських культур, але ґрунт виконує і багато інших важливих функцій. Ґрунт регулює хімічний склад атмосфери і гідросфери, адже органічні речовини ґрунту зберігають величезну кількість атмосферного вуглецю, що виділяється в атмосферу в результаті дихання. Крім того, ґрунт є середовищем проживання різних корисних груп організмів, наприклад, бактерій, що виробляють антибіотики.

Родючість ґрунту – це сукупність його властивостей, які забезпечують необхідні умови для життя рослин, здатність забезпечувати рослини земними факторами життя і давати врожай. Але ми можемо одержувати високі врожаї і шляхом внесення мінеральних добрив, а це крім шкідливо виробленої продукції з часом приводить до підкислення ґрунтового розчину, посилення мінералізації органічної речовини і згодом до зниження врожайності. Отже, поняття родючості ґрунту має бути доповнене необхідністю забезпечення ним необхідного виробництва екологічно безпечної продукції. Методи підвищення родючості ґрунту зазвичай поділяються на біологічні, агрофізичні і агрохімічні. Культивування органічного землеробства накладає певні обмеження на використання цих методів.

Основний акцент в екологічному землеробстві покладається на використання біологічних методів: чергування культур, спосіб посіву, використання фітофагів тощо. Використання хімічних методів не допускається. Замість цього, наприклад, внесення азоту здійснюється за допомогою азотофіксації, використання гною, компосту. Для внесення фосфору використовують фосфорити, кісткове борошно; для внесення калію – зола, кальцію і магнію – вапняк і доломіт. Що ж до агрофізичних методів, то найбільша увага приділяється способу зменшення механічної дії на ґрунт (енергозбереження). Велика увага приділяється структурі ґрунту. Від'ємний баланс органічних речовин недопустимий. Проблема вирішується за допомогою органічних добрив, сидератів, чергування культур.

Ґрунт має досить складну фізичну, хімічну і біологічну структуру (рис. 9.4).

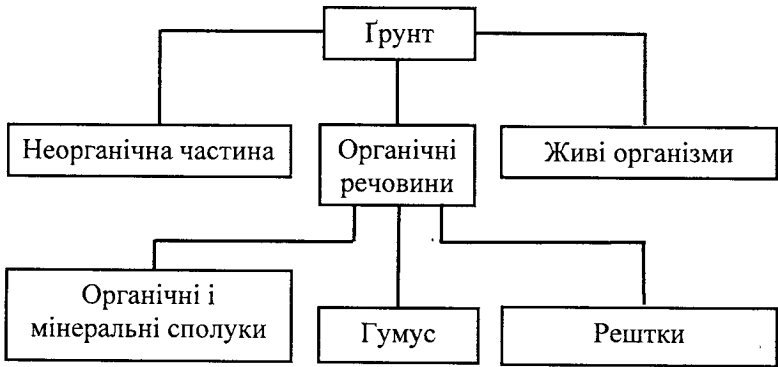


Рис. 9.4. Структурна схема складу ґрунту

Найбільш значимими показниками ґрунту являються біологічні: склад гумусу, біологічна активність ґрунту, кількість і склад мікроорганізмів, корисної ентомофауни, засміченість насінням бур'янів, шкідниками. Основна їх частина – мікроорганізми: бактерії, гриби, водорості, актиноміцети. Важливе значення мають живі організми представників найпростішого типу: інфузорій та черв'яків, молюсків і членистоногих. Ґрунтові організми руйнують рештки рослин і тварин, які мінералізуються і переходять в гумус. Деякі мікроорганізми засвоюють азот атмосфери і збагачують ним ґрунт.

Підсилювати активність потрібних мікроорганізмів можна внесенням у ґрунт органічних речовин, які є джерелом енергії і поживними речовинами. Мікроорганізми позитивно впливають на якість ґрунтів, підвищують доступність для рослин азоту, фосфору, марганцю, цинку, міді. Вони підсилюють ріст і біологічний захист рослин та виконують багато інших функцій. Зменшення інтенсивності механічної обробки ґрунту сприяє підсиленню розкладання целюлози активного орного шару.

Джерелом надходження органічних речовин в ґрунт є гній, торф, солома, зелені добрива, висівання багаторічних трав, проміжних культур. Важливим показником екологічного стану ґрунту є дощові черв'яки. В нормальних природних умовах їх

біомаса досягає 2-4 т на кожному гектарі. За рік вони постачають в ґрунт більше 80 тон поживних речовин, покращують аерацію, водний режим ґрунту і сприяють його знезараженню, покращують структуру.

Обробіток ґрунту – один з основних елементів системи землеробства. На рис. 9.5 показана схема класифікації систем обробітку ґрунту.

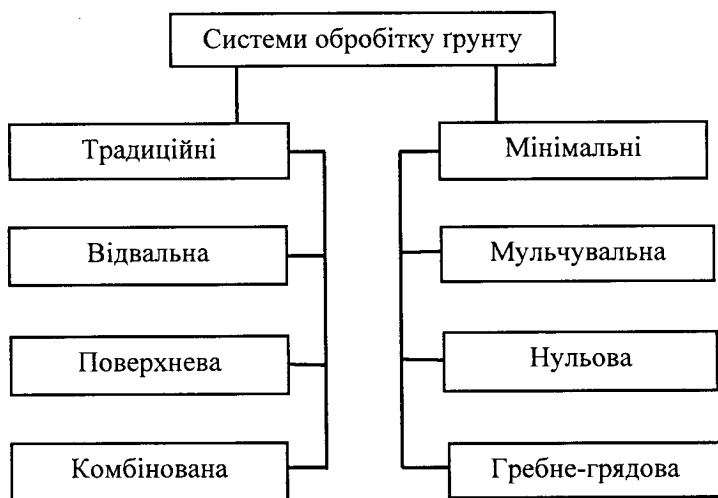


Рис. 9.5

Історично обробіток ґрунту став межею переходу людства від примітивного збиральництва до вирощування культурних рослин, що і привело в результаті до підвищення рівня життя, виникнення ремесел, мистецтв і міст. Важливою віхою в історії землеробства було використання плуга як знаряддя обробітку ґрунту. Заслуга винайдення плуга належить давнім нашим предкам, що мешкали на території сучасної України ще в епоху трипільської культури.

Звичайно, плужна обробка ґрунту зіграла важливу роль в ранньому землеробстві. Пізніше широкого розповсюдження набула теорія так званого відвального обробітку, яка визначила напрямок наукової думки на довгі роки. Але останнім часом стали все більше розуміти, що глибока оранка порушує природну капілярність ґрунту, перетворюючи його в однорідну суху масу по всій глибині

орання, що легко вивітряється і вимивається. З'явилися нові напрямки обробітку ґрунту, наприклад, повне виключення оранки або диференційне використання різних за інтенсивністю систем обробітку в залежності від динаміки родючості ґрунту. Перехід на ту чи іншу форму обробітку ґрунту потребує відповідної технології, яка забезпечує збалансований підхід вирішення цього питання.

Дуже часто спосіб обробітку ґрунту визначається боротьбою з бур'янами, шкідниками і хворобами, стаючи одним з основних факторів успішного ведення органічного сільського господарства. Повинен бути знайдений розумний компроміс між екологічними перевагами і ефективністю боротьби з бур'янами без використання засобів захисту рослин. Особлива увага при цьому має приділятися правильності чергування культур у сівозміні і використанню сидеральних культур.

Наявність якісної ґрунтообробної техніки забезпечує ефективну боротьбу з бур'янами. Системи обробітку ґрунту можна розділити на дві основні групи: класична система відвального обробітку і ресурсозберігаюча система мінімізації обробітку (поверхнева, комбінована, мульчувальна і нульова). В останні роки мінімальна обробка ґрунту розглядається як одна з головних умов екологізації землеробства. За деякими даними біля 400 млн га ґрунтів обробляються за мінімальними і 100 млн га за нульовими технологіями і їхній обсяг щорічно зростає. Запровадження мінімальної обробки значно зменшує руйнівні процеси, обумовлені широкомасштабним необдуманим використанням системи відвального обробітку.

Енергозберігаючі технології займають чільне місце в нашому житті. Мета енергозбереження — підвищення енергоефективності всіх галузей економіки країни і покращення екологічної ситуації. Сільське господарство теж не є виключенням. Енергозбереження в землеробстві — це зменшення витрат сукупної енергії на одиницю продукції без погіршення її якості і без зниження врожайності при екологічній збалансованості і збереженні ґрунтів від деградації. Але енергозбереження в сільському господарстві це не просто скорочення витрат паливно-мастильних матеріалів. Це розумний розподіл всіх ресурсів в системі землеробства.

Енергозберігаючий обробіток ґрунту обов'язково має розглядатися як елемент агрономічної технології у тісній взаємодії з сівозмінами, часткою пару, попередниками, агроекологічними

умовами. Сівозміни і системи обробітку ґрунту регулюють водний режим ґрунту, оптимізують його структуру, забезпечують захист від ерозії, регулювання режиму органічних речовин і біогенних елементів. Важливу роль відіграє правильне використання добрив.

9.3. Добрива в органічному землеробстві

Різноманітні добрива дуже широко застосовуються в землеробстві з давніх-давен. Їх можна класифікувати за різними принципами (рис. 9.6).



Рис. 9.6

Як зазначалося, використання мінеральних добрив має ряд негативних наслідків. Це підкислення ґрунтового розчину, погіршення структури ґрунту, накопичення токсинів, зменшення живої біомаси дощових черв'яків, накопичення нітритів і нітратів в продуктах харчування, збільшення маси бур'янів, забруднення навколишнього середовища. Хоча слід зазначити, що ці негативні наслідки проявляються при великих нормах використання. Розумне використання мінеральних добрив у комплексі з органічними може значно знизити їхні негативні сторони і збільшити родючість ґрунту. Але це потребує високої культури землеробства, що в існуючих умовах навряд чи поки що можливо в нашій країні. Тому в

органічному землеробстві мають існувати певні обмеження у використанні мінеральних добрив.

Внесення елементів живлення передбачається в основному за рахунок трьох джерел: різноманітних органічних добрив, важкорозчинних мінералів і азотофіксуючих рослин. Як додаткові джерела мінерального живлення можуть використовуватись базальтова мука, мука з водоростей, внесення м'ясної, м'ясо-кісткової, кісткової і рогової муки, муки зі щетини, деревної золи, фосфоритної, доломітної і вапнистої муки тощо.

Класифікація органічних добрив показана на рис. 9.7.

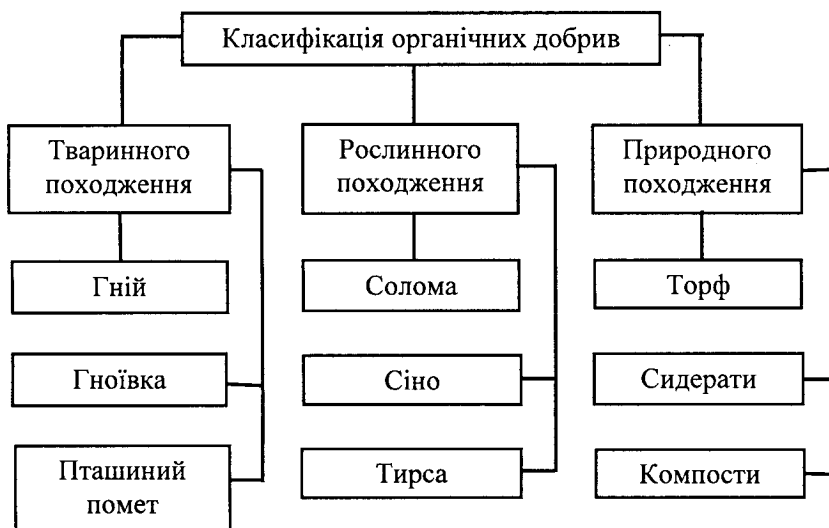


Рис. 9.7

Для бездефіцитного балансу щорічно на кожний гектар необхідно вносити 10 тон органічної речовини. За нормою накопичення нітратів щорічне внесення гною не може перевищувати 40-50 т/га. Гноївка, гнійна рідота, може вноситись (бажано якомога швидше) практично протягом всього року для підкормки озимих і просапних культур, під зяб. Найкращим способом використання гноївки є підготовка різноманітних компостів. Торф збільшує вміст гумусу і покращує структуру ґрунту. Для підвищення якості торфу його необхідно компостувати, і тоді він за якістю не поступається гною. Пташиний послід за

хімічним складом відноситься до найкращих видів органічних добрив. Найбільш ефективний він в якості рідкої підкормки.

Сидерати – це приорана в ґрунт високо-стеблова рослинна маса одно- і багаторічних бобових рослин (ярового гороху, ярової вики, кормових бобів, люпину, сераделі), а також гречки, соняшнику тощо. За результатом дії вони майже не поступаються гною, а люпин є незамінним постачальником важкодоступних форм калію. Компости готуються з різноманітних органічних матеріалів: рослинних залишків, пташиного посліду, гною і органічних відходів. Ці матеріали складаються стосом у рихлу кучу і перекладаються шарами землі або торфу. Цінним джерелом підживлення ґрунту азотом, фосфором, калієм, кальцієм, магнієм, міддю, цинком, марганцем та багатьма іншими мікроелементами є звичайна солома.

Але найбільш цінним для збереження і відновлення родючості ґрунту є все ж гній домашніх тварин. Його ефективність значно зростає в поєднанні з методами сівозміни, з використанням сидератів, проміжних культур, вапнуванням тощо. Свіжий гній – невичерпне джерело поживних речовин, він стимулює біологічні процеси в ґрунті і формує родючість ґрунту. Але краще його вносити на поля в компостованому вигляді.

Грамотно приготовлений компост може бути ідеальним добривом. В ньому фактично відсутній вільний аміак чи розчинні нітрати, велика кількість азоту зв'язана в білках, амінокислотах та інших біологічних компонентах. Всі елементи живлення в компості стабілізовані, низький вміст солей не викликає опіків рослин, то ж його можна ефективно використовувати при вирощуванні овочевих культур. Неабияким є також той факт, що при компостуванні органічні добрива зменшуються в об'ємі на 30-60 %, що значно спрощує роботу з ними. Зменшується кількість насіння бур'яну і збудників хвороб. У процесі приготування компосту дуже корисно і ефективно використовувати кухонні відходи, рештки врожаю, бур'ян тощо.

Велике значення має використання соломи як органічного добрива. Воно потребує у 7 разів менше енергетичних витрат, пов'язаних з транспортом, ніж гній. Солома у порівнянні з гноєм є більш екологічно чистим матеріалом, втричі більше містить органічних речовин. З кожною тонною соломи в ґрунт повертається 8,5 кг азоту, 3,8 кг фосфору, 13 кг калію, 4,2 кг кальцію, а також ряд

мікроелементів, яких у соломі накопичується значно більше, ніж навіть у самому зерні. Після внесення соломи значно покращується структура ґрунту, видовий склад мікроорганізмів. Солома вноситься в ґрунт шляхом мульчування або в результаті закладання соломи у верхній шар орного горизонту.

Закладання рослинних залишків і зокрема соломи на поверхні ґрунту у вигляді мульчі дуже широко використовується в землеробстві багатьох країн світу на всіх континентах, що забезпечує накопичення органічних речовин, поглинання руйнівної енергії дощових краплин, сприяє збільшенню кількості дощових черв'яків і, врешті рещт, покращує фізичні властивості ґрунту. Крім того, покращується розміщення насіння в ґрунті, що дозволяє йому уникнути контакту з токсичними продуктами розкладу.

Використання сидеральних культур для підвищення родючості ґрунту почалося ще з глибокої старовини. Зелені добрива і сьогодні є одним із найважливіших елементів органічного землеробства. В якості сидератів переважно використовуються бобові рослини – люпин, буркун, вика, еспарцет, серадела, кормовий горох. Іноді використовують і не бобові культури такі як гірчиця, гречка, озиме жито тощо, а також суміші бобових зі злаковими. В табл. 9.2 показаний вміст основних поживних речовин в зеленій масі сидератів.

Таблиця 9.2

Бобові і люцерна	Азот
Гірчиця і рапс	Фосфор, сірка, органіка
Гречка	Фосфор, калій
Однорічний люпин	Фосфор, азот
Овес	Калій, органіка
Жито озиме	Азот, калій

При внесенні зелених добрив у ґрунті накопичується на лише азот, а й інші поживні речовини, які не втрачаються протягом тривалого часу, оскільки сидерати розкладаються значно швидше, ніж інші органічні добрива. Внесення сидератів покращує структуру ґрунту, що особливо важливо в умовах використання важкої агротехніки, зменшує кислотність ґрунту. В результаті покращується життєдіяльність ґрунтових мікроорганізмів, необхідних для розвитку мікрофлори і живлення рослин.

Споживання мікроорганізмами поживних речовин значно зменшує можливість їхнього вимивання в нижчі горизонти ґрунту. Сидерати виконують також фіто-санітарну роль, зменшуючи забур'янення.

Посіви сидератів бувають самостійні, змішані, кулісні, підсівні і поживні. Самостійні посіви сидератів займають окреме поле протягом всього сезону і називаються сидеральними парами. Іноді поля під сидеральні посіви можуть використовуватись 2-4 роки підряд для окультурювання низькородючих ґрунтів. Змішані посіви сидерату і основної культури дають можливість одержувати значну кількість зеленої маси сидерату під час зростання і визрівання основної культури. Зразу після збирання цієї культури сидеральне добриво приорюють. Наприклад, жовтий кормовий люпин висівають разом з кукурудзою, вівсом, яровою викою на зелений корм під прикриттям озимого жита і використовують підростаючу після скошування суміші отаву люпину на зелене добриво.

Сидерат може займати не всю площу, а лише її частину у вигляді смуг (куліс) у міжрядді садів, поперек схилів пагорбів для попередження водної ерозії тощо. В залежності від часу висіву сидератів – до чи після збирання врожаю основної культури – розрізняють підсівні і поживні. Підсівним сидератам люпину, буркуну передуює висів основної продовольчої культури. Якийсь час сидеральні культури зростають під покриттям основної культури, наприклад, багаторічний люпин підсівається під овес або ячмінь.

Вирощену масу сидерату можна використовувати по-різному. Розрізняють дві основні форми використання зелених добрив: повна і укісна. Повне зелене удобрення передбачає приорювання всієї зеленої маси. Укісне зелене добриво використовується на інших ділянках ґрунту шляхом його приорювання. В садах укісна маса сидератів використовується для удобрення пристовбурних кругів фруктових дерев. Укісну сидеральну масу широко використовують також в компостах, перекладаючи її в стосах з кукурудзяною соломою, мулом, торфом, фекаліями тощо.

9.4. Сівозміни в органічному землеробстві

Сівозміною називається науково обґрунтоване чергування сільськогосподарських культур і парів у часі і на ділянках. Необхідність дотримання сівозміни ґрунтується на відомому ще здавен досвіді: зміна культур на полях дає більший ефект, ніж

беззмінна обробка, і ефективність тим більша, чим більша різниця в біології і технології вирощування культур. В індивідуальних фермерських господарствах можна обмежитись однією сівозміною з мінімальною кількістю культур. Так, наприклад, фермери використовують в чергуванні з кукурудзою, соєю і зерновими вирощування протягом кількох років багаторічних трав на сіно. Використання відпочинку під час сінного періоду покращує структуру ґрунту, очищає його від збудників хвороб і бур'янів, дає можливість накопичення азоту для наступних кормових культур. Те саме стосується і овочевих сівозмін.

Структура сівозмін складається з двох основних частин: однорічні і багаторічні бобові культури як компонент покращують родючість ґрунту і не бобові культури, такі як злаки, коренеплоди, овочі як компонент використовують накопичення гумусу і елементів живлення. Таким чином, сівозміна необхідна для покращення родючості ґрунту, виробництва якомога більшої кількості біологічно чистих продуктів харчування, боротьби зі шкідниками і хворобами, покращення економічних і соціальних умов виробництва.

Особливого значення набувають сівозміни при вирішенні екологічних проблем. Сівозміна, перш за все, є основою правильно організованої системи захисту ґрунту і природоохоронного землекористування в сучасних умовах. На межах полів сівозміни вирощуються захисні лісонасадження, створюється мережа польових доріг, створюється система затримки талих і дощових вод, будуються зрошувальні системи з каналами і водоймами, які тісно пов'язані з луками, пасовищами, лісовими угіддями та природним ландшафтом. Така система землекористування в поєднанні з різними протиерозійними заходами забезпечує надійний захист ґрунтів від ерозії, а навколишнє середовище від забруднення.

Отже, які причини викликають необхідність чергування культур в сівозміні? Це, перш за все, хімічні причини. Наприклад, цукровий буряк, капуста, кукурудза на силос споживають з ґрунту значно більше азоту, ніж зернові культури. Бобові культури: конюшина, люцерна, горох, вика, люпин, соя, чечевиця, квасоля тощо поповнюють у ґрунті значні запаси азоту. Багато фосфору потребують картопля, бобові та озимі пшениця і жито. Калій у великій кількості споживають картопля, цукровий буряк, соняшник, ячмінь, овес, коренеплоди і овочі. Корені люпину, гречки, вівса,

картоплі можуть розчиняти важкорозчинні фосфати і фосфорну муку.

Далі, важливими є також біологічні причини. По різному відносяться культурні рослини до бур'янів, шкідників і хвороб, які особливо шкодять в умовах беззмінних посівів і монокультур. Відсутність сівозмін, нарешті, негативно впливає на фізичні властивості ґрунту: структуру, вологість тощо. Економічні причини необхідності сівозмін пов'язані з можливістю розвантаження піків польових робіт і раціональним використанням робочої сили і техніки (рис. 9.8).

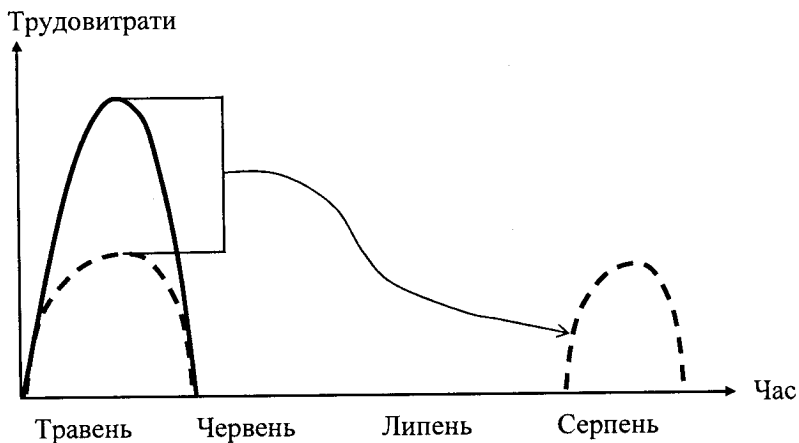


Рис. 9.8. Розвантаження піків польових робіт при сівозмінах

Більшість основних культур сівозміни займають поля протягом 50-70 % загального періоду можливої вегетації рослин. Для використання решти часу, вільного від вирощування основної культури сівозміни, застосовується для вирощування проміжних культур: пожнивних, підсівних і поукісних. Вирощування проміжних культур дає можливість більш повного використання пащні шляхом отримання додаткового врожаю кормової і іншої продукції, що зміцнює кормову базу тваринництва, особливо в той період, коли основні кормові культури ще не досягли кормової стиглості або уже вийшли з поля.

Особливу роль відіграють проміжні культури в умовах органічного землеробства як фіто-санітари. Проміжна сидерація і мульчування ґрунту в посадках капусти значно підвищує родючість

грунту і знищує бур'яни. Отже, позитивний вплив проміжних культур на фізичні, хімічні і біологічні показники родючості ґрунту посилюється чергуванням культур в сівозміні.

9.5. Екологічне тваринництво

Екологічне тваринництво включає в себе розведення, утримання і використання тварин в щадних гуманних умовах, без використання стимуляторів росту, хімічних речовин штучного походження в умовах, наближених до природних. Тварини посідають особливе місце в органічному світі. З одного боку вони – живі, розумні істоти, які все відчують, з іншого боку вони використовуються для виробництва продуктів харчування. Тварини забезпечують харчуванням людей у формі м'яса, молока, меду тощо; дають можливість використовувати ті землі, які не підходять для вирощування культур; виконують важливу соціально-культурну роль. Відходи тваринництва підтримують баланс вуглецю і азоту в екосистемі, можуть використовуватись як джерело біопалива тощо.

Але якщо в ідеї органічного землеробства основний акцент поставлено на використанні нехімічних методів управління, то на тваринницьких фермах нема великої різниці між органічними і традиційними формами управління. Наприклад, для лікування хвороб і їх профілактики фермери можуть використовувати як альтернативні медичні, так і традиційні хімічні методи.

Тварини мають бути невід'ємним компонентом органічної ферми, частиною системи, в якій всі елементи – люди, тварини, рослини – взаємодіють в гармонії з навколишнім середовищем. Вони вносять неоціненний вклад у розвиток продуктивної органічної сільськогосподарської системи, оскільки вони заповнюють ніші, які нічим іншим заповнити неможливо. Тому вибір видів і порід тварин має бути узгоджений з виробництвом кормів і агрономічними та кліматичними умовами, кількість тварин має відповідати існуючій ресурсній базі, а вся система господарювання не повинна причиняти шкоди довкіллю і використанню мінеральних енергоресурсів.

В органічному тваринництві вважається неможливим страждання тварини. Цей моральний аспект відношення до розумних істот визначає собою статус тварин на фермі. Про них треба піклуватися, вони не можуть страждати, взаємодіючи з

людьми і поміж собою. Благополуччя тварин вимагає від людей виконання певних моральних зобов'язань, таких як добре ставлення і доглядання.

Саме цим для тварин і виправдане використання синтетичних ліків, хімічних компонентів, – для недопущення страждання. Але не лише недопущення страждання є важливим принципом органічного тваринництва, це також і можливість природної поведінки для тварин, що по суті є розширенням концепції благополуччя. Етика взаємовідносин стосовно тварин потребує розгляду взаємодії між людьми і тваринами, а також установлення норм, які регулюють ці взаємовідносини.

Екологічному сільському господарству найбільше відповідає екоцентричний підхід, який виходить з того, що в усіх видів і екосистем є прямий моральний статус. Органічне землеробство основну увагу приділяє забезпеченню екологічної стійкості, а не власне тваринництву. Іншими словами, екоцентричний підхід розглядає благополуччя окремих тварин, що живуть в системах, як другорядну складову по відношенню до благополуччя самої системи. Наприклад, з органічної точки зору лікування тварин хімічними речовинами, антибіотиками та іншими подібними сполуками, які можуть впливати на екосистему, є неможливим і його потрібно уникати, незалежно від наслідків для окремих тварин. Використання таких речовин є неекологічним.

Екоцентрична етика основана на фундаментальних принципах поваги до природи і визнає взаємозв'язок між усіма живими істотами і навколишнім середовищем. Отже, благополуччя тварини залежить від можливості її природної поведінки і можливості жити природним життям у відповідності до її генетичних потреб. Тому в екологічному сільському господарстві створення тваринам природних умов для життя вважається основою їхнього благополуччя і має бути основою вирішення всіх проблем тваринництва.

В країнах розвинутого тваринництва розробляються детальні правила переходу від традиційного до екологічного господарювання: як здійснити перехід на органічне сільське господарство, яка має бути мінімальна кількість власних кормів, які обмеження мають бути в кормліні, кормах і кормових добавках, строгі інструкції утримання і захисту тварин, транспортування і їх заботу, перелік заборонених ліків, як організувати контроль за

виконанням цих правил. Протягом певного перехідного періоду (зазвичай не більше 2 років) при виконанні зазначених умов підприємствам і фермам надаються субсидії. По завершенні перехідного періоду господарствам надається статус екологічного підприємства чи ферми.

Таким чином, держава має не усуватись від гострих проблем сучасності, а провадити чітку економічну політику розвитку екологічного сільського господарства. Екологізація сільського господарства також дає можливість підвищення соціального статусу віддалених регіонів і розвитку туристичної галузі з метою підвищення культури місцевого населення і його добробуту.

9.6. Туризм як галузь екологічної економіки

Індустрія туризму повинна ґрунтуватися на міжнародному праві в сфері захисту навколишнього середовища. Значна частина сучасних видів туризму орієнтована на використання переважно природних туристичних ресурсів. У передових туристичних країнах вони отримали назву природний туризм (в тому числі і екологічний туризм). Світовий досвід свідчить, що екологічний туризм дійсно є реальним інструментом реалізації ідеї стійкого розвитку, однак в руках зажерливих і нерозумних ділків він може принести більше шкоди, ніж користі, якщо він зачіпає чутливі природні комплекси.

Руйнівний вплив туризму на природні комплекси може бути прямим і опосередкованим, масштаби якого важко оцінити. Це і прямий вплив: винищення представників фауни і флори в процесі охоти чи риболовлі, винищення природних умов існування шляхом включення територій в господарську діяльність тощо; втручання в природні процеси життєдіяльності рослин і тварин, розведення в штучних умовах, спостереження за ними, руйнування їхніх гнізд і нір; занесення і розповсюдження інфекції і хвороб через продовольчу життєдіяльність людей та їхню господарську діяльність. Це і побічний вплив: зміна природного середовища проживання, забруднення ґрунту і поверхневих вод, вирубка лісів і ерозія поверхні, глобальні зміни клімату, забруднення атмосфери, штучне розведення тварин, мутантів, вплив яких на природу і людей потребує довгого вивчення. Найбільше страждають малі популяції тварин і рослин.

Керувати процесами впливу туризму на природу також можна прямо і опосередковано. Так, наприклад, обмеження кількості відвідувачів відповідно гранично допустимим туристичним навантаженням на природні комплекси, зонування особливо чутливих природних територій, використання спеціальних технологій, що мінімізують забруднення навколишнього середовища (штрафи, розпорядження, тарифи, перепустки тощо), роз'яснення, як не потрібно чинити. Величезне значення має виховання туристів у дусі гуманного ставлення до місцевих жителів, тварин і рослин.

На рис. 9.9 показана схема взаємодії факторів розвитку екологічного туризму.

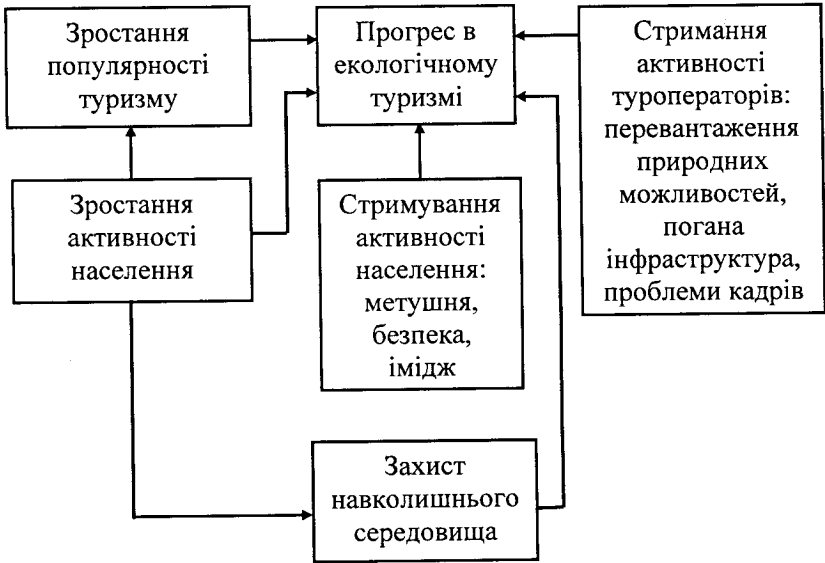


Рис. 9.9. Схема взаємодії факторів розвитку ринку екологічного туризму

За умов правильного розуміння сенсу екологічного туризму він має сприяти соціально-економічному розвитку як віддалених регіонів шляхом створення додаткових робочих місць для місцевого населення і туристичної галузі, так і в суміжних галузях країни (сільське господарство, харчова промисловість, готельне

господарство, соціальне харчування, транспорт, виробництво сувенірів, народні промисли тощо). Покращується робота підприємств житлово-комунального господарства, стимулюється охорона пам'ятників місцевої культури і природи, розвитку рекреаційних комплексів для потреб місцевих жителів.

Використання технологій і методів мінімізації забруднення навколишнього середовища економічно вигідне всім. Подібні технології і методи мають на меті раціональне використання природних ресурсів у туристичному обслуговуванні. Це пов'язано зі зниженням витрат і здешевленням турів, привертає увагу нових туристів і сприяє популяризації і доступності районів.

Розглянемо деякі практичні прийоми організації туристичного побуту. Прання і миття посуду пов'язане з виникненням відходів і забрудненням ґрунту і води. Тому потрібно мінімізувати використання гарячої води, не використовувати одноразовий посуд, миючі засоби, що містять фосфор, взагалі намагатися створювати образ табору, дружнього до навколишнього середовища.

Будівництво притулків, готелів, обладнаних таборів і бівуаків потребує також використання передових технологій по мінімізації втрат тепла і ефективного використання енергії. Необхідно якомога ширше використовувати теплоізоляційні матеріали, фольгу в сонячних регіонах, передбачувати вітрозахисні стінки тощо. Подібні заходи забезпечують комфорт туристам і економію енергії та палива.

Веранди будинків, балкони готелів, тамбури палат – обов'язкові атрибути, які крім зручностей є ефективними засобами регулювання температури в приміщенні. Втрати тепла через вікна на порядок вищі, ніж втрати через стіни, тому подвійні віконні рами мають бути обов'язковими для гірських готелів і будиночків.

Необхідно по можливості якомога ширше використовувати природні джерела енергії: вітер, термальні води, сонячні промені тощо. Для освітлення приміщень найбільш ефективним є використання флуоресцентних ламп, що працюють на підзарядці батарей. Якщо нема можливості, – газові і керосинові лампи. Центральне опалення в туристичних умовах – нонсенс, оскільки нема необхідності в обігріванні всіх приміщень одночасно. Потрібне індивідуальне обігрівання за допомогою різного типу термостатів і таймер-нагрівачів. Туристам зазвичай подобається використання різних видів камінів, жаровень, але це не є ефективним і може бути

застосоване лише в барах і спільних кімнатах. Всі прилади і обладнання потрібно добирати за принципом мінімального споживання енергії. Необхідно ширше використовувати літній душ, вода для якого підігривається сонячними променями в темних баках.

Туалети необхідно розміщати не менше ніж за 100 м від водних об'єктів в місцях глибокого залягання ґрунтових вод. Більша частина відходів може бути утилізована самою природою. Використання компостних ям потребує певних знань і навичок, оскільки вони дуже часто стають джерелом неприємних запахів і шкідливих газів.

Утилізація скляної і пластмасової тари ускладнюється їхньою стійкістю до розкладу в природних умовах, точніше сказати вона взагалі не може бути утилізована природою. Це "вічні" відходи, які необхідно лише евакуювати. Тому потрібно якомога менше використовувати скляну і пластмасову тару і перейти на паперову і картонну упаковку. В жодному разі не спалювати пластмасу, оскільки при горінні виділяються надзвичайно шкідливі для людини летючі сполуки і речовини. Необхідно все це вивозити до місць переробки чи захоронення.

Перевезення туристів і вантажу невідворотно пов'язане з забрудненням атмосфери, руйнуванням рослинного покриву і шумовим забрудненням. Для перевезення туристів необхідно використовувати місткі дизельні автобуси з причепами для багажу. Необхідно уникати нічних перевезень, оскільки світло фар вносить негативні корективи в поведінку тварин, вони часто виходять на дорогу і гинуть. Для зменшення транспортних витрат на обслуговування туристів під час відпочинку і завданої природі шкоди слід стимулювати більш тривале перебування туристів на базі, в таборі (різні зацікавлення, кращі умови відпочинку, зменшення бажання кудись їхати, коли це можна мати на місці).

Основою будь-якого планування територіального розвитку туризму є туристичне районування. Туристичний район – це територія, яка користується туристичним попитом, має туристичний ресурс, умови, необхідний рівень розвитку туристичної індустрії і характеризується спеціальними певними признаками, що відрізняють його від інших районів. Райони, що мають умови, але не мають ресурсів і не залучені до туристичної діяльності, називаються потенційними туристичними районами. Для їхнього переходу в туристичні райони необхідне швидке зростання туристичних

послуг, поглиблений територіальний розподіл праці в туристичній галузі, активізація впливу міжнародного туризму на розвиток економічно відсталих територій.

Формування районів розвитку туризму відбувається зазвичай під впливом центрів адміністрації, які забезпечують під'їзні шляхи, аеропорти, адміністративно-управлінські функції, розвиток торгівлі тощо. Рівень спеціалізації території на туризмі залежить від частки туристичної індустрії у створенні валового виробництва продукції даної території, кількості зайнятих з числа економічно активного населення в туристичному обслуговуванні.

9.7. Сільський туризм

Сільський туризм має багато спільного з екологічним туризмом, зокрема: збереження природного і культурного середовища, підтримка благополуччя місцевого населення, постачання туристам продуктів харчування з місцевого продовольства. В сільській місцевості турист отримує багато додаткових специфічних послуг, які розширюють можливості екологічного туризму: кінні і велосипедні прогулянки, маршрути знайомими стежками в національні і ландшафтні парки, природничі подорожі, збирання ягід і грибів, апітерапія. Цікавим і корисним може бути відпочинок у селян, які вирощують сільськогосподарську продукцію органічним способом.

Розвиток сільського туризму направлений на забезпечення альтернативної зайнятості сільського населення і забезпечення умов для розвитку високоефективної, мало-витратної, конкуренто-спроможної галузі місцевої економіки. Сільськогосподарське виробництво для здійснення альтернативної зайнятості додатково виконує функції туристичної діяльності по створенню туристичного продукту і організації подорожей. За оцінкою Всесвітньої торгової організації, сільський туризм входить у п'ятірку основних стратегічних напрямків розвитку туризму в світі. Об'єкт сільського туризму – будинок в сільській місцевості – представляє собою міні-готель разом з агросадибою.

Розвиток сільського туризму передбачає наявність декількох необхідних умов: високого рівня комфортності житлового фонду, системи державної підтримки сільських туристичних господарств, створення спеціальної структури підтримки і запровадження

інформаційних технологій, підтримки порталів з базами даних по всьому туристичному сектору, рекламно-інформаційного забезпечення, фінансової підтримки сільського туризму. Це дає можливість перетворення сільського туризму в стратегічний напрямок розвитку сільських територій, отримання вигоди як для сільських мешканців, так і для місцевої влади у вигляді фінансових надходжень в місцевий бюджет і збільшення зайнятості сільського населення.

Сільський туризм – це не лише проживання туриста в сільському будинку, але і функції всієї інфраструктури регіону: транспортне сполучення, місця проведення відпочинку, продаж сувенірної продукції, інформаційні послуги, магазини, ресторани, кафе.

Основна задача сільського туризму – створення конкуренто-спроможного туристичного продукту на сільській території (мережа садиб, екскурсійні програми, послуги відпочинку і оздоровлення). В сільському туризмі туристичні послуги поділяються на основні і додаткові. До основних послуг відносяться послуги по розміщенню туристів і забезпеченню їх харчуванням. Додаткові послуги надаються у вигляді трансферту туристів до місця розміщення, спортивно-оздоровчі і культурні заходи, а також організаційні, інформаційні і побутові послуги.

Основним видом організації ночівлі в сільській туристичній садибі є гостьова кімната, обставлена під спальню. Обов'язковими атрибутами мають бути упорядкований санвузол, всі необхідні меблі, постільна білизна тощо. Як варіант ночівлі в літній час може бути спеціально приготована поляна на території садиби для розміщення палаток і кемпінгів, забезпечена пристроями для підключення води, каналізації і електрики.

Мають бути передбачені можливості як для самостійного харчування туристів, так і організованого харчування власником сільської садиби. При цьому власник має бути готовий запропонувати повноцінне або часткове харчування. Перевага повинна надаватись стравам національної кухні з екологічно чистої продукції. Якщо турист бажає самостійно харчуватись, йому має бути запропонована можливість придбання продуктів харчування як власного виробництва (молоко, сметана, сир, яйця, овочі, фрукти тощо), так і в місцевого населення або в мережі роздрібної торгівлі.

Розмаїття додаткових послуг, що дозволяють задовольняти вимогливий попит широкого спектру клієнтів, значно збільшує шанси сільської садиби на ринку туристичних послуг і тривалого відпочинку туристів, а отже і збільшує прибутки. Перш за все це, наприклад, наявність зручного пляжу, можливість рибалки і наявність риболовного спорядження, екскурсії, збирання ягід і грибів, лікарських трав. Це також і платні послуги: лазня, сауна, кінні прогулянки, приготування шашлику, надання велосипедів, лиж, байдарок, човнів, плотів, спортивного інвентарю тощо.

Важливим елементом благоустрою садиби є озеленення її території з використанням місцевих традицій, видів рослин і кольорів. Упорядкування території столиками, лавочками, альтанками створює приємне враження від відпочинку на свіжому повітрі. Для дітей мають бути гойдалки, пісочниці, догляд за домашніми тваринами; для дорослих – гамак, майданчик для бадмінтону, кільце для баскетболу тощо. Родзинкою сільського відпочинку, що може забезпечити значний притік туристів, можуть стати також такі екзотичні послуги як відпочинок на сіннику, майстер-класи з кулінарії, декоративно-прикладного мистецтва, садівництва, фіто- і бджоло-терапії.

9.8. Бджільництво як галузь екологічної економіки

Медоносні бджоли відрізняються високим рівнем розвитку. Життєва форма бджолиного роду – сім'я, за межами якої її індивіди існувати і розмножуватись не можуть. Окрема комаха, відірвана від сім'ї, не знаходить потрібного середовища, її праця стає непродуктивною, і вона дуже швидко гине. Завдяки суспільному способу життя бджолина сім'я здатна за сезон зібрати 450 кг меду і створити необхідний запас корму, якого вистачає на дуже довгий період. В сім'ї бджола здатна витримувати мороз $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ зимою і жару $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ влітку. Як основний обпилювач рослин бджоли необхідні в полі і в лісі, в саду і на городі – всюди, де є рослини, що виділяють нектар.

Техніка сучасних ферм бджільництва – це складна система машин і обладнання, яка включає в себе навантажувально-розвантажувальні і транспортні засоби як то крани, контейнери для вуликів, автомобілі з причепами-платформами і автопавільйони для перевезення і утримування бджолиних сімей; машини і обладнання

для приготування корму для бджіл і переробки продуктів бджільництва як то пристрої для перемішування цукрового сиропу, цистерни для перевезення сиропу, парові воскотопки, відстійники, агрегати для відкачування меду; обладнання і пристрої для ветеринарно-санітарної обробки бджіл і інвентарю; обладнання для комплексної електрифікації і механізації виробничих процесів на бджолиних фермах.

Широко впроваджуються у виробництво високопродуктивні радіальні електричні медогонки, вібраційні ножі і рубанки з паровим підігрівом для розпечатування стільників. Високої продуктивності сприяє також електричне вошіння рамок вуликів листами штучної вошини. Цукровий сироп подається дозатором автоматично при проходженні цистерни між рядом вуликів, що дозволяє здійснювати підкормку бджіл в оптимальні терміни при мінімумі витрат ручної праці. Дуже кропітка робота по очищенню внутрішніх стінок вуликів виконується за допомогою щіток, що обертаються електродвигуном, а також репелентів.

Перехід бджільництва на промислову основу потребує глибокої спеціалізації робіт на пасіці. Значна їх частина виконується в спеціальних виробничих корпусах і майстернях. Племінна робота має виконуватись на спеціальних селекційно-племінних станціях і їх опорних пунктах. Бджоли не повинні самі виводити маток, а отримувати їх із бджоло-розплідників.

Стільники з медом розпечатуються на спеціальній машині, два ножі яких одночасно розпечатують стільник з обох боків. Використовуються вібраційні ножі з вертикальним або горизонтальним електроприводом, які підігріваються парою від пароутворювача. Для руйнування плівки на вересовому меду використовуються спеціальні щітки з металевими голками. Вибір відповідного інструменту залежить від кількості стільників, що необхідно розпечатати. На фермах з бджільництва і підприємствах використовуються спеціальні машини і вібраційні ножі, а на пасіках – ножі з паровим підігріванням. Ножі приводяться в рух електродвигунами. Під ножем розміщена решітка і ємність для меду після відокремлення від медової печатки.

Використання машини підвищує продуктивність праці в декілька разів. Стільники з медом подаються до машини за допомогою спеціального транспорту. Вібраційні ножі можуть мати горизонтальну або вертикальну конструкцію і змонтовані на

спеціальних верстаках. Під лезом ножа встановлена ємність для обрізків медової печатки. Для розпечатування стільників виготовляються спеціальні столи, основна частина яких є алюмінієвий бак з решіткою для затримання воскової печатки, крізь яку мед стікає в бак. За способом обертання рамок розрізняють медогонки з обертальними, більш продуктивні, і не обертальними касетами. На невеликих пасіках використовуються медогонки на дві рамки з обертальними і на три рамки з не обертальними касетами.

Медогонки бувають двох типів: хордової і радіальні. В бак хордової медогонки вставляється 3-4 стільникові рамки, а радіальної – 10-50. Термін відкачування меду в радіальній медогонці більш тривалий, ніж в хордовій, але більша кількість рамок забезпечує більшу продуктивність. За способом обертання рамок розрізняють медогонки з обертальними, більш продуктивні, і не обертальними касетами. Хордові медогонки приводяться в рух зазвичай вручну, а радіальні електродвигуном. Для регулювання числа обертів встановлено спеціальний пристрій, фрикційна передача ручного регулювання обертів, гальмо і кнопки управління. Медогонки використовуються також і для змішування сиропів.

Мед є натуральним продуктом і додатково не обробляється, тому необхідно дотримуватись ідеальної чистоти при розпечатуванні стільників, відкачуванні, очищенні, відстоюванні і розфасовці меду. Мед кожного сорту необхідно відкачувати окремо. Змішувати сорти краще у відповідному співвідношенні для надання продукції кращого товарного вигляду. У виробничих корпусах бджільницького підприємства радіальні медогонки об'єднуються медопроводом з баком для зберігання меду, в який мед перекачується спеціальним насосом. Для очищення меду від залишків воскових печаток і механічних домішок мед фільтрується за допомогою фільтр-спектрів.

Відкачуваний зі стільників мед неоднорідний за вмістом води, тому його піддають відстою протягом певного часу. З цією метою мед відкачується в спеціальні відстійники – циліндричні ємності з декількома кранами, вмонтованими на різній висоті. Найбільш дозрілий мед осідає біля дна, звідки його зливають для реалізації. Зрізка медової печатки (забрус) відокремлюється від меду за допомогою спеціального чану, в який її збирають і завантажують у медогонку. Відкачування меду відбувається так само, як і з

стільников. На невеликих пасіках мед від воску відділяється нагріванням забрусу в емальованій посудині.

До воскової сировини належать старі відбраковані стільники, медові печатки стільників, маточники, зрізані стільники, різні воскові обрізки. Воскова сировина розділяється на два сорти. Найпростіша воскова топильниця (воскоплав) – це сонячна. Сонячна воскова топильниця виготовляється у вигляді ящика, основа якого розміщується на білій блясі. Під дією сонячних променів віск розплавляється і стікає в підставлену ємність, виготовлену теж з білої бляхи. Ящик накривається скляною рамою з подвійним склом. Ящик встановлюється на підставці, яка дозволяє регулювати кут нахилу до сонця протягом дня. Для підвищення ефективності воскової топильниці в неї вмонтовується електропідігрівач у вигляді електричної спіралі, намотаної на керамічний стержень.

На бджільницьких підприємствах використовуються парові воскові топильниці і воскові преси. Промислово виготовляються парові воскові топильниці двох типів: у вигляді ящика і бачка. Для відокремлення воску використовують гідравлічні воскові преси або центрифуги, а також застосовують екстракцію бензином.

Для зручності автомобільного транспортування вуликів, меду і води, а також виконання навантажувально-розвантажувальних робіт використовуються різні механізми: платформи, візки, настили, контейнери, автокрани тощо.

Бджільницькі ферми зазвичай розташовуються в місцях з багатою нектаром і пилокосною рослинністю (біля лісу, парку), а також з розвинутою мережею автомобільних доріг. Розміщуються ферми і в місцях, де є можливість створення і покращення кормової бази вирощуванням дерев і кущів та висівом трав'яних нектароносних рослин. Забудова центральної садиби виконується за генеральним планом у складі виробничого корпусу, сховища стільників, зимівника для бджіл, пасічний тічок, колодязь.

Зимівник для бджіл має виключно важливе значення. Утримання бджіл має сприяти тому, щоб вони були сильні і давали максимальну кількість продукції в наступному сезоні. Зимують бджоли у приміщенні і надворі в залежності від кліматичних умов. Для зимівлі в приміщенні будують спеціальні зимівники: наземні, частково підземні або підземні. Тип зимівника залежить від рівня залягання ґрунтових вод. При зимуванні надворі бджоли мають

можливість здійснювати облети, якщо температура підвищується вище 8 °С.

Для зберігання стільників на фермі виділяється спеціальне приміщення – сховище. Стільники з вуликів в корпусах і в магазинних підставках перевозять на зберігання вкінці літа, коли температура може досягати 30 °С. При такій температурі інтенсивність розвитку шкідників стільників, воскової молі, значно зростає. Для знищення личинок молі стільники обкурюють, спалюючи у приміщенні шматки сірки. В приміщенні стільники зберігаються з осені до літа наступного року. Приміщення, розраховане на велику кількість стільників, потребує установки кондиціонування повітря для підтримування необхідної температури і вологості протягом всього періоду зберігання стільників. Сховище стільників складається з камери окурювання стільників, воскобійної майстерні і побутової кімнати. Перед закладанням стільники сортують: придатні очищаються від наростів воску, бджолиних нашарувань і прополісу, а непридатні перетоплюються на віск.

На великих бджільницьких фермах, комплексах та підприємствах в приміщеннях монтуються потужні вентиляційні системи, витяжні труби з електричними двигунами. Установлюються котли для обігріву приміщень і забезпечення виробничих цехів гарячою водою і паром. Ферми і підприємства забезпечуються водою з водопровідної мережі, артезіанських свердловин або колодязів для приготування корму, миття ємностей, інвентарю і приміщень, для опалення тощо.

В невеликих пасічних господарствах обмежуються пасічним домом, навісом-складом і кочовою будкою. В пасічному домі розміщується пасічна майстерня, сховище для стільників і побутова кімната. Таке раціональне поєднання дає можливість зменшення витрат на будівництво, економію часу і використання приміщень для інших господарських потреб. Тут і наводяться рамки, і перетоплюється воскова сировина, і ремонтуються вулики та різний реманент. Приміщення обладнане стелажми і ставнями, установлений верстат з електроприводом для виготовлення і ремонту різного пасічного обладнання.

Для зберігання бджільницького обладнання і механізмів призначений навіс-склад, спроектований таким чином, щоб до нього був під'їзд. Навіс зазвичай складається з даху і двох стін, що примикають до основної будівлі. Під навісом можуть складатися

також вулики, дрова тощо. На кожен пасіку передбачається виготовлена в господарстві або придбана готова кочівна розбірна будка. Використовується вона як приміщення для мешкання пасічника в умовах кочівлі і як приміщення для відкачування меду в польових умовах.

9.9. Апітерапія

Бджолиний мед і віск – основні продукти бджільництва. Останнім часом значно зросло виробництво додаткової продукції – прополісу, маточного молочка, квіткового пилку, бджолої отрути. Мед – це цукриста речовина, яку переробляють бджоли з нектару чи паді, піддаючи їй складним перетворенням у своєму організмі. До складу меду входять біля 300 різних речовин, але основу складають простий цукор: фруктоза і глюкоза.

Мед буває нектарний і падевий. Сировиною для вироблення падевого меду є падь і медова роса. Падь бджоли збирають, коли нема нектару. Незважаючи на те, що падевий мед вважається медом другого сорту, він дуже корисний для людей, але як зимовий корм для бджіл він непридатний. Зазвичай падевий мед збирається в лісистій місцевості, де ростуть клени, дуби, липа, акація, а також на луках.

В сучасному бджільництві переважає нектарний мед, що збирається з медоносних рослин у зоні розміщення пасік. Це, головним чином, центрифугальний мед, що видобувається зі стільників за допомогою медогонок. Існує ще стільниковий, пресований, самопливний і топлений мед, але вони виробляються дуже рідко.

Назва меду залежить від виду медоносною рослини, наприклад, гречаний, липовий, акацієвий, соняшниковий тощо. Монофлорний мед може містити домішки меду іншого походження, так, наприклад, соняшниковий мед може мати домішки люцернового, з буркуну – еспарцетового. Ці домішки в невеликих кількостях не впливають на якість меду. Поліфлорний мед збирається з багатьох видів медоносних рослин, наприклад, квітковий, луговий, лісовий тощо. Відрізняється мед за кольором. Так, свіжий акацієвий мед водянисто-прозорий, з гречки – нагадує колір міцно завареного чаю, з соняшнику – золотисто-жовтий.

Більш корисний для організму людини темнозabarвлений мед, в якому міститься більше корисних мінеральних речовин. Найбільше мінеральних речовин міститься в поліфлорних сортах меду, зібраних з лісового та лугового різнотрав'я.

Виробляючи мед із нектару, бджоли піддають його складній технологічній обробці, внаслідок чого змінюється його хімічний склад, зменшується кількість води, він стає густим і здатним для збереження. Зрілий мед бджоли запечатають в стільникових комірках восковими кришечками. По цьому признаку визначають його зрілість і термін відкачування. Незапечатаний мед має підвищену водність і більшу цукристість, що знижує його якість. Незрілий мед швидко скисає і його не можна довго тримати.

Поживна і лікувальна цінність меду перш за все залежить від кількості фруктози і глюкози. Високоякісний мед містить 35 % глюкози і 40 % фруктози. При збільшенні вмісту глюкози підвищується його здатність до кристалізації, а при збільшенні вмісту фруктози він стає солодший на смак і більш гігроскопічний. Збільшення цукру в складі меду до 7-8 % свідчить про незрілість або фальсифікацію бджолиного меду. Але при тривалому зберіганні навіть така кількість цукру під впливом ферментів, що містить мед, перетворюється на глюкозу і фруктозу.

Якісний мед містить багато різних ферментів, які при температурі більше 60 °C або фальсифікації меду втрачають свою дію. Для оцінки цієї якості меду визначають його діастазне число, яке в нормальних межах має становити 11-25 одиниць.

Мед містить також біогенні стимулятори, які активізують життєдіяльність людського організму і позитивно впливають на його стан. Ароматичні речовини потрапляють у вулик з нектаром і надають своєрідного аромату і смаку зрілому меду. В'язкість – одна з характеристик зрілості меду. Незрілий мед з підвищеною кількістю води має низьку густину, швидко стікає. Кристалізація меду не погіршує його якості. А нагрівання меду дуже шкодить уже при температурі більше 50 град, він втрачає бактерицидні властивості і аромат.

Серед кращих сортів меду слід назвати липовий, з буркуну, з лісової малини, коріандровий. Мед з білої акації рекомендується як загально зміцнювальний засіб, при безсонні та шлунково-кишкових захворюваннях. Гречаний мед рекомендується для підсилення

кровотворної функції, запобігання атеросклерозу та ряду інших захворювань.

Бджолиний віск – корисний продукт, який з давніх-давен використовується в народному господарстві. Віск використовується щонайменше в 40 галузях промисловості для різних цілей: покращення фізичних властивостей і стійкості матеріалів, захисту від води, газів та різних агресивних середовищ.

Корисним продуктом бджільництва є також пилок, який використовується для підкормки бджіл при нарощуванні сімей. Велике значення має пилок як добавка до харчових продуктів з метою збагачення їх вітамінами, білками, мінеральними та іншими корисними речовинами. Доведено також його лікувальне значення для організму людини при багатьох захворюваннях. Пилок містить багато амінокислот у складі білків і в вільному стані, цукор, клітковину та багато інших корисних речовин.

Маточне молочко використовується для виробництва дуже цінних лікувальних препаратів і косметичних засобів. Свіже маточне молочко представляє собою желеподібну світло-жовту масу з легким характерним запахом, що викликає легке подразнення слизової оболонки. Маточне молочко – біологічно активна речовина, властивості якої з часом дуже швидко знижуються, тому для її збору і зберігання необхідна дуже тонка технологія.

Маточне молочко сприяє прискоренню зростання організму, збільшенню його маси, покращенню обміну речовин, синтетичних білків, підвищенню полові активності, має бактерицидні і протигрибкові властивості тощо. Маточне молочко стимулює функцію серцево-судинної системи, кровотворення, нервової системи. Доведено позитивний вплив маточного молочка на ендокринну систему, пригнічування розвитку пухлин, попередження старіння організму.

Прополіс або бджолиний клей, замазка, – теж дуже корисний продукт бджільництва. Бджоли виробляють його у вигляді клейкої суміші різних речовин, серед яких найбільше смол і бальзамів, зібраних з пуп'янків стебел і листя рослин. У вуликах до них примішується віск, квітковий пилок та виділення залоз верхніх щелеп. Бджоли використовують цю суміш як будівельний матеріал. Він підтримує санітарний стан гнізда завдяки бактерицидній дії на мікроорганізми. До складу прополісу входять рослинні смоли, бальзами, ефірні масла, ароматичні речовини, віск, квітковий пилок,

вітаміни (тіамін, рибофлавін, нікотин, аскорбінова кислота, провітамін А), мінеральні речовини, що містять кальцій, калій, натрій, фосфор, залізо, магній та багато інших елементів.

Доведена сильна антимікробна, протизапальна і ранозагойна дія прополісу, його висока ефективність при шлунково-кишкових захворюваннях, хворобах дихальних шляхів, шкіри. В народній медицині використовується для виведення мозолів, лікування ран. З нього виробляють різні водно-спиртові емульсії, прополісне молоко, прополісне масло, настоянки, мазі, ефірні екстракти тощо. Його використовують для інгаляції при захворюванні верхніх дихальних шляхів і легень (бронхіт, туберкульоз).

Бджолина отрута (апітоксин) – прозора жовтувата рідина з різким специфічним запахом, палюча і гірка на смак, досить густа. На повітрі швидко висихає і перетворюється в тверду масу. В сухому вигляді може зберігатися дуже довго. Невеликі дози апітоксину вважаються корисними. Лікування бджолою отрутою відоме давно. Воно покращує загальний стан організму, сон, апетит, кровотворну функцію тощо. Експериментально доведено позитивний вплив апітоксину при лікуванні серцево-судинних і нервових захворювань. За формою препарату буває у вигляді таблеток, мазей, розчинів. Але лікування слід проводити за порадою і під наглядом лікаря.

Медоносні рослини забезпечують бджіл солодким соком (нектаром), пилком і пергою. Носії пилку – це вільха, подорожник, кукурудза та багато інших – забезпечують бджіл білковим кормом. Квітковий пилок бджоли вживають у свіжому вигляді і використовують для перетворення в пергу. Збирання перги корисне і для бджіл, і для рослин. Перенесення пилових зерен бджолами є найбільш дієвим способом перехресного опилення рослин.

Значення медоносних рослин для бджіл визначається їх медовою продуктивністю. Найбільш продуктивні медоноси – це гречка, липа, ожина, малина тощо. Кількість меду залежить не лише від продуктивності медоносу, але і відстані від пасіки до джерела, тривалості літа і погодних умов тощо. Серед медоносних рослин, що є водночас польовими і кормовими культурами, можна назвати гречку, соняшник, вику, гірчицю, боби, коріандр, шавлію, м'яту, мелісу, еспарцет, буркун, конюшину, рапс, люцерну, редьку, люпин, огірок, гарбуз, кавун, диню, цибулю, моркву, капусту, а також

плодові і ягідні культури такі як вишня, черешня, яблуна, груша, абрикос, слива, алича, персик, кизил, агрус, малина, смородина. Крім того, чудовими медоносами є дерева лісові, паркові і лісозахисних смуг, а також медоносне різнотрав'я.

Характерною особливістю сучасного землеробства є комплексне використання культур медоносних рослин. Їх вирощують як продуктові, кормові, лісові, декоративні та інші культури. Це сприяє більш ефективному використанню землі і отриманню з кожного її гектара більшої кількості продукції, у тому числі і нектару.

Прогнозування термінів і розмірів медозбору дає можливість оптимізувати розміщення пасік біля посівів і насаджень і своєчасне перевезення пасік. Застосування передових технологій вирощування продовольчих культур повинно узгоджуватись зі збільшенням ресурсів бджільництва.

Вирощування високопродуктивних медоносних кормових культур дає можливість одночасного вирощування кормів для тварин і збільшення запасів нектару для пасік. Для цього ефективним є використання таких рослин як буркун білий, що має високу медоносність і урожайність зеленої маси; рапс озимий і перко як найбільш ранні культури для збирання нектару і пилку; еспарцет, конюшина червона, люцерна та інші бобові культури, що є високоякісним кормом для тварин, засобом для відновлення родючості ґрунту і, в той же час, – прекрасними медоносами.

Використання нектаро-кормових сумішей забезпечує тваринництво різноманітними видами корму, а бджільництво – додатковим медозбором. Ефективні такі комплексні посіви медоносних і кормових культур: кукурудзи і соняшнику, буркуну білого і кукурудзи, фацелії з люпином, фацелії з вико-вівсяною сумішшю, гірчиці з горохом. Вирощування високопродуктивних медоносів у комплексі з продуктовими культурами та посів медоносів після жнив сприяє значному збільшенню запасів нектару без використання додаткових площ. Бджоли опилкують біля 80 % рослин. Тому бджільництво має неоціненне значення для вирощування сільськогосподарських культур. Існує навіть спеціальний напрямок бджільництва – опилувальне бджільництво, для якого на першому плані не медозбір, а опилення рослин.

Література

1. Адаменко О. та ін. Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії. – Івано-Франківськ: Полум'я, 2000, 209 с.
2. Алексеев В. В. и др. Перспектива развития альтернативной энергетики и ее воздействие на окружающую среду. – М.: МГУ, НАН Украины, Морской гидрофиз. ин-т, 1999, 152 с.
3. Андерсон Б. Солнечная энергия. – М.: Стройиздат, 1982, 375 с.
4. Аугуста Голдин. Океаны энергии. – М.: Знание, 1983, 144 с.
5. Баздырев Г. И. и др. Земледелие. – М.: Колосс, 2008, 607 с.
6. Беляев Л. С. и др. Мировая энергетика и переход к устойчивому развитию. – Новосибирск: Наука, 2000, 269 с.
7. Биомасса как источник энергии. Пер с англ. Под ред. С. Соуфера, О. Забарски. – М.: Мир, 1985, 368 с.
8. Биосфера. Пер. с англ. Под ред. М. С. Гилярова, – М.: Мир, 1972, 184 с.
9. Бойлс Д. Биоэнергия: технология, термодинамика, издержки. – М.: Агропромиздат, 1987, 152 с.
10. Валов М. И. Казанджан Б. И. Использование солнечной энергии в системах теплоснабжения. – М.: Изд. МЭИ, 1991, 140 с.
11. Васильев Л. Л. и др. Тепловые трубы в системах с возобновляемыми источниками энергии. – Минск: Наука и техника, 1988, 159 с.
12. Васильев Ю. С., Хрисанов Н. И. Экология использования возобновляющихся энергоисточников. – Л.: Изд. ЛГУ, 1991, 343 с.
13. Вернадский В. И. Биосфера. – Л.: НХТИ, 1926, 148 с.
14. Вернадский В. И. Биосфера и ноосфера. – М., 2002.
15. Вершинский Н. В. Энергия океана. – М.: Наука, 1986, 152 с.
16. Ветроэнергетика. Под ред. Д. де Рензо. – М.: Энергоатомиздат, 1982, 270 с.
17. Ветошкин А. Г. Защита литосферы от отходов. – Пенза: Изд. Пенз. гос. ун-та, 2005, 189 с.

18. Ветошкин А. Г. Процессы инженерной защиты окружающей среды (теоретические основы). – Пенза: Изд. Пенз. гос. ун-та, 2005, 380 с.

19. Городов Р. В. и др. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. – Томск: Изд. Томск. Политех. ун-та, 2009, 294 с.

20. Данилов Н. И., Щелоков Я. М. Основы энергосбережения. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006, 564 с.

21. Драгун В. Л., Конев С. В. Тепловые насосы. В мире тепла. – Минск: Наука и техника, 1991, 100 с.

22. Дробжев М. И. Вернадский и современная эпоха. – Тамбов: Изд. ТГТУ, 2010, 232 с.

23. Дудюк Д. Л. та ін. Нетрадиційна енергетика: основи теорії та задачі. – Львів: Магнолія, 2008, 188 с.

24. Дэвинс Д. Энергия. Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1985, 360 с.

25. Жарков В. Н. Внутреннее строение Земли и планет. – М.: Наука, 1983, 416 с.

26. Заверина М. В. Атмосфера. – Л.: Гидрометиздат, 1956, 128 с.

27. Ивановский М. Н. и др. Физические основы тепловых труб. – М.: Атомиздат, 1978.

28. Инженерная экология. Под ред. В. Т. Медведева. – М.: Гардарики, 2002, 687 с.

29. Использование биомассы для устойчивого локального энергоснабжения. Научные и практические аспекты // Международный семинар. – СПб, 2008.

30. Карелина В. Я., Волшанский В. В. Сооружения и оборудование малых гидроэлектростанций. – М.: Энергоатомиздат, 1986, 199 с.

31. Качинский Н. А. Происхождение и жизнь почвы. – М.: Советская наука, 1952, 108 с.

32. Королев Е. А. Организационный механизм трансформации экономических систем. Проблемы теории и практики. – Екатеринбург: Урал. гос. экон. ун-т, 2002, 418 с.

33. Крапивин В. Ф. и др. Математическое моделирование глобальных биосферных процессов. – М.: Наука, 1982, 272 с.

34. Ксенофонтов Б. С. Флотационная очистка сточных вод. – М.: Новые технологии, 2003, 160 с.

35. Кубин М. Сжигание твердого топлива в кипящем слое. – М.: Энергоатомиздат, 1987, 436 с.
36. Кудрин В. А. Внепечная обработка чугуна и стали. – М.: Metallurgy, 1992, 334 с.
37. Кузык Б. Н., Яковец Ю. В. Россия: стратегия перехода к водородной энергетике. – М.: Ин-т экономич. стратегий, 2007, 400 с.
38. Лабейш В. Г. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. – СПб.: СЗТУ, 2003, 79 с.
39. Лебедевко Е. Я. Сельский туризм – новый шанс для возрождения и развития села. – Брянск: БГСХА, 2011, 265 с.
40. Левин Б. И. Использование твердых бытовых отходов в системах энергоснабжения. – М.: Энергоиздат, 1982, 88 с.
41. Лукутин Б. В. и др. Возобновляемая энергетика в децентрализованном электроснабжении. – М.: Энергоатомиздат, 2008, 231 с.
42. МакВейг Д. Применение солнечной энергии. Пер. с англ. – М.: Энергоиздат, 1981, 211 с.
43. Мегедь А. Г., Полищук В. П. Пчеловодство. – К.: Выща школа, 1990, 325 с.
44. Медоуз Д. Х. и др. За пределами роста. – М.: Прогресс, 1994, 304 с.
45. Мизун Ю. Г. Космос и погода. – М.: Наука, 1986, 144 с.
46. Михайлов Л. П. Малая гидроэнергетика. – М.: Энергоатомиздат, 1999.
47. Монтанер Х. Структура туристического рынка. Пер. с исп. – Смоленск: Изд. СГУ, 1997.
48. Никифоров Г. В. и др. Энергосбережение и управление энергопотреблением в металлургическом производстве. – М.: Энергоатомиздат, 2003, 480 с.
49. Новиков Ю. В., Сайфутдинов М. М. Вода и жизнь на Земле. – М.: Наука, 1981, 184 с.
50. Обухов С. Г. Системы генерирования электрической энергии с использованием возобновляемых ресурсов. – Томск: Изд. ТПУ, 2008, 140 с.
51. Овсинский И. Е. Новая система земледелия. – Киев, 1899.
52. Охрана окружающей среды. Под ред. С. В. Белова. – М.: Высшая школа, 1991, 319 с.
53. Пальгунов П. П., Сумароков М. В. Утилизация промышленных отходов. – М.: Стройиздат, 1990, 352 с.

54. Поспелова Т. Г. Основы энергосбережения. – Минск.: Изд. Технопринт, 2000, 253 с.

55. Пугач Л. И. и др. Нетрадиционная энергетика – возобновляемые источники, использование биомассы, термохимическая подготовка, экологическая безопасность. – Новосибирск: Изд. НГТУ, 2006, 347 с.

56. Пугач Л. И. Энергетика и экология. – Новосибирск: Изд. НГТУ, 2009, 502 с.

57. Ревелль П., Ревелль Ч. Среда нашего обитания. Кн. 2. Энергетические проблемы человечества. – М.: Мир, 1995, 291 с.

58. Реймарк Н. Ф. Азбука природы. – М.: Знание, 1980, 208 с.

59. Россель Э. Э. Вторичные энергетические ресурсы. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2004, 70 с.

60. Рьжкин В. Я. Тепловые электрические станции. – М.: Энергоатомиздат, 1987, 328 с.

61. Сметанин В. И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления. – М.: Колосс, 2003.

62. Твайдел Д., Уэйр А. Возобновляемые источники энергии. – М.: Энергоатомиздат, 1990, 392 с.

63. Тельдеша Ю., Лесны Ю. Мир ищет энергию. – М.: Мир, 1995, 291 с.

64. Толмазин Д. Океан в движении. Тайны океанических движений. – Л.: Гидрометеиздат, 1976, 174 с.

65. Удалов С. Н. Возобновляемые источники энергии. – Новосибирск: Изд. НГТУ, 2007, 432 с.

66. Франсуа Рамонд. Основы прикладной экологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1981, 544 с.

67. Храбовченко В. В. Экологический туризм. – М.: Финансы и статистика, 2004, 208 с.

68. Чоджой М. Х. Энергосбережение в промышленности. Пер. с англ. – М.: Металлургия, 1982, 272 с.

69. Шертер Я. И. Использование энергии ветра. – М.: Энергоатомиздат, 1983, 200 с.

70. Шиллинг К., Бони. Газификация угля. – М.: Недра, 1986.

71. Штюрмер Ю. А. Охрана природы и туризм. – М.: Физкультура и спорт, 1974.

72. Щукин С. В. и др. Экологизация сельского хозяйства (перевод традиционного сельского хозяйства в органическое). – М.: 2012, 196 с.

Для нотакток

Наукове видання

В. П. Мельник

АЛЬТЕРНАТИВНА ЕКОНОМІКА

В авторській редакції
Формат 60x84 1/16. Папір офсетний.
Друк цифровий.
Гарнітура Times New Roman.
Умовн. друк. арк. 20,23
Наклад 100 прим.

**ВИДАВНИЦТВО
“НАІР”**

Івано-Франківськ, вул. Височана, 18,
тел. (034) 250-57-82, (050) 433-67-93
email: fedorynrr@ukr.net

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного
реєстру видавців, виробників і розповсюджувачів
видавничої продукції №4191 від 12.11.2011р.