

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ ТА ДОВКІЛЛЯ

Конспект лекцій

СУМИ – 2022

ББК 40.721
К17

Укладачі: к.т.н., доцент кафедри енергетики та електротехнічних систем – Барсукова Г.В.;

Джерела енергії та довкілля. Конспект лекцій для студентів інженерно-технологічного факультету зі спеціальності: «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – Суми: Сумський національний аграрний університет, 2022. - 100 с.

У конспекті лекцій приведені теоретичні питання про енергетику та її місце в житті людства, про стан та перспективи розвитку паливно-енергетичного комплексу, про традиційні та альтернативні джерела енергії. Розглянуто головні аспекти взаємодії об'єктів енергетики, базових енергоустановок і довкілля, а також напрямки зменшення негативного впливу енергетики на екологію. Особливу увагу приділено концептуальним питанням розвитку сучасної енергетики та екологічній безпеці України як діючим важелям підвищення його ефективності.

Рецензенти:

Горовий С.О. – к.т.н., доцент кафедри «Охорони праці та фізики».

Саржанов О.А. – к.т.н., доцент, завідувач кафедри транспортні технології.

Відповідальний за випуск: к.т.н., доцент, завідувач кафедри енергетики та електротехнічних систем – Чепіжний А.В.

Рекомендовано до видання методичною радою інженерно-технологічного факультету
протокол № 3 від 28 листопада 2022 року.

© Сумський національний аграрний університет, 2022.

ЗМІСТ

1	Енергетика і майбутнє землі.	3
2	Енергоспоживання й екологічні проблеми енергетики.	9
3	Структура і тенденції розвитку енергетики. Ч.1.	15
4	Структура і тенденції розвитку енергетики. Ч.2.	22
5	Паливно-енергетичні ресурси. Ядерне паливо.	29
6	Екологічні проблеми використання органічного палива. Ч.1.	39
7	Екологічні проблеми використання органічного палива. Ч.2.	43
8	Традиційна енергетика.	47
9	Альтернативна енергетика. Ч.1.	54
10	Альтернативна енергетика. Ч.2.	61
11	Перспективна енергетика. Ч.1.	69
12	Перспективна енергетика. Ч.2.	75
13	Вплив енергетичних об'єктів на довкілля. Ч.1.	80
14	Вплив енергетичних об'єктів на довкілля. Ч.2.	85
15	Енергетика й екологічна безпека.	94

Лекція 1. Енергетика і майбутнє землі.

План:

1. Основні поняття і визначення.
2. Енергія і життя.
3. Енергетика і цивілізація.
4. Енергія – головна проблема сучасності.

1. Основні поняття і визначення.

1.1. Енергія та енергетика

Енергія [гр. *energia* – діяльність] – загальна міра різних видів руху і взаємодії.

Нині відомі різні види енергії:

- теплової — руху мікрочастинок, що становлять робоче тіло;
- кінетичної енергії самого тіла як одного цілого (механічна енергія);
- гравітаційного, електричного й магнітного полів;
- електромагнітного випромінювання;
- внутрішньоядерної тощо.

Деякі види енергії можуть перетворюватися на інші в чітко визначених кількісних співвідношеннях, які встановлює загальний закон збереження і перетворення енергії.

Енергетика – галузь народного господарства, що охоплює виробництво, перетворення і застосування різних форм енергії.

В енергетиці використовують здебільшого *п'ять видів установок*:

- генерувальні – такі, що перетворюють потенційну енергію природних енергетичних ресурсів у електричну, теплову, механічну або в інший різновид енергетичного ресурсу (наприклад, турбоустановки, газогенерувальні установки, котли, компресори);
- перетворювальні – такі, що змінюють параметри й інші особливості певного виду енергії (трансформаторні підстанції, випрямні й інверторні електроустановки, трансформатори тепла тощо.);
- мережі – призначені для передачі й розподілу енергії (електричні, теплові, газові, нафтопроводи, мережі стиснутого повітря тощо);
- акумулювальні – призначені для часткового регулювання режиму виробництва енергії (електричні й теплові акумулятори, насосно-акумулюючі гідроелектричні та ін.);
- споживаючі – такі, що слугують для перетворення енергії у вид, в якому її безпосередньо використовують (електричний привод машин, опалювальні установки, промислові печі, світильники тощо).

З погляду фізики процес виробництва будь-якої форми енергії полягає в перетворенні однієї її форми в іншу.

Тому, за змістом фізичних процесів, що відбуваються у всіх установках, машинах, апаратах і пристроях енергетичного господарства, енергетика може бути названа також і *наукою про перетворення, транспортування й використання енергії*.

Основними формами, в яких наразі застосовують енергію, залишаються *теплота й електрика*.

Галузі енергетики, що вивчають їх одержання, перетворення, транспортування та використання називаються, відповідно, *теплоенергетикою і електроенергетикою*.

Галузь енергетики, яка вивчає перетворення водної енергії в електричну, називається *гідроенергетикою*.

Відкриття шляхів використання енергії атомного ядра створило нову галузь енергетики – *атомну або ядерну енергетику*.

Питаннями використання енергії мас повітря, що переміщуються, займається *вітроенергетика*.

Кожен з розділів енергетики як науки має свою теоретичну основу, що базується на законах фізичних явищ у певній сфері.

Розуміння єдності й еквівалентності різних форм енергії склалося до середини XIX ст., коли був накопичений достатньо великий досвід перетворювання одних форм енергії в інші:

- *винайдена парова машина*, що перетворює тепло в механічну енергію;
- відкриті перші джерела електричної енергії – *гальванічні елементи*, в яких здійснювалося безпосереднє перетворення хімічної енергії в електричну; шляхом електролізу багато разів здійснене зворотнє перетворення – електричної енергії на хімічну;
- створений *електричний двигун*, у якому електрична енергія перетворювалась на механічну;
- *відкрите явище безпосереднього перетворення електричної енергії в тепло*.
- І, нарешті, у 1831 р. був відкритий спосіб перетворювання *механічної енергії в електричну*.

Природним узагальненням величезного обсягу накопичених даних щодо обернення одних форм енергії в інші став *закон збереження і перетворення енергії* – один з фундаментальних законів фізики. Потреба в перетвореннях енергії пов'язана з неодмінною наявністю різних її форм для сучасних технологічних процесів. Причому перетворення енергії не вичерпуються тільки перетворенням одних її форм на інші. Теплову енергію застосовують за різних значень параметрів теплоносія (пари, газу, води), електричну – у формі змінного або постійного струму і за різних рівнів напруги.

Перетворення енергії відбувається в різних машинах, *апаратах і пристроях*, що навзагал є технічною основою енергетики.

Так, у котельних установках хімічна енергія палива перетворюється на теплову; у паровій турбіні це тепло, носієм якого є водяна пара, обертається в механічну енергію, яка в електричному генераторі, своєю чергою, перетворюється в енергію електричну; на гідроелектростанціях у гідротурбінах й електрогенераторах енергія водних потоків перетворюється на електричну; у електричних двигунах електрична енергія обертається в механічну тощо.

Способи створення та експлуатації різних установок, машин, апаратів і пристроїв, призначених для одержання, перетворення, транспортування і застосування різних форм енергії, базуються на використанні відповідних розділів теоретичних основ енергетики: *теплотехніки, електротехніки, гідротехніки, вітротехніки* та ін.

1.2. Екологія і довкілля.

Термін “*екологія*”, вперше використаний у 1966 р. біологом Э. Геккелем, походить від грецьких слів “*oikos*” – будинок, сім’я і “*logos*” – слово, поняття, навчання.

Екологія – наука, що вивчає взаємини живих організмів, котрі створюють певну єдність (системи) з довкіллям, у межах якої відбувається процес трансформації енергії й органічної речовини.

Основне завдання екології – вивчення взаємодії енергії та матерії в екосистемі, під якою загалом мають на увазі відкриту стійку цілісну систему живих і неживих компонентів, що історично склалася на тій чи тій території (акваторії) біосфери. Екосистеми є *відкритими системами*, тобто мають довкілля і на вході, і на виході. Концепція екосистеми перебуває в центрі уваги сучасної екології.

Односторонній потік енергії й циркуляція хімічних елементів – два фундаментальні закони загальної екології, однаковою мірою застосовні до будь-якого довкілля і до будь-якого організму, включно з людиною. Окремі особини, популяції, види, групи в їхній взаємодії між собою і з довкіллям також є об’єктами екологічного дослідження.

Таким чином, **екологія** – одна з провідних навчальних і науково-технічних дисциплін на сучасному рівні розвитку людства, і її роль у майбутньому зросте ще більше. Економічні проблеми щільно пов’язані не тільки з питаннями технологічної діяльності людини (особливо з технологією енергетики) і техногенного навантаження на довкілля, а й з економікою, політикою, мораллю, правом, естетикою та освітою. Колись давно Земля вже зазнавала глобальних катаклізмів, пов’язаних із критичними змінами, що відбувалися у природі. Наприклад, одна з гіпотез про причини виникнення льодовикового періоду на Землі базується на ідеї зіткнення нашої планети з величезною кометою. Згідно з іншою гіпотезою, причиною “всесвітнього потопу” було різке потепління клімату на Землі, пов’язане з бурхливим розвитком рослинного і тваринного світу. Тому не дивно, що ще в далекому минулому вчені досліджували взаємодію біологічних систем з довкіллям.

Відомий трактат засновника медичної науки Гіппократа «Про повітря, воду і землю» – чи не перше дослідження екологічних проблем. Вплив людини на довкілля в сучасну епоху за багатьма компонентами наближається до валового природного впливу, проте з погляду концентрації негативних чинників на порядки перевищує дію природних ефектів. Усе це зумовило зростий інтерес людства до вивчення джерел негативного впливу на довкілля і створення методів повного або часткового його усунення. У зв’язку з бурхливим зростанням потреб практики, особливо пов’язаних з розв’язанням продовольчих і енергетичних проблем, проблем раціонального використання природних ресурсів й охорони довкілля, обумовлених науково-технічною революцією, виникли такі нові терміни і поняття, як “*прикладна*”, “*глобальна*”, “*соціальна*”, “*інженерна*” екологія та ін.

Екологія прикладна – розділ екології, результати дослідження якого спрямовані на розв’язання практичних проблем охорони довкілля, насамперед таких, як: захист від забруднень; управління довкіллям, раціональним використанням природних ресурсів, кругообігом води й повітря в природі, стабільністю і можливим навантаженням екосистем. Поняття “Прикладна екологія” досить часто використовують як *синонім охорони довкілля*.

Тому важливим складником прикладної екології є **інженерна екологія енергетики**, що вивчає екологічні аспекти енергетики й енергетичні аспекти екології, які перебувають у найщільнішому взаємозв’язку.

Довкілля – сукупність природних і штучних, створюваних людиною матеріальних об’єктів і явищ, а також соціально-екологічних феноменів. До природних компонентів довкілля належить географічне положення, будова поверхні та клімат місцевості, мінеральні, енергетичні й водні ресурси, ґрунт, повітря, флора і фауна з урахуванням властивих їм процесів і явищ.

Створені людиною фізичні компоненти довкілля включають машини і знаряддя, житлові й виробничі приміщення, синтетичні матеріали і продукти, що не мають аналогів у природньому середовищі, засоби комунікацій, забруднення різних типів.

Забруднення – привнесення в довкілля, а також виникнення в ньому нових, зазвичай не характерних для цього природного середовища фізичних, хімічних або біологічних речовин, що завдають шкоди людині, флорі й фауні.

Основні джерела забруднень – різні об’єкти виробничої і побутової діяльності людини.

До основних об’єктів, що піддаються забрудненню, належить *вода, повітря і ґрунт*.

Звичайно *забруднення води пов’язані* з регулярним скиданням у вододжерела стічних вод, з поверхневим і дренажним стоком з сільськогосподарських угідь, із розробкою корисних копалин, з експлуатацією енергетичних, хімічних, машинобудівних та інших підприємств.

Забруднення повітря є наслідком викидів в атмосферу чужорідних крапель, пари, газів, частинок, підвищення концентрації деяких звичних компонентів (вуглекислого газу, твердих частинок), що обумовлене роботою підприємств, спалюванням палива в різних енергетичних системах, господарсько-побутовою діяльністю населення тощо. Основні інгредієнти забруднень – суспендовані частинки, оксиди вуглецю, азоту, сірки, фотохімічні окислювачі.

Забруднення ґрунту має антропогенне походження – залучення людиною різних забруднювачів (накопичення пестицидів, незасвоєних добрив, відходів тваринництва, бджільництва, промисловості, енергетики, забруднення нафтопродуктами та ін.). Як правило, рослини і тварини вбирають у себе ґрунтові забруднювачі, включають їх у харчові ланцюги, і таким шляхом вони (забруднювачі) дістаються до людини.

1.3. Довкілля і кругообіг речовин у природі.

З огляду на вище зауважене, надалі під довідкіллям розумітимемо комплекс зовнішніх природних умов діяльності людського суспільства. Їхні головні компоненти (повітря, вода, земля, флора, фауна, гідросфера, атмосфера, літосфера, продуценти, консументи, редуценти) охоплює загальне поняття – **біосфера**.

Біосфера – простір, що є місцем мешкання всіх живих організмів планети. Вона займає частину літосфери, атмосфери і гідросфери. Розповсюдження життя в біосфері є досить нерівномірним. Переважно воно концентрується на межі трьох середовищ. Саме в біосфері, завдяки живим організмам перетворюється сонячна енергія, відбуваються біогеохімічні перетворення речовин. У ній переважають речовини біогенного походження. Верхня частина біосфери обмежена озоновим екраном, що затримує велику частину згубного для живих істот ультрафіолетового проміння, а нижня – тепловим бар'єром.

Загальна потужність біосфери може сягати 40 км. Від усіх інших геосфер біосфера відрізняється найенергійнішими хімічними перетвореннями.

Її головні характеристики – наявність води в рідкому стані та проникнення сонячної радіації, що є єдиним джерелом енергії планети Земля.

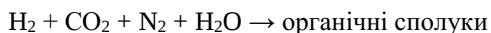
Біосфера весь час перебуває в динаміці, тобто в ній триває безперервний кругообіг речовин. Щонайперше це стосується атмосфери, головною складовою частиною якої є тропосфера (11 км). У тропосфері, де зосереджено 2/3 всього повітря, виникають процеси, які приводять до глобальних переміщень величезних повітряних мас. Основним джерелом енергії в примітивній атмосфері Землі, як і нині, завжди було **Сонце**. Проте світло проходило крізь атмосферу іншого складу, хоча спектральний склад випромінювання був той самий. Велика частина високоенергетичного випромінювання досягала земної поверхні, оскільки в атмосфері відсутній кисень.

Отже, не було й озонового екрану. Саме він поглинає тепер майже все короткохвильове ультрафіолетове (УФ) випромінювання.

Таким чином, великі кількості активної фотохімічної енергії були доступні для взаємодії з речовиною.

Крім того, для первісної земної поверхні була характерна висока вулканічна активність, могутні вулканічні розряди і сильні зливи. Все це створювало найрізноманітніші умови для перебігу хімічних реакцій.

Перші цикли, можливо, мали таку структуру:



Важливим етапом біологічного кругообігу є те, що життя, яке виникло у воді, поступово починає завойовувати суходіл. Збільшення вмісту кисню в атмосфері сприяє появі озонового шару, що поглинає УФ-випромінювання, згубне для живих систем. Усе це інтенсифікує фотосинтез у поблизу поверхні води, підвищує надійність озонового шару і, зрештою, – ефективність кругообігу речовин у природі.

2. Енергія і життя.

Сучасна екологія розглядає в центрі картини еволюції живої природи кругообіг речовин в екосистемі.

Джерело руху і розвитку життя в ній – постійне накачування потоком вільної енергії й вимушене обертання речовин під впливом цього збурення. Окрім джерела енергії (Сонця) і проміжної системи (біосфери), обов'язковим елементом екосистеми є третя ланка – приймач енергії (Космос) або стік, у який енергія переходить. Потік сонячної енергії породжує й організовує кругообіг в органічній системі (від простих, фізичних – води і повітря, до складного, біологічного). Енергії, за такого підходу, відводиться роль "цариці світу".

Ентропія ("тінь" енергії) своїм зростанням тільки демонструє збільшення потоків вільної енергії, використаної екосистемою.

Відомі три основні типи сучасних концепцій розвитку життя: субстратний, енергетичний та інформаційний.

Енергетичний підхід указує напрям розвитку складних відкритих систем, що зовні наражаються на постійне накачування енергії: це вдосконалення біохімічних циклів речовини; їхнє прискорення; зростання переробки енергії кожною одиницею структури.

По Вернадському, *Біосфера* – це хімічний стан зовнішньої кори нашої планети, біосфера, цілком перебуває під впливом життя, визначається живими організмами.

Поза сумнівом, енергія, яка надає біосфері її звичний вигляд, має космічне походження. Вона виходить із Сонця у формі променистої енергії. Але саме живі організми, сукупність життя, перетворюють цю космічну променисту енергію на земну, хімічну і створюють нескінченну різноманітність нашого світу. Це живі організми, які своїм диханням, своїм живленням, своїм метаболізмом, своєю смертю і своїм розмноженням, постійним використанням своєї речовини, а головне – безперервною зміною поколінь, що триває сотні мільйонів років,

своїм народженням і розмноженням породжують одне з грандіозних планетних явищ, які не існують ніде, окрім «біосфери».

Таким чином, В.І. Вернадський розглядає *біосферу* не як просту сукупність живих організмів, а як єдину термодинамічну оболонку (простір), в якій зосереджене життя і відбувається постійна взаємодія всього живого з неорганічними умовами середовища.

З появою людей на Землі починається їхній вплив на кругообіг речовин і енергетичний обмін у біосфері. Разом з розвитком людського суспільства зростає антропогенна дія на довкілля. Людина, на відміну від інших організмів, впливає на природу не тільки біологічним обміном речовин, а й своєю працею. Зростання народонаселення, технічного оснащення й суспільної організації праці спонукали посилення антропогенних трансформацій у біосфері. Причому етапи взаємодії суспільства і природи відповідають не тільки етапам удосконалення засобів виробництва, якими люди безпосередньо впливали на природу, але й етапам розвитку виробничих відносин, періодом розвитку всього людського суспільства. Проте, останнім часом ця взаємодія набуває характеру, загрозливого для самої біосфери. Науково-технічна революція, що стала можливою внаслідок великих відкриттів у біології, хімії й багатьох інших науках, значно розширивши можливості інтенсивного використання природних ресурсів, водночас ускладнила і прискорила й надалі ускладнює взаємини людини з довкіллям. В екологічні системи і, загалом, у біосферу вносяться досить помітні й непередбачувані зміни. Вони нерідко пов'язані із забрудненням повітряного басейну, морських акваторій і прісноводних водоймищ, з порушенням ґрунтового покриву й цінних ландшафтів, водних і лісових ресурсів, зі зменшенням чисельності корисних видів тварин і рослин.

3. Енергетика і цивілізація.

Уся історія людства і становлення цивілізації – це історія освоєння енергії й розвитку енергетики.

Відповідно до уявлень, що склалися, весь тривалий процес освоєння енергії людиною можна умовно розділити на наступні **п'ять етапів**.

Перший – етап мускульної енергії, що розпочався багато тисячоліть тому і тривав до V–VII ст. н. е. Найвизначнішим досягненням цього періоду є *оволодіння вогнем*. Це сталося 80-150 тис. років тому і знаменувало собою один з найважливіших переломних моментів в історії цивілізації. Поступово люди почали використовувати силу приручених тварин, вітру і води. До початку нашого літочислення належить запуск першого млина з колесом, яке приводила в рух енергія водяного потоку. Якнайдавніші з відомих сьогодні вітряних млинів у Європі були побудовані тільки в XI ст. Розпочався наступний етап освоєння енергії.

Другий етап VII–XVII ст. характеризується *освоєнням енергії рухомого вітру і води*. Вже до XII ст. людство користувалося десятками водяних млинів і вітряків, з'явилися прядильні і ткацькі верстати, маслоробні й паперовиробні машини, металевий сільськогосподарський інвентар, лісопилні установки. Все це потребувало величезної кількості металу, а отже – енергії. Вироблення великої кількості деревного вугілля зводить нанівець величезні площі лісів. То була перша серйозна екологічна криза, пов'язана із зародженням промисловості. Виникла потреба в нових, потужніших і постійно діючих приводах, не залежних ані від розташування, ані від пори року. Назрівала серйозна енергетична криза, вихід з якої був знайдений за допомогою опанування “рушійної сили вогню”, використовуваної для нагрівання і випаровування води, а також застосування сили стиснутої пари. Розвиток енергетики перейшов на третій етап.

Третій етап (з XVIII ст. до початку XX ст.) відповідає дедалі ширшому застосуванню вогню, джерелом якого є *хімічна енергія палива*, накопиченого в літосфері: кам'яного вугілля, нафти, газу, горючих сланців тощо. До середини XVIII ст. було реалізовано поперед спроби одержати механічну енергію за рахунок теплової. У 1755 р. англійський коваль Томас Ньюкомен сконструював першу практично корисну парову машину, яка вперше була побудована в Словаччині. 1763 року російський винахідник Іван Ползунов створив оригінальну парову машину з плавно працюючими механізмами. Парові машини того часу мали безліч вад: великі розміри і масу, досить низький коефіцієнт корисної дії (ККД), вузьку сферу застосування (привід водяних насосів) тощо. Розвиток капіталізму в XVII–XVIII ст. обумовив зародження науки, що сформулювала правила розробки і створення енергетичних двигунів. Промислова революція, як часто називають цю епоху великих відкриттів, докорінно змінила життя на нашій планеті. Головним наслідком цього стало остаточне падіння феодалізму і зміцнення капіталістичних виробничих відносин.

У другій половині XVIII ст. в Англії Джеймс Уатт розробив прообраз сучасної парової машини безперервної дії, що “розкрутила” колесо історії до небувалих доти обертів: ув Англії, потім у континентальній Європі й Північній Америці надзвичайно швидко розповсюдилися парові машини. Одержану з їхньою допомогою енергію стали використовувати для надання руху заводським механічним агрегатам (машинам-знаряддям). Виникають перші теплові машини-двигуни. Далі конструкторська думка сягає створення двигунів внутрішнього згорання, парових, газових і парогазових стаціонарних турбін, авіаційних і транспортних газових турбін, реактивних і ракетних двигунів. Але все це буде набагато пізніше. Парові машини підвищеного тиску було поставлено на колеса, і завдяки цьому одержали самохідні (по рейках) візки.

Вже в 1804 р. англієць Річард Тревітік винайшов паровий локомотив, що рухався по рейках з нечуваною в той час швидкістю – 30 км/год, а 1805 р. американець Роберт Фултон сконструював перший пароплав, який виконував регулярні рейси річкою Гудзон між Нью-Йорком та Олбані.

І, нарешті, 1825 р. на трасі Стоктон Дарлінгтон в Англії починає діяти перша залізниця. Настало “золоте століття водяної пари”. Поряд з розвитком практичної теплотехніки розвиваються її теоретичні основи – теорія теплових двигунів або, як тепер називають, технічна термодинаміка.

У середині позаминулого століття на підставі спостережень за тепловими явищами і роботою теплових машин Джоуль, Маєр, Гельмгольц, Карно, Клазіус установили перший і другий закони термодинаміки, що лягли в основу цієї фундаментальної дисципліни, яка вивчає взаємне перетворення теплової й механічної енергії. Однак, швидке зростання числа парових машин, їхня безупинна модернізація до кінця XIX ст. були вже не в змозі задовольнити зрослої потреби економіки в енергетичних потужностях. Очевидними стали відомі ганджі перших парових машин: низький ККД, величезна витрата палива, передача руху від машин до верстатів через складні й ненадійні системи трансмісій, несприятливі екологічні наслідки. Атмосфера міст із тисячами заводських димарів стає непридатною для життя. 1831 р відкрито спосіб перетворення механічної енергії в електричну. Починається нова ера – ера електрики.

Четвертий етап (з початку XX ст.) – “золоте століття електрики”. Протягом усього XIX ст. для промислових цілей людина користувалася механічною енергією, одержуваною здебільшого від теплових двигунів. Тільки в XX ст. електрика набула права основного енергодавця, енергоперетворювача й енергопереносника. Тим самим було дано досить сильний поштовх до використання теплової енергії й теплових двигунів – поштовх, пов’язаний з виникненням і широким застосуванням електричних машин та моторів, у яких механічна енергія перетворюється на електричну і навпаки. Електрична енергія виявилася зручнішою, ніж механічна: вона швидко і з відносно малими втратами передається на великі відстані, легко перетворюється в інші види енергії. За джерело електричної енергії може слугувати як механічна енергія води, що падає, так і хімічна енергія органічного палива. Поява теплових двигунів забезпечила широке застосування для отримання механічної енергії величезних природних енергетичних ресурсів у вигляді покладів різного виду палива: вугілля, нафти, газу, горючих сланців, торфу тощо. Успіхи у створенні машин і двигунів, які за рахунок теплової енергії виробляють електричну, спричинили швидкий розвиток потужних теплових електричних станцій, де нині тепла енергія спочатку перетворюється на механічну, а потім на електричну. Водночас, завдяки науковим відкриттям XX ст., людство вступило в нову епоху – епоху використання атомної енергії.

П’ятий етап – створення і розвиток атомної енергетики, є одним з найбільших досягнень XX ст. Атомна енергетика ґрунтується на розщепленні важких ядер елементів (урану, плутонію, торію). В результаті влучення в ядро нейтрона, розвивається ланцюгова реакція з виділенням величезної кількості енергії (теплоти). Один із трьох названих елементів – плутоній – поширений на Землі в надзвичайно мізерних кількостях (в уранових рудах). На сучасних атомних електростанціях за ядерне паливо править збагачений уран і штучно одержаний плутоній. Торій, запаси якого більші, ніж урану, поки що не застосовують в ядерній енергетиці, його розглядають як перспективне ядерне паливо. Ядерні реакції з величезним енерговиділенням можуть відбуватися також у результаті синтезу ядер елементів, що мають невелику атомну вагу, наприклад, ізотопів водню – дейтерію і тритію. Але це вже – термоядерна реакція. Основним енергоносієм п’ятого етапу розвитку енергетики також є водяна пара.

Таким чином, зростання енергетичних показників є одним з найважливіших чинників еволюції людини. Розвиток усіх виробничих технологій пов’язаний з проблемою вдосконалення енергетики, розв’язання якої наразі по праву вважається однією з найголовніших.

4. Енергія – головна проблема сучасності.

Кожен історичний етап розвитку науки і техніки ставить перед ученими й інженерами безліч питань. Проте серед них можна виокремити лише кілька фундаментальних, без розв’язання яких неможливий подальший розвиток цивілізації, підвищення життєвого рівня людства. З цього погляду, однією з головних проблем сьогодення і найближчого майбутнього, поза сумнівом, є забезпечення достатньої кількості енергії. Проблема ця досить гостра тому, що має не тільки суто технічний характер. Слово “енергія” щодня вимовляють з екранів телевізорів, воно часто потрапляє на сторінки журналів і газет, а спеціальних видань – і поготів. Енергетична ситуація в окремих державах істотно впливає на життєвий рівень і культуру населення, позначається на внутрішній і зовнішній політиці. Країни з недостатніми енергетичними ресурсами докладають неабияких зусиль, щоб забезпечити себе хоча б найпотрібнішими джерелами енергії. Країни-експортери нафти, нафтові монополії мають величезні прибутки і надприбутки. З другого боку, у тиші своїх кабінетів можновладці інших держав виношують політичні і військові плани перерозподілу й збереження нафтових і газових промислів. Поняття “*нафтове ембарго*”, яке ще не так давно було невідоме, викликає паніку в цілій низці країн і стає знаряддям економічного та політичного шантажу.

Одна з найзагальніших властивостей енергії полягає в тому, що вона є *основним мірилом руху матерії*. Іншими словами, в тепловій енергії виробляється швидкий, безпосередній рух атомів і молекул, електричний струм є рухом електронів, механічна енергія – енергією рухомого тіла тощо.

Таким чином, енергія нерозривно пов’язана з матерією й речовиною. Відповідно до знаного рівняння Ейнштейна $E=mc^2$,

де E – повна енергія певного тіла, m – його маса, c – швидкість світла у вакуумі, будь-якій кількості енергії тіла (системи тіл) відповідає певна маса і навпаки.

Якщо до того ж пригадати закон перетворення і збереження енергії, то можна констатувати таке: енергія являє собою властивість матерії й тому вона, так само як і матерія, не може бути створена з нічого або знищена. “Теорія підкріплюється практикою лише тоді, коли наука і техніка досягають відповідного рівня”. У даному випадку той рівень має бути таким, що за нього людина буде здатна одержувати енергію з будь-якої матерії в корисній формі, наприклад, у формі тепла або електрики. Це дасть змогу розв’язати всі енергетичні проблеми людства. Таке теоретичне припущення переконливо підтверджене всім перебігом розвитку ядерної енергетики, яка для одержання енергії в корисній формі вже використовує матерію, а саме – так звані подільні матеріали.

Лекція 2. Енергоспоживання й екологічні проблеми енергетики.

План.

1. Загальні питання.
2. Енергоспоживання і його показники як критерії добробуту суспільства.
3. Енергетика й екологія.

1. Загальні питання.

Енергетика і паливно-енергетичний комплекс, що реалізує її призначення, є підґрунтям існування і розвитку цивілізації. Концентруючи величезні матеріальні ресурси, переробляючи колосальні паливно-енергетичні ресурси, активно втручаючись у гідро-, літо- й атмосферне середовище, енергетика годна змінити і вже змінює природне його становище. Пізнаючи закони природи і створюючи дедалі потужнішу техніку, людство, яке швидко зростає, за масштабами свого втручання в природу зрівнялося з планетарними силами. Спровоковані діяльністю людини екологічні катастрофи за масштабом свого руйнівного потенціалу не поступаються ядерній загрозі.

Отже, на сучасному етапі розвитку енергетики вже недостатньо розглядати її взаємодію з екологією на рівні окремих локальних впливів. Нині перед людством особливо гостро стоять *три головні взаємозв'язані проблеми*: забезпечення харчами, енергією та екологічна безпека. Актуальні вони як для Європи навзагал, так і для України зокрема. У розв'язанні цих проблем особливе місце належить енергетиці, від рівня розвитку котрої неабияк залежить доля економіки, а отже, занепад або процвітання суспільства і, з другого боку, – стан довкілля. Кожен виток вгору по спіралі історичного розвитку супроводжується вищим рівнем споживання енергії, загостренням екологічних проблем.

Отже, надзвичайно важливим завданням фахівців і відповідних закладів є вивчення умов утворення шкідливих викидів у процесі виробництва теплової та електричної енергії, їх впливу на довкілля, розробка методів і пристроїв їх нейтралізації. Актуальність цих проблем визначається як недосконалістю енерготехнологіями, так і високим темпом використання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР). Загальне уявлення про світове використання ПЕР за останні сто років надають дані **табл. 1**.

Таблиця 1.

Використання енергоресурсів у світі.

Показник	1900	1950	1970	1990	2000
Сумарне енергоспоживання, млрд т, умовного палива (т у.п. *)	0,95	2,86	7,3	17,	25,0
Населення, млрд осіб	1,62	2,5	3,6	4,6	5,2
Питомі енерговитрати (т у.п. на 1 особу на рік)	0,59	1,16	2,03	3,7	4,8

*Теплота згорання умовного палива $Q_{\text{пн}} = 29\,300$ кДж/кг

Особливо актуальні питання взаємодії енергетики і довкілля для районів (регіонів) з підвищеною концентрацією населення і промислового виробництва. Проблеми пошуку й використання відповідних гатунків енергії, які завжди цікавили людей, набули особливої актуальності. І це не дивно, адже світове споживання енергії стало сумірним із запасами горючих копалин – базою сучасної енергетики. Те, що створювалося природою впродовж геологічних епох (мільйонів років), тепер витрачається протягом кількох десятиліть. Люди усвідомлюють: у взаємодії Людини з Природою відбувається щось дуже серйозне, можливо, невідворотне. Тільки за останні 20 років XX ст. енергоресурсів було використано в 1,2 раза більше, ніж їх було здобуто в світі до 1980 року. *Це загрожує не тільки вичерпанням легкодоступних, дешевих родовищ первинних енергоресурсів, а й серйозними екологічними ускладненнями, тим паче, що споживання органічного палива і далі зростає, причому, починаючи з 1960 року, лінійно.* Такий характер залежності, за прогнозами низки найавторитетніших світових центрів, буде чинним і на початку XXI ст., попри всі досягнення розвинених країн в енергозбереженні, енергетичному аудиті й менеджменті. Скільки енергії буде потрібно людству в найближчому й віддаленому майбутньому? Чи довго нинішні способи виробництва енергії задовольнятимуть потребу в ньому? Чи може паливно-енергетичний комплекс порушити екологічну рівновагу планети і як цього уникнути? Яким видам енергії бути головними в майбутньому? Ці й багато інших аналогічних питань, які турбують сьогодні не тільки вчених та економістів, і є предметом подальшого розгляду.

2. Енергоспоживання і його показники як критерії добробуту суспільств.

Усе споживання енергоресурсів зазвичай поділяють *на чотири приблизно однакові групи*: промисловість, енергетика, транспорт і комунально-побутовий сектор. Кількісні співвідношення цих груп є різними для різних країн. Тому для порівняння використовують розмір споживання енергоресурсів на душу населення. Те, що відбувається в енергетиці кожної окремої країни, є складовою частиною світових процесів і закономірно для цієї галузі.

Головна закономірність – наявність прямої кореляції між рівнем споживання енергоресурсів на душу населення на рік і рівнем життя. У країнах з високим рівнем життя цей показник перебуває в межах від 5,8 (Англія) до 18,5 тис кВт•г (Канада). У Франції, де чисельність населення така, як в Україні, — 8 200 кВт•г на рік, а середній показник в Європі до кінця XX ст. становив 5 600 кВт•г на людину. Проте, в Україні цей показник щороку знижується: у 1990 р. – 5 627, а в 2000 р. – 3 600 кВт•г, тобто зменшився в 1,6 раза. Очевидною є необхідність підвищити його для задоволення, зокрема, соціально-побутової сфери (можливості

використовувати в побуті холодильників, кондиціонерів та інших електрифікованих приладів). Відповідно до національної програми розвитку енергетики України до 2010 р. цей показник має бути доведений до 4 800 кВт•г, що, проте, дорівнюватиме всього 87% від рівня 1990 року. Таким попитом, розвиток енергоспоживання визначають два чинники: зростання споживання енергоресурсів на душу населення і зростання самого населення. Зростання споживання енергоресурсів залежить від рівня розвитку науки і техніки, тобто від стану економіки. Відсталі країни прагнуть наздогнати економічно розвинені, а розвинені й далі нарощують свій енергетичний потенціал.

Отже, зростання споживання енергоресурсів може бути обмежене лише можливістю здобути потрібну кількість енергії. Якщо визнати, що до кінця XXI ст. середня цифра споживання енергоресурсів на душу населення досягне рівня таких країн як Канада, США сьогодні, то можна оцінити рівень загального енергоспоживання до цього часу. Другий чинник пов'язаний зі зростанням населення Землі, що відбувається не менш бурхливо, ніж розвиток промислового виробництва. Якщо в середині XIX ст. населення Землі становило 1.7 млрд осіб, то наприкінці XX ст. воно перевищило 6.0 млрд чол. Очікується, що до середини XXI ст. на Землі житиме приблизно 10 млрд осіб. У нинішніх кліматичних умовах за досягнутого рівня науки і техніки наша Земля здатна прокормити 15-20 млрд чол. Якщо припустити, що до кінця XXI ст. населення Землі становитиме 20 млрд осіб, а середнє споживання енергоресурсів на людину досягне нинішнього рівня США, то до 2100 року Земля споживатиме приблизно третину енергії, одержуваної від Сонця. Слід підкреслити, що питомі витрати енергії визначають темпи зростання народонаселення (табл. 2.2 – 2.3), попри те, що темпи зростання народонаселення Землі в кінці XX ст. перевищують 100 млн осіб на рік. Такий темп дістав назву демографічного вибуху й породив безліч проблем. З-поміж них сьогодні найважливішими є: визначення розумної чисельності населення і збереження її в рівновазі. Розв'язання цих проблем потребує надзвичайно високої соціальної відповідальності.

Щодо даних світового виробництва первинних енергоносіїв у 1989 р. і прогнозу до 2005 р. у млн т нафтового еквівалента, (%), а також споживання теплової енергії (кДж) й електроенергії (МВт/г) на душу населення по регіонах в 1990 р. і прогнозу до 2010 р. (теплотворна здатність 1 тонни нафтового еквівалента (1 т н.е.) – $Q_{\text{нр}} = 41,9 \text{ мДж/кг}$) можна зробити *чіткий висновок*: необхідно прогнозувати перспективи ресурсозбереження для нинішнього й майбутніх поколінь.

Найдоцільнішими є два шляхи: розвідування нових ресурсів і розробка наукоємних технологій для повнішого й ефективнішого застосування джерел, які раніше вважалися нерентабельними. Ресурси мінеральної сировини, придатні для використання людиною, є цілком відтворними, а управління численними альтернативними роботами з такого відтворення являє собою ество ресурсоощадної діяльності людини, — коли враховувати особливу роль енергетичних ресурсів у житті суспільства. Ураховуючи надто велику і всесильну роль енергії, розгляньмо її показники як критерії науково-технічного розвитку суспільства і його добробуту. У макроекономічному аналізі широко використовують два основні енергетичні критерії – енергоспоживання на душу населення та енергоємність валового національного (внутрішнього) продукту (ВВП).

Енергоспоживання на душу населення більшою мірою відображає добробут і життєвий рівень держав. Водночас різні структури економіки, типи вживаних технологій, неоднакові рівні ефективності енергетичного устаткування можуть спричинювати різні показники ВВП навіть за умови однакового енергоспоживання на душу населення. Аналогічну ситуацію маємо з енергоємністю валового національного (внутрішнього) продукту. Проте, якщо коректно використовувати цей критерій, він може правити за головний та характеризувати не тільки енергетичну ефективність економіки, стан науково-технічного прогресу, а й рівень добробуту населення. Поєднання цих двох критеріїв (енергоємності ВВП та енергоспоживання на душу населення) здатне адекватно окреслити стан економіки держави і добробут її населення. Як правило, розвинуті країни відрізняються високим рівнем енергоспоживання на душу населення і низькою енергоємністю ВВП.

Загальна закономірність вважається такою. Країни з розвинутою економікою мають технічну, технологічну і фінансову нагоду знизити енергоємність ВВП. Водночас країнам з низьким економічним рівнем, що мають вищу енергоємність ВВП, важко знайти засоби для структурної перебудови й переходу до нових технологій, вищих вимог до побутових приладів, жорсткіших стандартів на енергоспоживаюче устаткування.

Утім, перспектива здається оптимістичною: країни з низьким розвитком економіки прагнутимуть зменшити енергоємність зі зростанням доходів, а країни з високим рівнем розвитку – стабілізувати енергоємність відповідно до вимог своїх високих життєвих стандартів і конкурентоспроможності. Відтак, енергоспоживання на душу населення та енергоємність ВВП з макроекономічного погляду відображають енергетичну ситуацію в країні і є комплексом взаємопов'язаних параметрів. Статистичний аналіз за період від 1974 р. і донині свідчить, що енергоспоживання на душу населення є досить консервативним параметром. Для більшості регіонів і сусідніх країн він трохи змінюється у межах 5% від середньої величини, за винятком хіба що колишнього соціалістичного табору в перехідний період, а також Африки. Чим вищим є в країні (регіоні) валовий внутрішній продукт на душу населення, тим нижча його енергоємність і навпаки. Після розпаду СРСР і з початком економічної кризи, що охопила утворені на теренах колишнього Союзу незалежні держави, ВВП тих держав став стрімко падати, сягнувши мінімальної екстремі: у Білорусі – 59%, у Литві – 49.5%, в Естонії – 47%, у Росії – 56%, в Україні – 44.5% і в Латвії – 42.4% (відносно рівня 1990 року). Енергоємність ВВП, збільшуючись із падінням ВВП, відображає ті складні різноманітні процеси, які відбувалися в названих країнах. Поліпшення економічної ситуації в країні (зростання ВВП) веде до зниження енергоємності валового внутрішнього продукту. Це можна чітко простежити, особливо в тих країнах, де державне регулювання виявляється меншою мірою. Так країни, що стали на шлях справжніх ринкових реформ (Польща, Угорщина, Чехія, Словаччина та ін.), досягли разючих успіхів: істотно перевищили рівень ВВП 1990 року практично без збільшення споживання ПЕР (Польща) або навіть з

його зниженням (Чехія, Угорщина, Словаччина), різко зменшили енергоємність ВВП, наблизившись до розвинених країн.

3. Енергетика й екологія.

3.1. Основні положення.

Виробництво енергії й тепла на базі використання мінерального палива є унікальним за масштабами матеріального та енергетичного обміну з довкіллям. Споживаючи величезну кількість природних первинних ресурсів у вигляді твердого, рідкого і газоподібного палива, річна витрата якого наблизилася до 14 млрд т н.е. і кисню повітря – 87.5 млрд т, енергетичне виробництво видає товарний продукт у вигляді газоподібних і твердих продуктів згорання, а також стічної води. Екологія й економіка природокористування досі не в змозі повною мірою оцінити збитки природі і народному господарству, завдані цими викидами.

Відзначмо основні положення.

Традиційні способи вироблення теплової й електричної енергії в котельнях і ТЕС пов'язані з негативним глобальним і локальним впливом на довкілля, спричиненим:

- викидом в атмосферу таких шкідливих речовин, як оксиди сірки й азоту, моноокси вуглецю, тверді частинки золи, концентровані органічні речовини, зокрема банз(а)пірен та ін.;
- викидом величезних кількостей діоксиду вуглецю, що є основним чинником виникнення “парникового ефекту”;
- тепловим забрудненням довкілля;
- скиданням мінералізованих і нагрітих вод;
- споживанням у великих об'ємах кисню і води.

Під час спалювання *вугілля* в атмосферу виділяється зола із частинками неспаленого палива, сірчистий і сірчаний ангідриди, оксиди азоту, певна кількість фтористих сполук, а також газоподібні продукти неповного згорання. Летка зола інколи містить, окрім нетоксичних складових, шкідливі домішки (арсен, вільний діоксид кремнію, вільний діоксид кальцію та ін.).

У процесі спалювання *мазуту* в атмосферне повітря з димом і газами надходять: сірчистий і сірчаний ангідриди, оксиди азоту, газоподібні і тверді продукти неповного згорання палива, сполуки ванадію, солей натрію, а також речовин, які видаляють з поверхні котлів під час їх очищення.

Природний газ в екологічному плані є найчистішим видом палива. Однак і за умов добре організованого спалювання природного газу утворюються шкідливі речовини: оксиди азоту, в незначних кількостях оксиди сірки.

Попри надзвичайно негативний характер впливу продуктів згорання *вугілля* на довкілля, електроенергію виробляють переважно на твердому паливі. Якщо 1974 р. частка твердого палива в ПЕР становила 50 %, то до кінця 90-х рр. вона збільшилася до 60 %. Споживання нафти, навпаки, досягнувши пікового рівня в 1980 році, набуло стабільної тенденції до падіння (з темпом близько 2.6 % на рік). Застосування газу для генерування енергії постійно зростає, що, безумовно, є досить позитивним фактом. Перевага, яку віддають вугіллю у виробництві електроенергії, зумовлена тим, що нині світові розвідані запаси кам'яного вугілля становлять 87 % усіх горючих викопних джерел енергії на планеті. Його енергетичні можливості більш ніж у 6 разів перевершують такі самі можливості нафтових пластів. Загальні світові запаси кам'яного вугілля, включно з прогнозованими родовищами, мають енергетичний потенціал, що в 25 разів перевершує нафтовий. Коли припустити, що людство відмовиться від усіх інших джерел енергії і використовуватиме тільки кам'яне вугілля, то з урахуванням щорічного зростання споживання енергії, а також неминучих енергетичних утрат його вистачить приблизно на 200 років. Утім негативні екологічні наслідки при цьому неунікні. До того ж сучасне вугілля – вже аж ніяк не те паливо, що ним були наповнені підземні комори декілька десяти років тому. Потрібна абсолютно нова технологія його спалювання в котельних агрегатах. Роль енергетичних ресурсів у життєдіяльності суспільства особливо виразно було продемонстровано під час нафтової кризи 1973-1974 рр. Ці роки були справжньою революцією в підходах до енергоспоживання в індустріальних країнах, що зуміли, практично не збільшуючи споживання енергоресурсів, нарощувати ВВП. Докорінної перебудови зазнала їхня економіка як зі структурного, так і з технологічного боку. Енергоємність ВВП стала одним з найважливіших і визначальних показників макроекономічного й науково-технічного стану тієї або тієї країни. Відтак, рівень розвитку ПЕК посутньою мірою визначає темпи зростання і технічний рівень виробництва, стан економіки й добробут суспільства навагал, причому проблеми енергетики набувають не тільки яскраво вираженого технічного, а й екологічного та соціального характеру.

3.2. Енергетика і біосфера.

Технократична діяльність людини призвела до зростання забруднення довкілля. Близько 80% усіх видів забруднення біосфери обумовлено енергетичними процесами, особливо видобутком, переробкою, транспортуванням і використанням палива. Екологічна ситуація загострюється на всіх рівнях – глобальному, континентальному, регіональному і локальному. В атмосферу щорічно викидають десятки мільярдів тонн діоксиду вуглецю та інших газоподібних, пароподібних сполук і твердих частинок, зокрема важких металів, а також радіоактивних, канцерогенних і мутагенних речовин. Антропогенні джерела приносять в атмосферу в 20 разів більше свинцю, ніж решта джерел – передовсім, з вихлопними газами автомобілів у яких використовують етилований бензин. Надто небезпечними для людини є канцерогенні вуглеводні, що потрапляють у повітря разом з вихлопними газами автомобілів і літаків, а також із продуктами спалювання від технологічних і енергетичних установок.

Наразі обсяг промислової продукції у світі за кожні 10 років збільшується приблизно в 2 рази. Якщо за весь період цивілізації людство використовувало 80 – 85 млрд т палива, то половина цього обсягу припадає на останні 20 – 30 років. У другій половині XX ст. на планеті значно змінився паливно-енергетичний баланс. Питома вага нафти в ньому становить 44 %, природного газу – 18 %, вугілля – 35 %. За оцінкою експертів, усього органічного палива на рівні його використання в 2000 р. вистачить людству десь на 150 років, а до 2050 р. буде витрачено 90 % усіх відомих світових запасів нафти і газу. У наш час щорічно спалюють близько 2 млрд т вугілля. Цей процес супроводжується викиданням в атмосферу мільярдів тон діоксиду вуглецю та інших шкідливих речовин. Наземна рослинність і фітопланктон океанів уже не встигають споживати таку кількість діоксиду вуглецю. В атмосферу планети в період з 1860 р. по 1990 р., унаслідок спалювання органічного палива, надійшло близько 200 млрд т діоксиду вуглецю. Його вміст зріс на 30 %, з них 10 % – за останні 30 років. За сучасних рівней спалювання органічного палива вже в 2010 р. щорічні викиди діоксиду вуглецю перевищать 10 млрд т. Якщо цей процес триватиме і далі, на Землі виникне загроза “парникового ефекту”, за якого атмосфера землі безупинно нагріватиметься. Одночасно зі збільшенням вмісту діоксиду вуглецю в атмосфері знижується вміст кисню, відтворення якого відстає від його утворення. Говорячи про підвищення температури атмосфери Землі, слід мати на увазі ще одну надзвичайно важливу обставину. Розвиток енергетики пов’язаний з утратами тепла, під яким розуміємо відведення низькотемпературного тепла під час вироблення електричної й теплової енергії на теплових і атомних електростанціях (ТЕС й АЕС).

Це – прямі втрати енергії використовуваних первинних енергоресурсів. Чим вони вищі, тим більше палива витрачається. Зниження вказаних утрат або підвищення ККД електростанцій, поза сумнівом, дасть змогу знизити темпи зростання як паливного складника, так і теплового забруднення біосфери. Проте теплові забруднення довкілля є не лише наслідком відведення тепла на ТЕС й АЕС. Енергія всіх споживаних ресурсів, у тій чи тій формі, зрештою перетвориться на низькотемпературне тепло та перейде в біосферу. Будь-яке використання енергії означає перетворення (перехід) її в низькотемпературне тепло. Винятків з цього правила обмаль, і їхня питома вага в загальному масштабі енергопостачання та енергоспоживання постає досить незначною. Закону збереження енергії варто дотримуватися завжди, а найстійкішим положенням енергії в земних масштабах наділено низькотемпературне тепло, під яким мають на увазі температуру, близьку до температури довкілля. Таким чином, майже все енергоспоживання переходить у низькотемпературне тепло. А це може порушити тепловий баланс Землі. Багато тисячоліть цей баланс не порушувався. Між Землею, Сонцем і Космосом установилася теплова рівновага. Все, що наша планета дістала від Сонця, частково накопичувалося на ній, інше випромінювалося в космічний простір. Накопичення відбувалося, здебільшого, за рахунок природної життєдіяльності на Землі. Нагромаджена в такий спосіб енергія захована в тому органічному паливі, що його нині видобуває й витрачає людність. Тепловий баланс ухвалював певні кліматичні умови, в яких зародилося життя і розквітла цивілізація. Порушення сталого балансу може спричинити зміну як регіональних, так і глобальних кліматичних умов. Відтак, саме неконтрольоване зростання енерговиробництва й енергоспоживання може порушити реальний тепловий баланс.

Тим часом розмір світового енергоспоживання становить соті частки від процента енергії, одержуваної Землею від Сонця. Якщо ця величина зросте на порядок, температура біля поверхні Землі почне стрімко підвищуватися. Це пов’язане з тим, що випромінювана Землею енергія пропорційна температурі біля її поверхні, піднесеної до четвертого степеня, а тому виділення тепла понад кількість, одержувану Землею від Сонця, веде до зростання температури поблизу поверхні. Наприклад, збільшення енергоспоживання до 1 % від кількості сонячної енергії, що потрапляє на Землю, спричинить зростання температури біля поверхні приблизно на 0,7 °C. З урахуванням темпів зростання енергоспоживання, що склалися в наш час, така ситуація можлива не раніше, ніж через 100 років. Проте, слід мати на увазі, що коефіцієнт випромінювання Землі у світовий простір не є постійною величиною і залежить від цілої низки чинників. Зокрема, випромінювальна здатність визначається станом і складом атмосфери. Так, запилена атмосфера знижує випромінювальну здатність Землі, але водночас применшує надходження енергії Сонця, затримуючи сонячне проміння. Аналогічно впливає на тепловий баланс і водяна пара. Вміст ув атмосфері вуглекислого газу різко змінює випромінювальну здатність Землі. Вуглекислий газ вільно пропускає сонячне проміння, а тепловипромінювання від Землі в космос утрудняє їхній рух і “парниковий ефект”. За оцінками багатьох учених, щойноназвані темпи зростання вмісту в атмосфері Землі вуглекислоти можуть призвести до підвищення температури поблизу її поверхні вже на початку майбутнього століття. Велика кількість вуглекислоти розчинена у водах океану. Відомо, що розчинність вуглекислого газу у воді за лежить від температури води: чим нижча температура, тим краще вуглекислота розчиняється в ній.

Отже, якщо температура води у Світовому океані почне підвищуватися, це спричинить виділення великої кількості вуглекислоти і посилить “парниковий ефект”. Отже, до чого ж може спричинити зростання споживання енергоресурсів? На першому етапі, який триває тепер, – це поступова зміна регіональних кліматичних умов життя з поступовим зростанням цих змін у часі. На другому етапі проявиться зростання середньої температури біля поверхні Землі, істотна зміна регіональних кліматичних умов, повільне підвищення рівня океану. На третьому етапі відбуватиметься швидке зростання температури. Так, якщо на 20–40 градусів температура підніметься за 70 – 100 років, то на 40–60 градусів – за 30. Природно, що таке збільшення температури спричинить затоплення величезних територій, найліпше освоєних людиною. Людство втратить не тільки гігантські орні площі, а й чимало з того, що воно створювало впродовж десятиків років і століть: міста, заводи, порти, величезні гідрокомплекси. Такими є деякі з наслідків енергоспоживання в глобальному масштабі. Самих лише їх досить, аби звернути особливу увагу на екологічні аспекти енергетики та енергоспоживання. Не менш серйозні й інші шкідливі дії, як-от: забруднення атмосфери пилом, зниження вмісту в ній кисню, забруднення ґрунту, стічних вод і водоймищ. Загрозливим є стан гідросфери (води) – основи нашого життя. Недарма 80-і роки XXI ст. ООН

оголосила десятиліттям боротьби за чисту воду, потреба в якій стрімко зросла зі зростанням енергетики, розвитком промислового і сільськогосподарського виробництва. Людство щодня витрачає приблизно 10 млрд т води. Кожна тисяча кіловат потужності теплових електростанцій потребує мільйони кубічних метрів води на рік. Одночасно зі зростанням споживання води спостерігається і різке погіршення її якості, що негативно впливає на здоров'я людини. “Самоочищення” біосфери, яке з давніх-давен виручало людину, вже не справляється із забрудненням гідросфери, надто ж у глобальному масштабі. Стан літосфери (грунту) також стає загрозливим. Чималий внесок у цей негативний процес належить енергетиці. Людина освоїла практично всі придатні для землеробства місця. Зважаючи на великі запаси гумусу в чорноземах, підраховано, що кількість прихованої в них енергії в понад 20 разів більша, ніж у сумарній біомасі вищих і нижчих рослин, а також тварин що замешкують ці ландшафти. З аналогії із запасом в океані теплової енергії, якої теж у 20 разів більше від енергії, яка щорічно надходить від Сонця, випливає, що, використовуючи чорноземи, людство живе коштом минулого нашої біосфери, достоту як і під час використання органічних копалин, типу нафти, газу і вугілля.

Отже, сучасний стан біосфери (атмо-, гідро-, літосфери) є критичним, тому потрібні принципово нові рішення щодо екологізації енергетики, транспорту, промисловості й індустріального сільського господарства, що виступають основними антропогенними забруднювачами. Міжнародна комісія ООН з питань довкілля і його розвитку підготувала фундаментальне дослідження “Наше загальне майбутнє”, де відобразила гостру потребу в глобальній переорієнтації суспільно-політичного, економічного, економіко-технологічного та культурного розвитку, а також у реалізації відповідних національних і планетарних проєктів. Перед людством стоїть серйозна проблема – усунення суперечностей між людиною і природою. Якщо їх не розв'язати, природа усуне їх самотужки за рахунок людства, яке буде відкинуте як шкідливий складник. Еволюція піде далі, але вже без нього! Знівечена біосфера почне послідовно відновлювати свою динамічну рівновагу, але вже без людей, які просто перестануть існувати на Землі. Тому мова мусить іти про розвиток виробництва, яке максимально задовольняє потреби людей, оптимально вписується в довкілля і не шкодить йому. Це повною мірою стосується і енергетики та паливно-енергетичного комплексу, що реалізує її призначення.

3.3. Взаємозв'язок технологічних, енергетичних й екологічних аспектів енергетики.

1992 року в Ріо-де-Жанейро (Бразилія) відбулася Міжнародна конференція ООН з питань довкілля і його розвитку. Учасники конференції дійшли висновку, що в найближчі сорок років від моменту проведення конференції, на земній кулі може статися екологічна катастрофа, якщо тільки людство не вживе екстрених заходів з удосконалення наявного тепер способу виробництва. Було названо кілька причин, здатних призвести до таких сумних наслідків.

По-перше, збільшені масштаби виробництва, що якісно змінили вплив промислових викидів на довкілля. Вони перестали мати лишень локальний характер. Саме тому шкідливу дію підприємства на довкілля нині оцінюють не за перевищенням граничноприпустимих концентрацій (ГПК) шкідливих речовин у викидах, а за допомогою такого показника, як граничноприпустимі викиди (ГПВ). Обчислюючи його, фахівці враховують накладення концентраційних і температурних полів викидів від інших підприємств, розташованих у зоні дії певного об'єкта.

Друга причина – зросла міра небезпечності існуючих підприємств, складів отрутохімікатів, озброєнь, поховань виробничих відходів, зокрема радіоактивних. Наслідки аварій, пожеж, вибухів, спричинених зумисними або й ненавмисними діями людей чи природними катаклізмами, можуть виявитися для довкілля просто-таки фатальними. Третя причина – прискорений в останні два десятиліття приріст чисельності населення земної кулі спільно зі значною розбіжністю в рівнях споживання сировинних ресурсів, ПЕР, продуктів харчування в країнах з розвинутою і слабкорозвинутою економікою. З 1972 по 1992 рр. населення планети збільшилося на 1,7 млрд осіб, зокрема на 1,5 млрд у менш розвинених країнах. З другого боку, за різними джерелами, від 20 до 30 % населення Землі – мешканці розвинених країн – споживають 70...80 % від усіх ресурсів, що видобуваються у світі.

Аби вивести рівень розвитку технології та умов життя в усіх країнах світу на рівень країн з розвинутою економікою, видобуток ресурсів конче треба збільшити, принаймні у кілька разів. При цьому, природно, зросте і міра забруднення довкілля. Разом з тим відомо, що природа здатна відтворювати вилучені у неї біологічні ресурси, якщо вилучається не більше 1 % від наявної їхньої кількості. Зроблені оцінки показують, що межу перетнули вже приблизно десять разів.

Більше того, мінеральна сировина й органічне паливо створювалися природою багато мільйонів років і практично не відтворюються. За даними на початок останнього десятиліття ХХ ст., запасів вугілля, якби темпи споживання і технології залишалися незмінними, могло вистачити на період від 300 років (США) до 1 000 років (країни СНД), нафти – від 36 до 100 років і газу – від 32 до 60 років. Запасів урану на землі без переходу до реакторів на швидких нейтронах – приблизно на 100 років. Якщо ж зазначені реактори використовуватимуться, цей термін значно подовжиться. Ураховуючи викладене, неважко зрозуміти, що збільшення виробництва у кілька разів без якісної зміни технології, організації виробництва й розподілу виробленої продукції та послуг, може спричинити катастрофу. Не менш катастрофічною є ситуація з водою. Із загальної кількості води на земній кулі – 1 400 млн км³ – на частку прісної води припадає всього 4 млн км³ і лише 0,01% запасів прісної води приступна для використання. Вагома її частина зберігається у вигляді льодовиків, арктичних і антарктичних льодів. Промисловість споживає 30% усієї води, що витрачається на господарські цілі. З них 45% стосується теплоенергетики. На переробку 1 т нафти використовують 10...40 м³ води, на виробництво 1 т сталі із залізняку – до 150 м³, у виробництві сталевого прокату – 20...30 м³, 1 т целюлозно-паперової продукції й синтетичних волокон – до 500 куб. м. Річковий стік земної кулі, що дорівнює різниці кількості води, яка випаровується з

поверхні морів та океанів, і поновлюючих їх опадів, становить близько 45 тис. км³ на рік. При чисельності населення земної кулі 4 млрд осіб витрачалося 147 км³ води на рік на комунально-побутові цілі і 633 км³ – у промисловості. За умов збереження обсягів загального водоспоживання 6 м³ на одну людину на добу (рівень водоспоживання в США 1975 р.) і збільшення чисельності населення до 6 млрд чол. річне водоспоживання у світі становило б 13 140 км³ води. А це – приблизно третина всього річкового стоку земної кулі. За прогнозами, з урахуванням реальних об'ємів водоспоживання, до 2000 р. воно мало б скласти у країнах СНД близько 700 км³ на рік, зокрема 220 км³ – у промисловості, 420 км³ – у сільському господарстві та приблизно 42 км³ – у комунально-побутовому секторі при загальному річковому стоці 4 350 км³ на рік. Очікується, що водоспоживання у всьому світі досягне 6 000 км³.

Ефективним способом знизити навантаження на гідросферу є використання оборотних систем водопостачання, в яких основна маса води циркулює замкнутим контуром між охолоджуванним устаткуванням й охолоджувачем води (градіреною, бризкальним басейном, ставком-охолоджувачем тощо), і лише частину її – продувальну воду через очисні споруди скидають у каналізацію або природні водоймища і річки. Витрата свіжої води на такі системи покриває витрату води на продування і компенсацію частини води, що випарувалася, під час її охолодження. На випаровування витрачається звичайно до 3 % від загальної витрати води, що циркулює в системі.

За даними на 1980 р., загальна кількість стічних вод у світі становила 500 км³ /рік. Зі всіх стічних вод 70% забруднені термально і 30% – нафтопродуктами, солями важких металів, фенолами, поверхнево-активними речовинами (ПАР) та ін. З усіх забруднених стічних вод 8,5 % дає теплоенергетика, 82 % – промисловість (у Росії – 70 %), близько 8% – комунально-побутовий сектор і приблизно 1,5 % – сільське господарство. Сучасне хімічне підприємство споживає води приблизно стільки, скільки місто з населенням у декілька десятків або й сотень тисяч осіб. Проте, міра очищення стічних вод від домішок є недостатньою, а тому перед скиданням в річки і водоймища їх розбавляють чистою водою в середньому в 40...60 разів. Зумовлене діяльністю людства навантаження на атмосферу характеризується такими даними. При масі атмосфери 5,15-1015 т річний викид золи 1980 р. становив 120 млн т аерозолів (частинки розміром 0,001... 8 000 мкм) – 200...250 млн т, сірчистого газу – 250 млн т. До 2000 р. викиди сірчистого газу знизилися до 100 млн т. За даними на 1987 р. в СРСР в атмосферу викидали всього 100 млн т забруднень. З них на частку підприємств Міністерства енергетики припадало 26%, автотранспорт давав 36,9%, чорна металургія – 7%. Міра очищення газоподібних викидів від золи в нашій країні сягає 75 %, від газоподібних шкідливих домішок – 30 % (у ФРН – 86 %). У великих містах, поблизу підприємств уміст шкідливих домішок в атмосфері багаторазово перевищує існуючі норми.

Так, поблизу великого металургійного підприємства вміст пилу вищий за норму в 18 разів, окислу вуглецю – в 15, оксидів азоту – в 18. Ультрафіолетова радіація нижча за природну в 2...3 рази. У наш час діє Міжнародна європейська конвенція, згідно з якою країни-учасниці, включаючи Росію, взяли на себе зобов'язання на 30 % до початку XXI ст. понизити викиди в атмосферу діоксиду сірки. Західні країни розв'язують цю проблему, збільшуючи ефективність і потужності очисних споруд. У нашій країні основним методом поки що є заміна твердого і рідкого палива на газоподібне. Наведені дані свідчать про можливе найближчим часом вичерпання приступних для господарської діяльності запасів нафти, газу і води, про небезпечний рівень забруднення атмосфери. Людство вже відчуває брак запасів срібла, нікелю, олова, хрому, кадмію, свинцю тощо. З другого боку, ясно, що є величезні резерви раціональнішого використання практично всіх видів ресурсів. Практика енерго- і ресурсозбереження в промисловості показала, що найбільшого ефекту досягають за умови комплексного розв'язання технологічних, енергетичних та екологічних проблем. Та все ж розвиток цивілізації неможливо собі уявити без зростання споживання енергії та енергоресурсів. Тут можливі підходи як загального (глобального), так і місцевого (локального) плану. У глобальному плані – це регулювання виробництва енергії та зростання споживання енергоресурсів на державному і міжнародному рівні; перехід на нові, екологічно чисті й енергоощадні технології виробництва енергії; перегляд ставлення до процесу споживання, до визнаних людських цінностей, укладу життя – як окремої людини, так і людства загалом. Природно, що реалізація названих процесів потребує розробки довгострокових державних програм, розрахованих на багато десятиріч. Паралельно з цим, аби знизити вплив енергетики й енергоспоживання на біосферу, конче потрібно розглядати такі заходи, які вже сьогодні можуть дати істотний зиск. Наприклад, зниження викидів шкідливих речовин енергетичними пристроями можна досягти через подальше заміщення мазуту природним газом, удосконалення пальникових пристроїв, організацію багатоступеневого спалювання палива, застосування прогресивних способів очищення палива від сірки, підвищення ефективності виробництва теплової та електричної енергії; дотримання спеціальних режимів спалювання палива та інших заходів, включно зі створенням тарифної і цінової політики, що стимулює розробку й упровадження екологічно чистих технологій та устаткування. Безумовно велику роль у згладжуванні енергетичної проблеми і підвищенні життєвого добробуту населення відіграє енергозбереження – один з пріоритетних напрямів сучасної (і майбутньої) енергетичної політики. Так, економія 1 т вугілля скорочує викиди золи на 250 кг, оксидів сірки – приблизно на 2 кг, оксидів азоту – на 3 кг, оксиду вуглецю – на 10 кг. економія 1 т мазуту скорочує викиди сірчистого ангідриду на 40 кг, окису вуглецю – на 12 кг; економія 1 000 м³ природного газу скорочує викиди оксиду азоту на 2,5 кг, оксиду вуглецю на 8 кг. Якщо ж урахувати, що внаслідок підвищення ефективності використання ПЕР можливо істотно знизити питому витрату палива на виробництво 1 кВт·год електроенергії, то неважко визначити розмір екологічного збитку, якого вдасться уникнути. Ще актуальнішим є розвиток і застосування відновлюваних джерел енергії. Останнє особливо важить у контексті заходів, ужитих міжнародним співтовариством зі зниження дії “парникового ефекту” і виконання інших зобов'язань, пов'язаних із можливою зміною клімату Землі.

Лекція 3. Структура і тенденції розвитку енергетики. Ч. 1.

План.

1. Ключові поняття й дефініції.
2. Ланцюг перетворення енергії.
3. Паливно-енергетичний комплекс (ПЕК).

1. Ключові поняття й дефініції.

Сучасна енергетика є складною багаторівневою ієрархічною структурою, призначеною забезпечити комфортні умови проживання населення, а також нормальне функціонування промислових підприємств, виробництв і установ. Лише надійно й ефективно працююча система забезпечення споживачів різного рівня необхідною енергією та енергетичними ресурсами уможливує їх функціонування як єдиного територіального комплексу. Політична й економічна самостійність держави багато в чому визначається її енергетичною забезпеченістю та незалежністю. Усе це пов'язано з “виробництвом” і “споживанням” енергії, які входять у загальне уявлення “енергетики” про перехід енергії з одного стану в інший. Виробництво і споживання енергії, однакові за своєю фізичною суттю, але відмінні за кінцевою метою і спрямованістю, є твірними енергетичного ланцюжка. Остання, своєю чергою, визначає суть і зміст енергопостачання та енергоспоживання. Розмаїття форм існування енергії, здатність їх до взаємоперетворення дає змогу використовувати для виробництва і споживання енергії різні енергоресурси та енергоносії, визначає їх взаємозамінність. Енергетична цінність ресурсів, ефективність способів їхнього перетворення, міра досконалості процесів і установок, технологічних стадій енергетичного виробництва визначається, зрештою, коефіцієнтом використання енергоресурсу (коефіцієнтом корисної дії енергоустановки).

Подано деякі основні визначення.

- Енергетичний ланцюжок (energy chain) характеризує потік енергії від видобутку (виробництва) первинного енергоресурсу до одержання і використання підведеної кінцевої енергії.
- Первинний енергоресурс (primary energy resource) – енергоресурс (сира нафта, природний газ, вугілля, горючі сланці, ядерна енергія, гідроенергія, геотермальна, сонячна, вітрова енергія тощо), який не переробляли і не перетворювали.
- Енергоносії (energy carrier) – ресурс, що його безпосередньо використовують на стадії кінцевого споживання, попередньо облагороджений, перероблений, перетворений, а також природний енергетичний ресурс, споживаний на цій стадії.
- Підведений енергетичний ресурс (energy resource supplied) – енергоресурс, підведений до енергетичної установки для переробки, перетворення, транспортування або використання.
- Кінцева підведена енергія (final energy або energy supplied) – енергія, підведена до споживача перед її кінцевим перетворенням на корисну роботу (кінцевим використанням) або кількість енергії в підведеному енергетичному ресурсі (енергоносії).
- Енергопостачання – сукупність послідовних процесів виробництва, передачі й використання енергії.
- Система енергопостачання – сукупність установок і пристроїв, призначених для цілей енергопостачання.

Енергію у вільній формі неможливо накопичувати на будь-який тривалий час. Тому процеси виробництва і споживання енергії мають збігатися в часі або відбуватися безпосередньо один за одним і бути пов'язані між собою ланкою передачі. Це суттєво впливає на характер виробничих, технічних та економічних зв'язків енергетики з іншими галузями матеріального виробництва і стосується структури й форми розвитку власне енергетики та систем енергопостачання.

2. Ланцюг перетворення енергії.

У ряді випадків уживають термін “*види енергії*”, під яким розуміють різні джерела енергії або гатунки палива. Зокрема, вирізняють невідновлювані ПЕР: викопне органічне паливо (вугілля, нафта, природний газ, торф, горючі сланці), ядерна енергія. Існують і інші ПЕР або джерела енергії, наприклад, біомаса, енергія сонця, енергія вітру, енергія хвиль, гідроресурси, геотермальна енергія. Це відновні джерела енергії, котрі є прямим наслідком впливу енергії Сонця, тим часом як викопне паливо з'явилося в процесі біохімічних реакцій у надрах Землі сотні мільйонів років тому. Названі види палива є первинними енергетичними ресурсами, які утворюють першу ланку ланцюга перетворення енергії – енергетичного ланцюжка, представленого на **рис. 1**.

Ця схема наочно демонструє шлях енергії від її вихідного стану до кінцевого споживання, подає загальний взаємозв'язок між джерелами енергії й видами кінцевої енергії. Наприклад, сира нафта, що її видобувають з надр землі, є первинним джерелом енергії, але має обмежене застосування. Її можна перетворити на корисніші вторинні джерела енергії, як-от бензин, газ, нафта, мазут, важке дизельне паливо тощо. Такі перетворення пов'язані з певними втратами енергії. Зрештою вторинну енергію слід доправити до споживача. Це означає, що її необхідно транспортувати і розподіляти, а транспортування і розподіл потребують додаткової витрати енергії. На цьому етапі джерело енергії обертають на відповідний енергоносіє, який на заключному етапі перетворюють для одержання кінцевої корисної енергії та подачі її до пункту споживання.

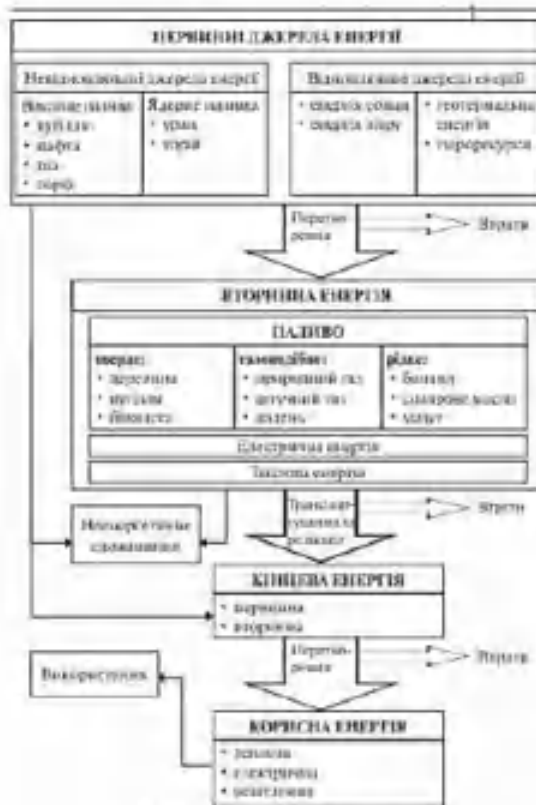


Рис. 1. Структура енергосистемності.

Основними природними (первинними) паливно-енергетичними ресурсами (ПЕР), на яких базується сучасна енергетика, є викопне паливо (вугілля, торф, нафта, сланці, горючі гази), продукти його переробки (моторне паливо, мазут, брикети), водяні потоки (річки), ядерне паливо (уран, торій). Цією обставиною визначаються головні напрями розвитку сучасної енергетики: теплоенергетика, що використовує ПЕР і детермінує масштаби паливовидобувної промисловості; гідроенергетика, що розвивається на базі гідроенергетичних ресурсів як галузь із комплексного використання водних запасів країни; атомна енергетика, заснована на перетворенні внутрішньоядерної енергії в інші види.

Основними ланками продукції енергетичного виробництва є електрична і теплова енергія, у формі котрих відбувається споживання енергетичних ресурсів на кінцевій стадії їхнього використання.

Пристрої, в яких енергія природних енергетичних ресурсів перетворюється на інші види енергії, називаються *енергогенерувальними* (або енергогенераторами);

пристрої, що в них енергія перетворюється на кінцевий вид, – *енергоприймачами* (споживачами або абонентами).

Отже, виходячи із завдань енергопостачання і ланцюга перетворення енергії, будь-яка система енергопостачання базується на певних енергетичних ресурсах і містить *три головні елементи*: джерело енергії (енергогенератор), мережі, (розподільні і транспортні) та енергоприймач (споживач, абонент).

Структуру передавальних ланок у системі визначає рівень концентрації та централізації енергопостачання.

Концентрація – процес зосередження виробництва енергії на великих енергетичних підприємствах, тобто збільшення одиничної потужності і продуктивності енергетичних установок та устаткування. Концентрація є найважливішим чинником удосконалення технічної бази й підвищення ефективності енергетичного виробництва.

Централізація – об'єднання споживачів енергії спільними для них енергетичними мережами і джерелами енергії, зумовлене передусім нерозривністю в часі процесів виробництва та споживання енергії. Централізація в енергетиці являє собою форму раціональної організації енергопостачання.

Концентрація і централізація енергопостачання збільшують дальність передачі енергії, а це пов'язане з додатковими витратами і втратами енергії в розподільній системі. Знизити ці втрати і збільшити дальність транспортування сприяє підвищення потенціалу енергоносіїв, використовуваних для передачі й розподілу енергії.

Тому важливим елементом централізованих систем енергопостачання є *трансформувальні* (перетворювальні) *енергоустановки*. Вони призначені для зміни й регулювання рівня потенціалу енергоносіїв, а також об'єднаних в одній системі споживачів з різним рівнем потенціалу енергії, що розподіляється між ними.

Поширеною формою енергопостачання в багатьох країнах є централізовані системи. Об'єднуючи енергогенерувальні установки, трансформувальні й розподільні пристрої та енергоприймачі, вони характеризуються спільними принципами формування і режиму роботи всіх ланок, взаємозалежністю процесів виробництва, розподілу й використання енергії.

Концентрація і централізація — це неодмінна умова створення ефективних форм енергопостачання, розширення сфер і подальшого впровадження найраціональніших видів енергії в різні технологічні процеси.

З цим пов'язане об'єднання власне енергетики, паливовидобувних галузей і переробної промисловості в єдиний паливно-енергетичний комплекс (ПЕК).

3. Паливно-енергетичний комплекс (ПЕК).

3.1. ПЕК як єдина система енергопостачання.

Паливно-енергетичний комплекс належить до найбільших і чітко зорганізованих народногосподарських комплексів будь-якої національної економіки.

Він об'єднує вугільну, нафтову, нафтопереробну, газову, торф'яну, сланцеву промисловість, електро- і теплоенергетику, включно з підприємствами, що виробляють ядерне паливо, а також з розподільними електричними мережами і трубопроводами, енерго- і паливозбутними організаціями та фірмами.

Об'єктивна потреба в поєднанні всіх цих галузей визначається впливом таких основних чинників:

- широкою взаємозамінністю різних видів палива й енергії у споживачів і на головних стадіях перетворення енергії;

- комбінованим характером багатьох енергетичних процесів;
- взаємопов'язаністю режимів роботи різних типів енергетичних об'єктів;
- необхідністю взаємного резервування галузей паливної промисловості.

ПЕК — єдина система енергопостачання, що має за головну мету ефективне й надійне забезпечення всіх потреб народного господарства енергією необхідної якості. Це зумовлює його щільні зв'язки з масштабами, структурою і темпами розвитку економіки відносно як загальних обсягів виробництва енергії, так і складу окремих енергоносіїв.

Основні вимоги економіки нашої країни до ПЕК формують такі важливі тенденції енергоспоживання:

- підвищення потенціалу енергії у споживачів (тобто частки енергії, що її витрачають на силові, високотемпературні та фізико-хімічні процеси тощо) як наслідок науково-технічного процесу, підвищення технічного рівня всіх видів виробництв, технологій, автоматизації та ін.;

- постійне збільшення частки електроенергії в загальному кінцевому споживанні всіх видів енергії, що визначається особливою роллю електрифікації в підвищенні продуктивності праці, розвитку нових технологій, поліпшенні якості життя;

- збільшення частки перетворених видів енергії за умови витрачання всіх енергетичних ресурсів як наслідок електрифікації і вдосконалення технологій теплоспоживаючих процесів шляхом застосування водяної пари і гарячої води замість установок прямого використання палива;

- зниження кількості споживаних енергетичних ресурсів на одиницю національного доходу, що становить основу державної політики енергозбереження.

Важливо зазначити, що зв'язки ПЕК щодо галузей народного господарства і щодо споживаної енергії зумовлюють внутрішню структуру комплексу.

Така структура формується під впливом розміру запасів окремих видів паливно-енергетичних ресурсів, техніко-економічних показників їх видобутку, транспортування, перетворення і використання, від інвестицій і кредитування.

Своєю чергою, структура ПЕК і темпи його розвитку впливають на розвиток і розміщення окремих виробництв, на темпи та пропорції зростання економіки країни та її регіонів у цілому. Міру впливу енергетики на окремі виробництва визначає величина енергетичної складової собівартості їхньої продукції.

Вона найбільша в металургії, у виробництві будівельних матеріалів, у хімічній промисловості та сфері транспорту. Економіка і розміщення підприємств саме цих галузей є особливо чутливими до змін у вартості палива й енергії. Що ж до впливу розвитку ПЕК на інші галузі через споживання їхньої продукції або послуг, то найдужче він оприявнює себе не під час експлуатації, а під час капітального будівництва енергетичних об'єктів і вибору їхньої потужності. Частка продукції чорної металургії, хімії, машинобудування та інших ділянок промисловості з погляду поточних матеріальних витрат ПЕК становить приблизно 10%.

Основна частина витрат припадає на паливо, енергію (до 60%) і послуги транспорту. ПЕК є найбільш капіталоємним і фондомістким з усіх функціонально-галузових комплексів. У деяких країнах на його розвиток йде понад третини капіталовкладень, направлених у промисловість.

Якщо ж урахувати непрямі капіталовкладення (витрати на додатковий розвиток неенергетичних виробництв, що забезпечують функціонування і розвиток ПЕК) й витрати на розвиток енергетичного господарства споживачів, то ця величина збільшується в 2-4 рази. В перспективі у зв'язку з очікуваним підвищенням капіталоємності енергетичного виробництва вплив ПЕК на розвиток металургії, машинобудування, промисловості зросте ще більше.

Великий вплив чинить ПЕК на економіку розвинених країн; відчувається посутня залежність економічного стану від ситуації на світовому енергетичному ринку і виникають достатньо нагальні енергетичні проблеми.

Наприклад, більше як 60% потреб в енергоресурсах країн Західної Європи (і 90% потреб Японії) покриває імпорт, головним чином, рідкого палива. Частка нафти в енергетичному балансі країн цього регіону 1975 р. досягла 57%, хоча 1950 р. вона становила всього 12%. Характерно, що на початку 50-х роках енергопостачання ґрунтувалося здебільшого на вугіллі й майже на 90% забезпечувалося власними енергоресурсами. Докорінні зміни, що згодом відбулися в енергетичному балансі Західної Європи і Японії, можна пояснити швидким зростанням потреб в енергії (5% на рік), зумовленим високими темпами економічного розвитку й

неконкурентоспроможністю власних енергоресурсів порівняно до дешевої арабської нафти. При цьому перебудова енергетичного балансу не потребувала значних капіталовкладень в енергетичну базу, а була забезпечена збільшенням експорту промислових товарів для компенсації втрат палива. В умовах донедавна наявних низьких цін на енергоресурси і високих цін на машини й устаткування такий зовнішньоторговельний обмін був вигідний економічно розвиненим країнам. Збільшення джерел надходження енергоресурсів і розширення географії імпорту підвищують надійність енергопостачання, що має винятково важливе значення. Проте вирішальний внесок у зменшення залежності від кон'юнктури світового ринку і в уповільнення зростання вартості енергії може зробити розвиток саме атомної енергії. Її частка в енергетичному балансі країн Західної Європи і Японії на 2030 р. може дорівнювати близько 40%. Майбутні вагомі зміни в структурі енергетичного балансу потребують величезних капіталовкладень (від 2,5 до 6 трлн дол.), тим часом як за попередні 25 років прямі й непрямі капіталовкладення в розвиток енергетики Західної Європи та Японії не перевищили 0,5-0,6 трлн дол.

3.2. Взаємозв'язок ПЕК з різними галузями народного господарства.

Будь-яка сукупність зв'язків є засадою для обґрунтованого уявлення про ієрархічну будову й доцільне функціонування інформаційних систем.

Без цього неможливе ефективне управління, зокрема *енергоменеджмент*.

У великих економічних системах відбуваються два типи процесів: *речовинні (фізичні) та інформаційні*.

У *першому* процесі провідну роль відіграють речовинно-енергетичні й силові перетворення, у *другому* – перетворення інформації. Відповідно, зовнішні зв'язки комплексу можна розділити на речовинні та інформаційні. За перспективного планування всі зв'язки виступають як інформаційні, а за поточного разом з ними мають місце і речовинні.

Причини виникнення зовнішніх зв'язків серед міжгалузевих комплексів сфери виробництва можна пояснити дією таких чинників:

- об'єктивною потребою у суспільному розподілі праці та продуктоспоживання між окремими галузями;
- обмеженістю виробничих ресурсів (трудових, матеріальних, грошових, природних), унаслідок чого додаткове виділення ресурсів для однієї галузі зменшує їх надходження в інші;
- взаємозамінності продукції різних галузей;
- комплексним і багатогалузевим використанням природних ресурсів і впливом роботи окремих підприємств на довкілля, а через нього – на функціонування інших об'єктів.

Звідси походить *класифікація груп зовнішніх зв'язків*:

- ✓ галузеві зв'язки продуктоспоживання;
- ✓ зв'язки відносно імпортованих ресурсів;
- ✓ стосовно часткової взаємозамінності продукції, щодо природовикористання та ін.

Для їхнього аналізу застосовують два підходи:

- ✓ розглядають зв'язки за окремими показниками, що характеризують інформаційні входи і виходи галузевих систем;
- ✓ визначають комплексний вплив однієї галузі на інші.

У першому випадку мають справу з системотвірними (однорідними) зв'язками, в другому – з комплексними.

Комплексні зв'язки – результат дії кількох типів системотвірних зв'язків.

При цьому часто виникає так званий синергійний (системний) ефект, а тому комплексні зв'язки іноді називають **синергійними**.

До відмітної ознаки енергетики належить надзвичайне розмаїття її взаємозв'язків з народним господарством. Аби дослідити вплив стратегій розвитку ПЕК на народне господарство, вирізняють такі *системотвірні зв'язки*:

- ✓ виробничі (міжгалузеві);
- ✓ техніко-економічні;
- ✓ виробничо-територіальні;
- ✓ соціально-економічні зв'язки продуктоспоживання;
- ✓ соціально-економічні зв'язки відносно природовикористання;
- ✓ зв'язки ПЕК щодо лімітованих виробничих продуктів;
- ✓ зв'язки стосовно комплексного використання природних енергетичних продуктів.

Названі зв'язки ПЕК з народним господарством дають змогу виявити рівні та завдання оптимізації розвитку ПЕК як основи *енергоощадної політики*.

3.3. Рівні та завдання оптимізації розвитку ПЕК.

Планування енергетичного господарства нерозривно пов'язане з регулюванням паливо- й енергопостачання, тобто з розробкою і вживанням заходів, що мають ліквідувати відхилення параметрів керованого об'єкта від поставлених завдань.

У структурі ПЕК можна виокремити дві взаємопов'язані групи систем: *енергетичні галузі й районні системи споживачів енергії*.

Для кожної з цих систем може існувати своя ієрархія завдань відповідно до специфічних особливостей їхнього прогнозування і планування.

На вищому, народногосподарському рівні ієрархії ПЕК кожна енергетична галузь розглядається для всієї країни навагал, а споживачі енергії мають бути представлені у відповідному районному розподілі.

Завданням оптимального розвитку ПЕК на цьому рівні ієрархії є встановлення основних пропорцій розвитку енергетичних галузей і міжрайонних потоків палива й електроенергії, адже це забезпечує раціональний розвиток і заміщення виробничих сил країни згідно з економічними завданнями, які слід вирішувати саме в цей період. Здобуті наслідки мають неабияке значення для встановлення раціональних розмірів і способів розвитку основних паливних баз та енергозабезпечувальних систем, виробничої потужності, розміщення і спеціалізації паливопереробних підприємств та енергогенерувальних об'єктів, міжрайонного розміщення і виду палива для великих електростанцій, а також розв'язання інших подібних задач з розвитку енергетичних галузей.

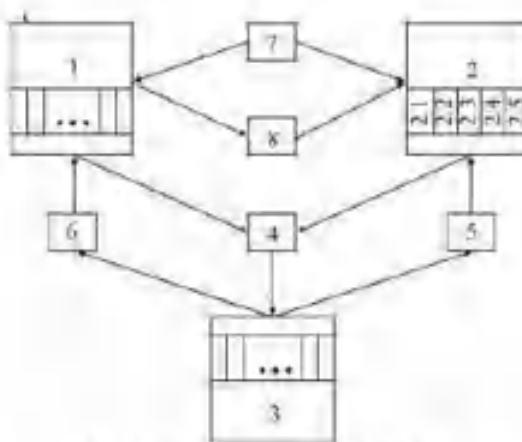


Рис. 2. Принципова схема зв'язків ПЕК країни
1 – багатогалузевий народногосподарський комплекс, 2 – енергетична галузь ПЕК; 2.1 – нафтища, 2.2 – газова, 2.3 – вугільна, 2.4 – електроенергетика, 2.5 – теплоенергетика, 3 – регіональні системи споживачів енергії, 4 – фільтраційна початкова порівнянкою масштабів і структурою споживання енергії, 5 – інтеграція в результаті оптимізації розвитку ПЕК масштабів і структури споживання окремих видів палива й енергії, 6 – уточнення в результаті оптимізації ПЕК розміщення виробничих сил окремих спеціалізованих виробництв, 7 – динамічний процес на рівні народногосподарських ресурсів, 8 – забезпечення устаткуванням, матеріалами надання послуг галузі.

Принципова схема зв'язків ПЕК країни показана на **рис. 2**.

Об'єднання енергетичних галузей і споживачів енергії на певній території утворює ПЕК району, який відповідає *другому рівню ієрархії* завдань прогнозування і планування паливно-енергетичного комплексу.

ПЕК району є частиною ПЕК країни і має з ним щільні зв'язки, що відображають умови виробництва палива й енергії, їхній міжрайонний розподіл і використання. Це означає, що регіональне прогнозування і планування ПЕК ґрунтується на узгодженні умов розвитку галузей ПЕК країни з місцевими особливостями створення енергетичної бази і споживання палива й енергії в цьому районі. До числа таких регіональних особливостей належать природно-географічні умови, транспортне і водогосподарське забезпечення, населення і національні особливості його побуту, наявність території, вільної для промислового й сільськогосподарського освоєння, розвиток будівельної бази та ін. Районні й галузеві системи формуються відповідно до технічних і технологічних умов розвитку енергетичних галузей. Районні системи споживачів енергії відображають потребу в енергетичних ресурсах і видах енергії в народному господарстві окремих частин країни. На практиці має місце складна система взаємозв'язків між енергетичним господарством країни загалом і енергетикою окремого району, між енергетикою та народним господарством району (**рис.3**).

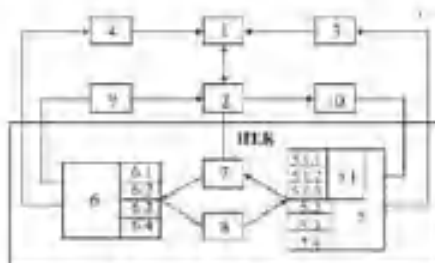


Рис. 3. Принципова схема зв'язків ПЕК району
1 – народногосподарська країна, 2 – народногосподарський комплекс, 3 – енергетична галузь ПЕК району, 3.1 – нафтища, 3.2 – газова, 3.3 – вугільна, 3.4 – електроенергетика, 3.5 – теплоенергетика, 4 – регіональні системи споживачів енергії, 5 – фільтраційна початкова порівнянкою масштабів і структурою споживання енергії, 6 – уточнення в результаті оптимізації ПЕК району розміщення виробничих сил окремих спеціалізованих виробництв, 7 – динамічний процес на рівні народногосподарських ресурсів, 8 – забезпечення устаткуванням, матеріалами надання послуг галузі.

Найзагальнішими енергоекономічними **чинниками**, що впливають на формування зв'язків району, є структура споживачів і розміщення великих паливо- та енергоємних підприємств, кількість і якість місцевих енергоресурсів, особливості режиму споживання і пов'язаного з ним збереження паливних ресурсів, особливості внутрішньорайонного транспортування палива та електроенергії.

Системи енергопостачання міст, промислових вузлів і сільськогосподарських районів (зон) утворюють *третій рівень ієрархії* завдань розвитку ПЕК.

Слід розрізняти власне схеми енергопостачання і споживачів палива та енергії.

Місцеві особливості – планування і характер забудови території, розвиток транспорту, санітарно-гігієнічні й інші вимоги – відіграють на цьому рівні ієрархії завдань важливу роль і по суті створюють у кожному випадку свої індивідуальні умови розвитку систем енергопостачання.

Завданням їх оптимізації є пошук найліпшого варіанту електро- й паливопостачання, вибір системи теплопостачання та ін.

Подальшим розвитком та уточненням цих питань є визначення оптимальних схем і параметрів електричних, газових і теплових мереж для енергопостачання об'єктів на певній території.

Четвертий ступінь ієрархії завдань розвитку ПЕК утворюють підприємства-виробники палива й енергії, а також енергетичні господарства підприємств-споживачів. Для них існує своя система завдань управління і розвитку. Взаємозв'язки ПЕК проявляють себе насамперед під час вибору енергоносіїв, енергоспоживаючих процесів і установок, тобто в системах споживачів енергії. Вибір енергоносіїв роблять безпосередньо за умови визначення раціональної технології промислового й сільськогосподарського виробництва, виду двигунів і способу тяги на транспорті, способів опалення, гарячого водопостачання, холодопостачання і приготування харчів у комунально-побутовому господарстві.

Через споживачів енергії виявляються зв'язки енергетики з народним господарством. Вони відображені у розмірі так званого неенергетичного ефекту, тобто в економічній характеристиці наслідків змін у технології виробництва – змін, пов'язаних із заміненням якихось одних видів палива й енергії на інші. Ще однією формою прояву цих зв'язків є зміна об'єму випуску або якості продукції внаслідок переведення підприємств на інші види енергоносіїв.

Важливим є і те, що переведення основних технологічних установок на новий енергоносіє в ряді випадків спричиняє значні зміни у витратах палива й енергії на інших ділянках виробництва, істотно впливаючи на їхню технологію. Тому *на нижчому рівні ієрархії ПЕК* ставлять завдання визначити економічно обґрунтовані співвідношення щодо споживання різних видів палива й енергії. Саме вони зрештою формують пропорції розвитку виробництва енергоресурсів.

На всіх *інших, вищих рівнях ієрархії* застосовують узагальнені характеристики, що показують інтегральну ефективність використання окремих видів палива й енергії у відповідних енергоспоживаючих системах. Для розробки завдань оптимального розвитку галузей суттєво важить облік подвійної ролі паливотобувних, переробних та енергогенерувальних підприємств.

Вони виступають, *з одного боку*, як виробники нових видів палива або енергії, і це відображено відповідними завданнями розвитку енергетичних галузей, *а з другого* – як споживачі енергоресурсів. Останнє посутньо впливає на формування енергетичного балансу в районі, де розміщено енергетичний об'єкт. Зрештою у структурі ПЕК розмежовують дві групи систем: спеціалізовані галузеві системи та системи споживачів енергії; кожна з тих систем має свою вертикальну послідовність завдань щодо прогнозування і планування. Ці комплексні системи забезпечують горизонтальне міжгалузеве сполучення спеціалізованих систем в одне ціле – енергетичне господарство країни, регіону, міста тощо, аж до енергетичного господарства промислового підприємства. Після розпаду СРСР Україна втратила доступ до дешевих енергосистем. Водночас настав час вдатися до серйозних перемін у царині енергозбереження й енергоефективності.

Розгляньмо деякі статистичні дані щодо енергозабезпеченості і енергоспоживання в економіці нашої держави.

У **табл.1** подано паливно-енергетичний баланс України за останні роки ХХ ст. Аналіз статей паливно-енергетичного балансу показує, що основними компонентами ПЕР країни є вугілля, газ, ядерне паливо й нафта. Очевидною постає динаміка зміни складових ПЕР за роками, що пов'язане з їхнім споживанням. Характер споживання ПЕР наведено в **табл.2**.

Таблиця 1.
Паливно-енергетичний баланс України

№ статті	Стаття балансу	Одиниця вимірювання	Рік		
			1990	1995	2000
I	Виробництво	тис. т	134 216	210 252	223 214
	Витрати	тис. т	97 414	29 146	36 445
	Відходи	тис. т	7 406	5 017	7 077
	Із заг. балансу	тис. т	22 396	20 205	11 255
II	Витрати на виробництво	тис. т	2 093	1 990	12 203
	Витрати на виробництво, призначені для експорту	тис. т	22 316	36 162	37 022
III	Витрати на виробництво, призначені для експорту	тис. т	21 139	120 401	112 844
	Витрати на виробництво, призначені для експорту	тис. т	21 139	120 401	112 844
IV	Витрати на виробництво	тис. т	21 139	120 401	112 844

Таблиця 2.

**Споживання котельно-пічного палива (КПП)
й електроенергії в народному господарстві України**

Споживач	КПП, тис. т у.п.		Електроенергія, мил. кВт · год	
	Рік		Рік	
	1990	2000	1990	2000
Промисловість	213,6	196,0	188,34	160,2
Будівництво	2,4	1,2	3,981	2,12
Транспорт	8,8	9,5	145,0	110,4
Сільське господарство	5,7	3,5	19,02	15,6
Житлово-комунальний сектор	50,1	43,0	44,6	51,9

З **табл.2** видно, що основним споживачем енергоресурсів є промисловість.

Слід зазначити, що зниження національного продукту 1995 р. в порівнянні з 1990 р. майже вдвічі (4,79%) спричинило зростання енергоемності в 1,34 раза.

Звідси *висновок*: в умовах спаду виробництва на тлі енергетичної кризи значно зменшилася ефективність випуску й конкурентоспроможність виготовленої продукції. Відомо, що собівартість продукції більшості українських підприємств перевищила світовий рівень цін. За таких обставин конче потрібно розробити науково обґрунтований підхід до питання рентабельності виробництва та оцінити потенціал зниження витрат.

Одним з цих напрямів є *енергозбереження*. Потенційні можливості зниження енерговитрат на виробництво національного продукту в народному господарстві є надзвичайно важливими, і їх необхідно використовувати ефективно й інтенсивно. Комплексна програма енергозбереження країни наголошує на тому, що потенціал енергозбереження на рівні базового 1990 р. становить 145-170 млн т у.п. або приблизно 42-48% від споживання енергоресурсів.

Окрім того за рахунок утилізації вторинних енергоресурсів (ВЕР) потенціал усіх енергоресурсів стрімко зростає. Потенційні можливості ВЕР стосовно галузей промисловості представлені в **табл.3**. Як бачимо з **табл.3**, утилізація вторинних енергоресурсів забезпечує додатковий резерв енергії у кількості близько 115 млн т у.п., що становить половину енергоносіїв, які імпортуються до України. Відтак, глобальним завданням оптимізації розвитку ПЕК є створення комплексної взаємодії енерговиробних та енергоспоживних галузей країни з метою заощадити якомога більше ПЕР і водночас досягати світового рівня якості продукції, що випускається.

Таблиця 3

Співвідношення потенціалу ВЕР по галузях промисловості

Галузь промисловості	Потенціал використання, млн. т у.п./рік
Металургія	52
Хімічна	15
Нафтопереробна	21
Газова	15
Целюлозно-паперова	5,5
Машинобудівна	2,5
Виробництво будівельних матеріалів	1,75
Харчова	2,0

Лекція 4. Структура і тенденції розвитку енергетики. Ч. 2.

План.

4. Структура і тенденції розвитку ПЕК та енергоспоживання.
5. Енергетика і довкілля — системний підхід.

4. Структура і тенденції розвитку ПЕК та енергоспоживання.

Таким чином, паливно-енергетичний комплекс являє собою єдину систему енергопостачання країни й охоплює сукупність процесів виробництва, перетворення, транспортування і розподілу паливно-енергетичних ресурсів.

Головною метою функціонування ПЕК є ефективне та надійне задоволення всіх потреб народного господарства держави в енергії (електричній і тепловій) необхідної якості, а також у формі тих чи тих енергоносіїв і робочого тіла. ПЕК складається з двох економічно самостійних галузей: електроенергетики і паливної промисловості.

Електроенергетика або енергетична промисловість охоплює сукупність процесів виробництва, транспортування і розподілу електричної й теплової енергії, що їх реалізують:

- атомні електростанції (АЕС);
- теплові електростанції на органічному паливі (ТЕС, ТЕЦ);
- гідравлічні (ГЕС) та гідроакумулявальні (ГАЕС) електростанції, лінії електропередач, електричні й теплові мережі, котельні та утилізаційні установки.

Окрім перелічених ТЕЦ, ТЕС, ГЕС, АЕС та інших потужних джерел теплової й електричної енергії існує також значне число малих систем теплоелектрогенерування, які розосереджені по містах, населених пунктах і різних галузях промисловості.

Це – районні опалювальні й опалювально-виробничі котельні, заводські ТЕС, ТЕЦ і котельні, промислові печі, автономні теплоцентралі, призначені для обслуговування декількох будівель, індивідуальних споруд, котеджів, приватних будинків тощо.

Усі ці енергогенерувальні джерела мають ознаки окремої (єдиної) галузі зі своєю продукцією у вигляді теплової й електричної енергії, зі своїми потребами в паливі, устаткуванні, матеріалах, інвестиціях, зі своїм внеском у загострення екологічної обстановки.

Цей своєрідний паливно-енергетичний комплекс звичайно називають *малою енергетикою*. Його можна розширити за рахунок нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії: установок і споруд, що використовують сонячну енергію, енергію вітру, геотермальну енергію, енергію Світового океану, біомаси, низькопотенційну енергію та ін.

Традиційна мала енергетика є найбільш *паливоємною галуззю* ПЕК України.

Так, до кінця XX ст. самі лише об'єкти комунальної енергетики щороку використали понад 65 млн т умовного палива (т.у.п.), виробивши близько 250 ПДж теплової енергії (для порівняння: у той самий час усі теплові електростанції України на рік виробляли приблизно 325 ПДж теплової енергії, витратили десь 80 млн т у. п. з 300 т, що їх кожного року споживають у нашій державі).

Важливим складником ПЕК є паливна і паливопереробна галузі, які охоплюють сукупність процесів з видобутку природних видів палива і їх переробки (сортування та збагачення).

Для енергетики України *найбільшою проблемою* є забезпечення паливом. Якщо у світовій економіці в структурі ресурсів органічного палива 67 % становить вугілля, 18% – нафта і 15 % – природний газ, то в Україні ці показники, відповідно, такі: 95,4 %; 2 % і 3%. Попри те, що розвідані запаси вугілля дорівнюють 117 млрд т (зокрема 40,1 млрд т балансового вугілля), міра його освоєння є досить незначною внаслідок дії кількох об'єктивних і суб'єктивних чинників. Щорічно Україна імпортує з Польщі та Росії кілька мільйонів тонн вугілля. Крім того енергетичне вугілля, яке видобувають у Донецькому басейні, містять 36-37 % золи, а це створює додаткові складнощі під час спалювання його в пилевугільних котлах і негативно впливає на природне довкілля. Аби відродити вугільну промисловість за рахунок спорудження нових шахт і упровадження нових прогресивних технологій видобутку та збагачення вугілля, необхідно інвестувати в галузь декілька мільярдів доларів США. Тільки за цієї умови можна говорити про економічну безпеку країни і про зниження рівня соціальних проблем у вугледобувних регіонах. Щороку Україна потребує 80-100 млрд м³ природного газу, з них тільки близько 25 % видобувають у нас, а решту імпортують з Росії й Туркменії. Водночас, балансові запаси природного газу в Україні, за оцінками, становлять 1 500 млрд м³, а прогнозовані запаси – 2 652 млрд м³. Основні запаси природного газу має східна частина України (82 %), перспективними для розвідування і розробки є шельфи Чорного та Азовського морів. 1990 р. в паливному балансі теплових електростанцій природний газ дорівнював 47,4 % (39,6 млн т у. п.); у наступні роки його споживання істотно знизилось як за своїм абсолютним значенням, так і за часткою в паливному балансі. Приміром, 1995 р. споживання природного газу становило 16,5 млн т у. п., а його частка в балансі – 23,1 %. Поклади вугілля в Донецькому басейні містять велику кількість шахтного метану (близько 2-3 трлн м³), однак наразі його використання є для електроенергетики проблематичним, оскільки технології видобутку цього газу й досі залишаються на стадії розробки.

Виконувані в Україні роботи з газифікації вугілля, добутого з українських родовищ, мають призвести до спорудження великої промислової установки, позаяк це дасть змогу вирішити питання про економічну доцільність використання одержуваного газу в електроенергетиці. Слід припустити, що внаслідок збільшення частки світлих нафтопродуктів, що з'являються під час переробки нафти, міра одержання мазуту і його використання в електроенергетиці неухильно зменшуватиметься.

В Україні розвідано запаси *урану і цирконію*, які уможливають створення власного ядерно-паливного циклу. Запаси природного урану в Україні можуть забезпечити країну енергією на 100–200 років за умови застосування наявної технології. Це створює вельми перспективні умови для видобутку урану та його збагачення з використанням нових технологій і, крім того, для виробництва цирконієвого сплаву і прокату, що дають змогу виготовляти тепловидільні зборки. Як свідчать наукові студії, винайдення новітньої технології видобутку і збагачення уранової руди потребує витрат у розмірі близько 200 млн дол. Тенденції розвитку енергоспоживання. Розгляньмо порушене питання на прикладі зіставлення загального обсягу первинних джерел енергії (ЗОПДЖЕ) України, Великобританії та Фінляндії (рис.4, 5), пов'язаного із загальним обсягом первинної енергії, що в цих країнах споживають промисловість, транспорт і комунально-побутовий сектор, а також з галуззю генерації електроенергії. До кінця XX ст. ЗОПДЖЕ України становив 106,5 Мт н.е. порівняно з 219,3 Мт н.е. Великобританії та 30,8 Мт н.е. Фінляндії (рис.5), які розподілилися таким чином (табл.4).

Таблиця 4.
Сумарні джерела первинної енергії.

Держава	Розподіл ПЕР, %					
	Тверде паливо	Нафта	Газ	Ядерне паливо	Інші види	Усього (Мт н.е.)
Україна	32%	16%	41%	11%	0%	106,5
Великобританія	23%	34%	32%	10%	1%	219,3
Фінляндія	36%	27%	10%	18%	9%	30,8

*Мт н.е. – мегатон (10^6) т нафтового еквівалента (1 т н. е. = 41,86 ГДж)

Відтак, бачимо певну схожість у показниках енерговикористання в Україні й Великобританії. Існують загальні пропорції у споживанні атомних та інших джерел енергії. Використання твердого палива, особливо вугілля, зростає в Україні і перебуває на тому ж самому рівні, що й у Великобританії перед реструктуризацією видобувної промисловості. Менша кількість споживаної нафти в Україні, зумовлена передовсім меншим числом автотранспортних засобів, істотно зростатиме у міру економічного прогресу. Споживання природного газу у Великобританії збільшилося для виробництва електроенергії у зв'язку з меншим використанням вугілля. Структура ЗОПДЖЕ Фінляндії відмінна від розглянутих ЗОПДЖЕ України та Великобританії. Фінська система одержання енергії є універсальнішою, оскільки заснована на різноманітних джерелах енергії. Досить сказати, що коли “тверде паливо” для України та Великобританії – це здебільшого вугілля, то для Фінляндії до 36% твердого палива включено: вугілля – 11%, деревне паливо (разом із залишками переробки лісу, деревний спирт, дрова) – 19%, торф – 6%, в інші види енергоресурсів входять: 4% – гідроресурси, 3% – імпорт електричної енергії та біоенергія. Порівняно з іншими країнами у Фінляндії останніми десятиліттями істотно зменшилася міра використання нафти, експорт якої неабияк залежить від економічних і політичних криз. На фінський ринок енергоресурсів прийшли нові джерела енергії, такі як ядерна енергія, природний газ і торф, разом із застосуванням – поки що в невеликих масштабах – відновлюваних джерел енергії (щонайперше, гідро- та біоенергії).

Розгляньмо (на прикладі України і Великобританії), яким чином ЗОПДЖЕ розподіляється за сумарного кінцевого споживання енергії (СКСЕ). СКСЕ враховує споживання енергії основними секторами попиту (рис.4): промисловістю, транспортом, побутом і сферою послуг (суспільні й житлові будівлі, комунально-побутові послуги тощо).

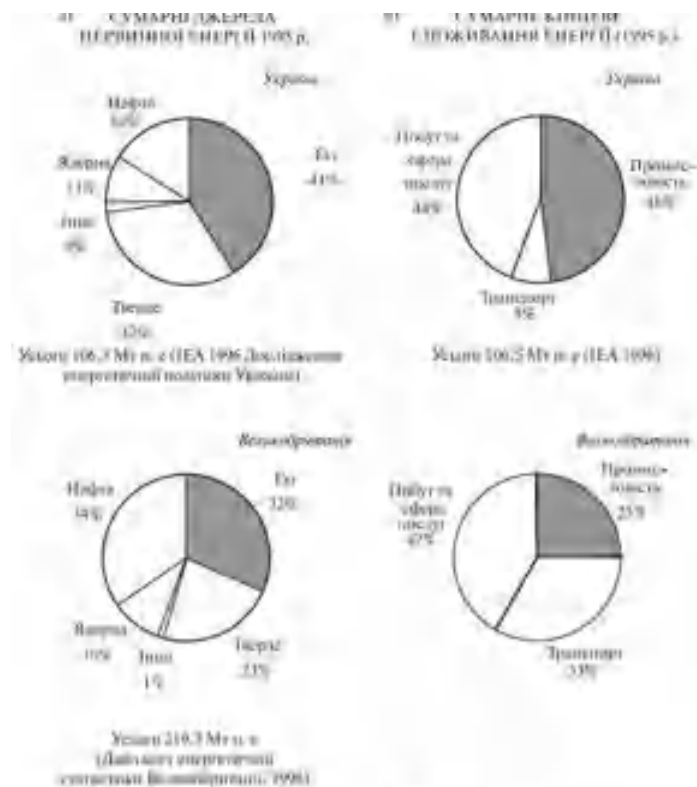


Рис. 4. а) Сумарні джерела первинної енергії;
б) Сумарні кінцеві споживані енергії

Майже половина СКСЕ України припадає на промисловість, що характеризується переважанням енергоємних галузей. Цим пояснюються величезні витрати енергії здебільшого в металургійній промисловості. Натомість у Великобританії частка металургії в загальному промисловому споживанні становить близько 22%.

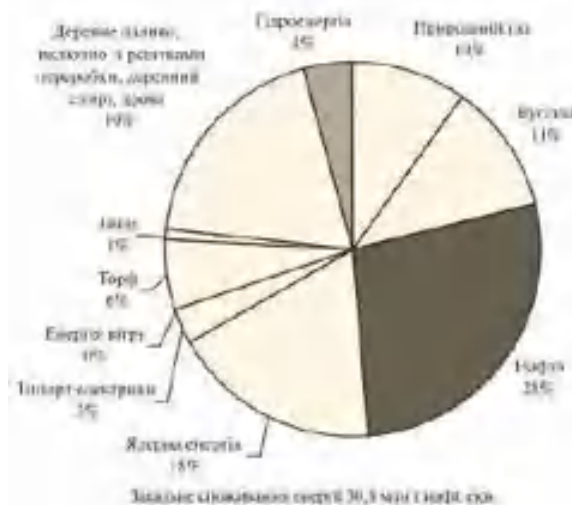


Рис. 5. Сумарні джерела електрики

Найбільш різюча відмінність спостерігається в транспортному секторі, вона пов'язана з різною кількістю автомобілів і залізничного транспорту в цих двох країнах.

Таким чином, за умови якісної і, до певної міри, кількісної схожості сумарних джерел первинної енергії маємо величезну розбіжність у кінцевому її споживанні. Якщо у Великобританії промисловість і побут та сфера послуг споживають 66% СКСЕ, то в Україні – 92%. Усе це енергетичне навантаження припадає на промислові регіони і передусім на великі промислові міста. Саме техногенне навантаження та пов'язані з ним екологічні аспекти енергопостачання й енергоспоживання багато в чому визначають екологію великих міст і промислових регіонів. Для формування структури енергопостачання і енергоспоживання суттєво важить характеристика споживачів енергії та енергоспоживаючих процесів.

Споживачами енергії є житлові будівлі, підприємства й установи комунально-побутового обслуговування, господарства і підприємства громадського харчування, зв'язку, заклади освіти, охорони здоров'я, культури, мистецтва, спорту, адміністративно-господарські, навчальні, наукові тощо. Споживання енергії в комунально-побутовому секторі залежно від цільового призначення розподіляється на такі групи: теплові процеси (високотемпературні, середньо- й низькотемпературні); силові процеси; освітлення і використання енергії для культурно-побутових потреб. Це, а також усталені напрями розвитку енергетики (концентрація, централізація, централізована теплофікація), визначили і сформували дві функціонально самостійні системи енергопостачання

– електропостачання і теплопостачання. Властива енергетиці тенденція до високої концентрації та централізації потребує високого рівня організації електропостачання як галузі господарства та створює об'єктивні умови для раціонального розвитку всього енергетичного господарства міст. Формування єдиного енергетичного господарства на базі міських комунальних і районних електростанцій було підґрунтям для централізованого теплопостачання міст. Провідним напрямом стала теплофікація (комбіноване виробництво теплової та електричної енергії), разом з якою широко розвивається централізація теплопостачання на базі котельень та інших опалювальних установок різного типу.

Головними пріоритетами в розвитку енергетики й енергопостачання на тривалу перспективу залишаються енергозбереження та охорона довкілля.

5. Енергетика і довкілля — системний підхід.

Стосовно розвитку енергетики можна виокремити два основні принципи: **перший** - пошук у довкіллі ресурсів, конче потрібних для забезпечення енергоспоживання, **другий** – паралельне дослідження можливості повнішого використання природних ресурсів (раціоналізація процесів і технології видобутку, збагачення, переробки і спалювання палива, вдосконалення енергетичних установок тощо).

Зі зростанням одиничних потужностей блоків електричних станцій та енергетичних систем, питомих і сумарних рівнів енергоспоживання виникає завдання обмежити викидання забруднювальних речовин у повітряний і водний басейни, а також повною мірою користуватися їхньою здатністю до розсіювання.

Ще значніші об'єми енергоспоживання, що чекають на нас у недалекому майбутньому, зумовлюють подальше інтенсивне зростання різноманітних впливів на всі компоненти довкілля у глобальному масштабі.

Нові сторони проблеми взаємодії енергетики і довкілля пов'язані з розвитком *ядерної енергетики*, а також з розширенням практичних заходів щодо запобігання негативним діям на довкілля як в енергетиці, так і у всіх інших галузях народного господарства. При цьому центр ваги проблем охорони довкілля переноситься на енергетику, що, природно, спричинює зміну техніко-економічних показників енергопостачання.

Таким чином, на сучасному етапі та в перспективі проблема взаємодії енергетики і довкілля є вельми багатобічною: вона заторкує всі аспекти життєдіяльності людини, всього природного і рослинного світу, включаючи ландшафт, надра, повітряний і водний басейни, продукти харчування.

У зв'язку з цим особливого значення набуває розгляд взаємодії енергетики і довкілля на підставі системно-структурного аналізу, що дає змогу розкрити розмаїті внутрішні зв'язки. Власне цьому присвячено студію. Початок класичному розгляду проблеми взаємодії людини і довкілля поклав академік В.І. Вернадський. Підґрунтям для кількісних оцінок різних взаємодій є дані про розвиток енергетики і про елементарні процеси впливу різних типів енергетичних установок на всі компоненти довкілля.

Загальна характеристика енергетики як паливно-енергетичного комплексу.

Ми вже заважували, що енергетика та ПЕК, покликаний реалізувати її призначення, включають у себе одержання, переробку, перетворення, транспортування, зберігання і використання енергоресурсів та енергоносіїв усіх видів.

ПЕК має щільні зовнішні та внутрішні зв'язки, визначені виробництвом і застосуванням енергії (у промисловості, сільському господарстві, будівництві, комунальному господарстві, на транспорті).

Можна виокремити чотири *основні стадії* транспортування первинних енергетичних ресурсів (від природного стану, що перебуває у динамічній рівновазі з довкіллям, до кінцевого споживача):

- видобування або пряме використання первинних природних ресурсів енергії;
- переробка (облагоджування) первинних ресурсів, доведення їх до стану, придатного для перетворення або споживання;
- перетворення зв'язаної енергії перероблених ресурсів в електричну енергію на теплових, атомних і гідравлічних електростанціях, у теплову – в котельнях і теплоелектроцентралях;
- використання енергії.

Попри єдність цих стадій, кожна з них заснована на різних фізичних, фізико-хімічних і технологічних процесах, що розрізняються за масштабами, часом, функціонуванням та іншими ознаками. Такі складні багатоланкові структури з розвиненими зовнішніми і внутрішніми зв'язками мають розглядатися як великі (складні) системи, адже математичні методи їхнього аналізу характеризуються системним підходом.

При цьому визначальним фактом є *поділ великої системи* на підсистеми, наявність між ними розвинених зв'язків; єдність завдань і наявність самостійних цілей у кожній підсистемі; підлеглість часткових цілей загальній меті; можливість альтернатив.

На **рис.6** представлена схема великої системи під назвою “енергетика”, яка наочно ілюструє різноманітність властивих їй підприємств, процесів і розгалуженість їхніх взаємозв'язків. Як бачимо, тут є всі системні ознаки і структурні компоненти, що дають змогу пов'язати складні взаємозв'язки енергетики в єдиному механізмі дій, сформулювати завдання управління системою, розкрити роль усіх підсистем.

При цьому *велика система “енергетика”* може розглядатися в двох аспектах: як економічна система і як технічна система кібернетичного кшталту.

У *першому випадку* математично точний опис системи є неможливим, однак враховано активну роль людини у всіх її зв'язках, а також вплив соціальних методів і засобів управління великими системами.

У *другому* – людина є тільки контролером подій, що відбуваються, всі зв'язки компонентів енергетично матеріалізовані, процеси безперервні, що зумовлює їхній строгий математичний опис.

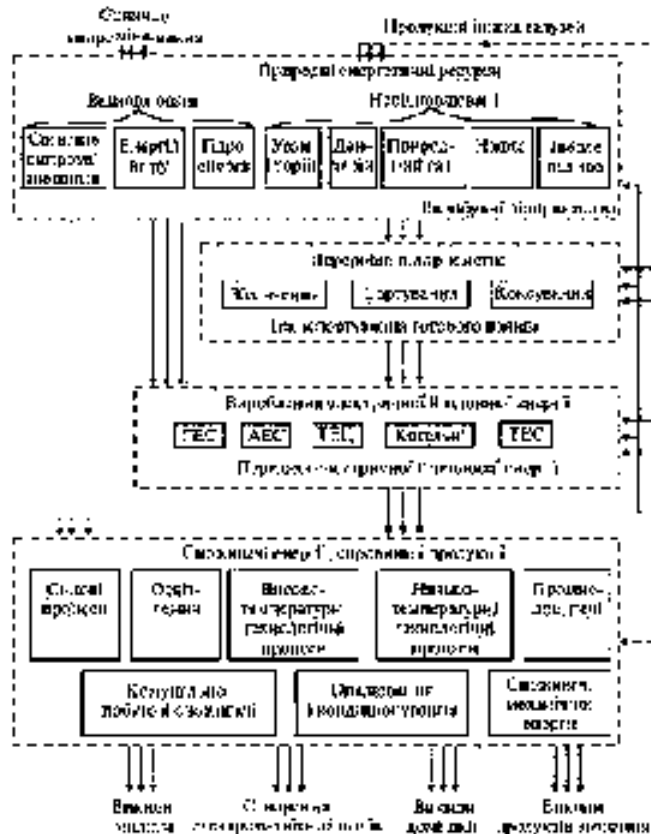


Рис. 6. Система базових зв'язків у системі "енергетика"

У великій системі "енергетика" треба зважити на обидва аспекти, надто ж з метою прогнозування її розвитку. Обираючи моделі реальних систем, використовують математичний і синтетичний методи.

Перший заснований на наближенні моделі до дійсності через наближення її компонентів, другий — на синтезі оптимальних моделей.

Як бачимо на **рис.6**, разом з оптимізацією внутрішніх зв'язків під час розгляду взаємодії енергетики з довкіллям виявляють себе інші чільні показники її функціонування, а саме зовнішні зв'язки – вплив довкілля на ресурси, їх споживання, переробка і викиди; множинами і підмножинами системного аналізу виступають сукупності енергетичних блоків, електростанцій, енергосистем тощо.

Велика система "довкілля".

Розвиток енергетики впливає на різні складники природного середовища: на атмосферу (споживання кисню, викиди газів, пари і твердих частинок), на гідросферу (споживання води, гідростоків, створення нових водосховищ, скидання забруднених і нагрітих вод, природних відходів) і на літосферу (споживання викопного палива, зміна водного балансу, зміна ландшафту, викиди на поверхню і в надра твердих, рідких і газоподібних токсичних речовин).

Різноманіття структур, властивостей і явищ, що існує як одне ціле з розвиненими внутрішніми і зовнішніми зв'язками, дає змогу характеризувати довкілля як велику складну систему.

Структурна схема основних зв'язків, наявних у цій системі, зображена на **рис.7**.

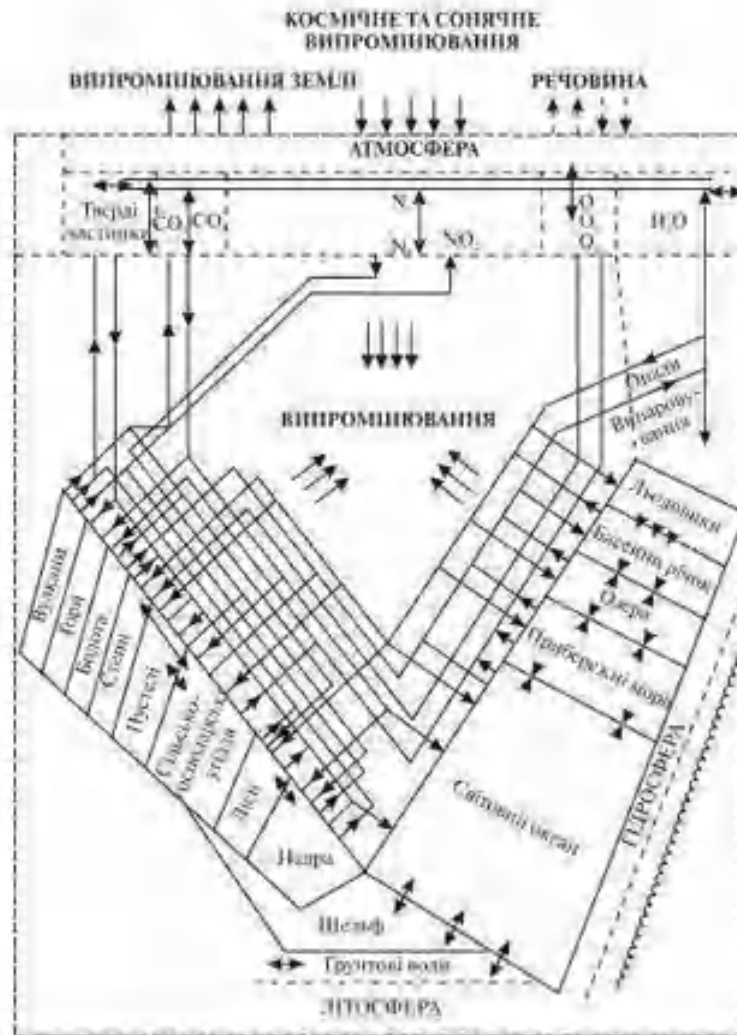


Рис. 7. Структурна схема
генеричної моделі у великій системі "довкілля"

Головними в ній є чинники, що мають безпосередній стосунок до енергетики, а саме: енергетичний баланс, стійкість системи, зовнішні зв'язки, ресурси, що забезпечують задоволення енергетичних потреб; усі ці чинники підпорядковані загальній меті – забезпечити природну рівновагу функціонування енергетики.

Якщо говорити загалом, то стійкість великої системи "довкілля" визначають радіаційний, тепловий, матеріальний та енергетичний баланси її компонентів.

Окреслення великої системи "Енергетика і довкілля".

Очевидно, що завдання розвитку енергетики і збереження природного рівноважного функціонування природного середовища об'єктивно суперечать одне одному.

Взаємодія енергетики з довкіллям відбувається на всіх щаблях ієрархії паливно-енергетичного комплексу: видобутку, переробки, транспортування, перетворення та використання енергії. Ця взаємодія обумовлена як способами видобутку, переробки і транспортування ресурсів, пов'язаними з їхнім впливом на структуру і ландшафт літосфери, зі споживанням і забрудненням вод, морів, річок, озер, зміною балансу ґрунтових вод, з викиданням теплоти, твердих, рідких і газоподібних речовин у всі середовища, так і з застосуванням електричної й теплової енергії від загальних мереж і автономних джерел. Сучасний етап проблеми взаємодії енергетики з довкіллям слід розглядати як наслідок складного історичного розвитку двох великих систем, що навзаєм впливають одна на одну. При цьому маємо принципові незбіжності в їх розвитку: докорінні зміни у природному середовищі відбуваються в геологічній шкалі часу, а змінення масштабів розвитку енергетики — в історично короткі часові проміжки. Розглянуті раніше уявлення про великі системи енергетики і довкілля, а також про зв'язок між ними, становлять передумови для введення в аналіз нової великої системи — "енергетика і довкілля". Аналізуючи систему "довкілля", ми розглядаємо цілий розв'яз природних взаємозв'язків, що зумовлюють кругообіг речовин і підтримку певних кліматичних умов, а у великій системі "енергетика" — різні шляхи використання енергетичних ресурсів. Під час аналізу системи "енергетика і довкілля" конче потрібно враховувати все різноманіття процесів у синтезованій великій системі. Неодмінним етапом є конструювання (виявлення та опис) зв'язків основних підсистем, що становлять велику систему, структурна схема якої наведена на **рис.8**.

Із цією метою можна розглядати системи енергетики і довкілля як укрупнені блоки (рис.8). Чільні зв'язки у великій системі “енергетика і довкілля” побудовані таким чином, аби зберегти правомірність висновку про обов’язкову й неминучу підлеглість штучних (антропогенних) зв’язків у великій системі природним процесам.

Для проведення всебічного аналізу великої системи “енергетика і довкілля” необхідно обрати математичну модель і стратегію. Наприклад, під час визначення гранично-припустимого навантаження на атмосферу можна послуговуватися технологічним підходом (уведення норм викидів для всіх підприємств, що їх тільки проектують, уже будують або й експлуатують), управлінням якістю або економічним підходом. Для вивчення таких великих багатоланкових систем можливе застосування різних математичних моделей: балансових, циркуляційних, оптимізаційних та імітаційних.

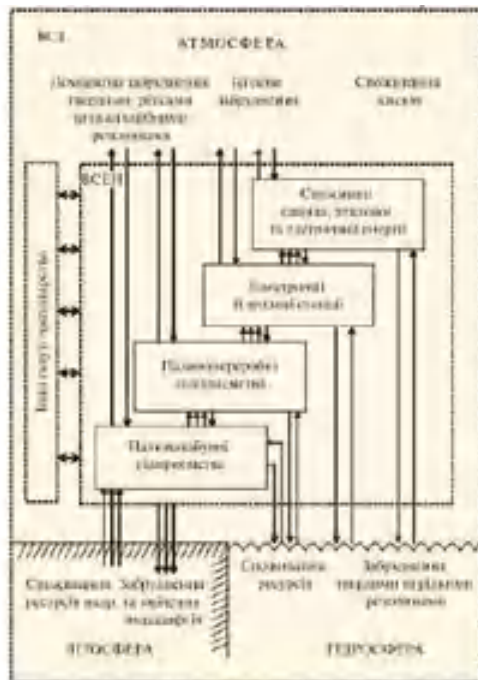


Рис. 8. Структурна схема

Основні чинники, що формують систему взаємодії енергетики і довкілля, дають змогу намітити схему її аналізу.

Маємо такі *найважливіші елементи* методології дослідження щодо взаємодії конкретного об'єкта з довкіллям:

- виявлення і вивчення екологічних аспектів;
- складання питомих і сумарних балансів споживання всіх природних речовин (початкових і перероблених);
- визначення можливих дій, наслідків цих дій, а також потенційних шляхів їх зменшення або запобігання їм.

Отже, потрібен ретельний аналіз комплексу питань, пов'язаних зі станом і розвитком усього ПЕК і його окремих складових частин (ресурсів, джерел і споживачів), їхньої взаємодії та впливу на довкілля.

Причому, на сучасному етапі розвитку енергетики важливо з'ясувати локальні (місцеві) впливи на окремі складники гідро-, літо- й атмосфери. У міру дедалі повнішого освоєння невідновлюваних джерел енергії (традиційної енергетики) вимоги щодо запобігання дії на гідро, літо- й атмосферу або її зменшення стають чимраз наполегливішими. Тепер уже не досить розглядати самі лише локальні дії (наслідки). Концентрація виробництва і споживання енергії, викликана передовсім урбанізацією, яка є характерною межею нинішнього етапу науково-технічного прогресу, потребує розгляду вказаних ефектів на локальному і регіональному рівнях.

Особливої уваги заслуговують екологічні аспекти енергетики і вся сукупність суб'єктів та об'єктів енергозбереження й енергоспоживання.

Лекція 5. Паливно-енергетичні ресурси. Ядерне паливо.

План.

1. Природні ресурси.
2. Вископне органічне паливо.
3. Склад і характеристики органічного палива.
4. Ядерне паливо.
5. Нетрадиційні і відновлювані енергоресурси.

1. Природні ресурси.

Основою функціонування енергетики як паливно-енергетичного комплексу є забезпеченість ресурсами в конкретних умовах довкілля. Тому вже з початку ХХ ст. розвиток енергетики й енергопостачання розглядають як загальну систему використання природних ресурсів.

Природні ресурси – це запаси сировини та енергії, які видобувають з біосфери, наприклад, будівельні матеріали, метали, вода, викопне паливо, геотермальна енергія тощо. Іншими словами, природні ресурси – то засада людської цивілізації як форми контрольованого існування на всіх фазах її розвитку. Розвиток технології змінює напрям, масштаби і форми їхнього використання, визначає появу нових ресурсів.

Природні ресурси поділяються на дві категорії:

- відновлювані, які завдячують своїм походженням сонячній енергії (дощова вода, енергія вітру, продукти харчування, бавовна та вовна, деревина та ін.);
- невідновлювані, або мінеральні ресурси, а саме: органічне паливо (вугілля, нафта, торф), мідь, залізо, уран, золото та ін., формування яких відбувалося протягом мільйонів років.

Друга категорія ресурсів чітко фіксована і практично не відновлюється.

Саме мінеральні ресурси визначають шляхи розвитку людської цивілізації.

Класифікація корисних копалин та енергетичних ресурсів подана на рис. 1.

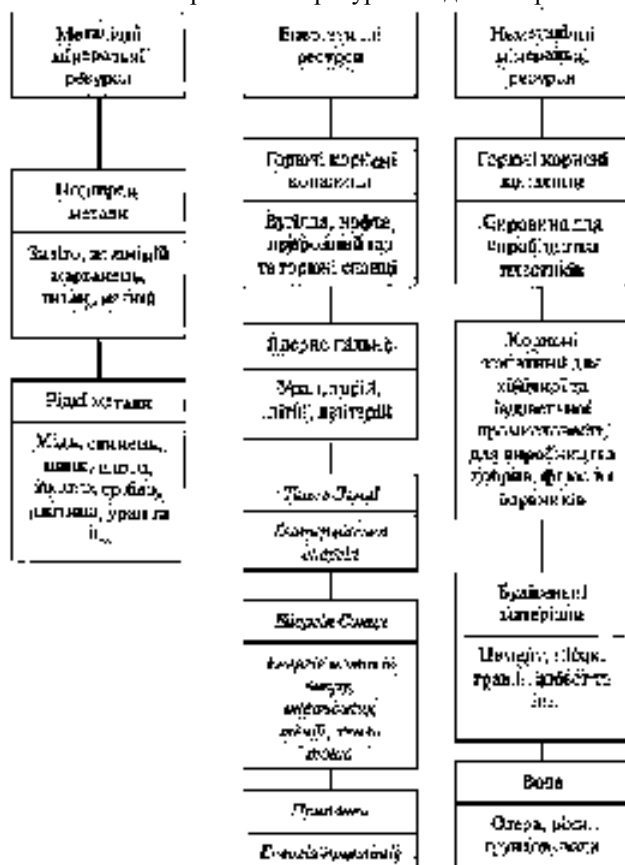


Рис. 8. Алгоритмика розвитку моринської культури на чорнолі.

Мінеральні ресурси розміщені вкрай нерівномірно, деякі з них (нафта, газ, уран тощо) є *обмеженими*, а тому неможливо зберегти стабільні темпи їх розробки й використання.

Як правило *мінеральні ресурси* поділяють на *дві групи*:

- до першої належать ресурси, що їх видобувають у поточний період часу та називають видобувними запасами;
- до другої – потенційні ресурси, котрі завдяки своїм розмірам і місцеположенню за відповідних умов можуть бути використані в майбутньому.

2. Вископне органічне паливо.

Паливом називають горючу речовину, яку економічно доцільно спалювати для одержання великих кількостей теплоти. Упродовж XX ст. основним джерелом теплоти залишалися горючі речовини органічного походження – органічне вископне паливо, хоча посутньо зросли й обсяги використання ядерного палива (табл.1).

Таблиця 1.
Світові ресурси органічного палива

Вископне органічне паливо	Кількість у надрах, 10^{22} Дж	Кількість, яку можна видобути, 10^{22} Дж
Вугілля	42	21
Нафта і газ (рухомі)	2,6	2,6
Запечатана нафта (нерухома)	2,5	
Важка нафта (бітумінозні піски)	5,0	0,5 – 2,5
Нетрадиційний природний газ	10	0,07
Горючі сланці	10 200	1,0

Величезний енергетичний ресурс, що його становлять усі види органічного палива, підрозділяють на *три основні категорії*:

- потенційні запаси вископного палива, які на сучасному етапі розвитку науки і техніки неможливо або економічно недоцільно добувати;
- доступні, які можливо, але економічно не завжди доцільно добувати;
- економічні, видобуток яких економічно виправданий і доцільний на сучасному рівні розвитку науки і техніки.

Найбільший інтерес викликають нафта і газ, запаси яких обмежені. Водночас саме їх видобуток і переробка найбільш економічно вигідні й доцільні з погляду використання робочої сили та охорони довкілля.

Залежно від характеру використання паливо буває:

- енергетичним, технологічним і побутовим;
- за агрегатним станом – твердим, рідким і газоподібним;
- за способом одержання – природним і штучним.

Основними видами органічного палива, яке використовують в енергетиці, є:

- тверде (вугілля і торф);
- рідке (мазут);
- газоподібне (природний газ).

Торф і вугілля – продукти розкладу органічної маси рослин, які відрізняються один від одного хімічним віком (торф – наймолодший).

Щонайдавніші родовища вугілля відомі в канадській арктиці (~350 млн років). Найважливіший період вуглеутворення в історії Землі припадає на останні 350–250 млн років. Вугленосні поклади в цей проміжок часу виявлено на всіх континентах, але найпотужніші – у Північній Америці, Європі й Азії, які протягом періоду вуглеутворення розташовувалися в екваторіальних і помірних широтах. Теплий клімат і достатня кількість опадів сприяли розвитку величезних масивів боліт і формуванню вугілля в цю знаменну вугільну епоху. Геологи вважають, що вагомішу частину головних вугільних басейнів уже відкрито. Світові запаси всіх видів вугілля оцінено в 8 620 млрд т, а додаткові потенційні ресурси – в 6 650 млрд т. До видобувних запасів вугілля зараховують запаси, що містяться в шарах потужністю не менше 0,3 м завтовшки і залягають на глибині не більше 2 000 м. Запаси вугілля, що не відповідають цим вимогам, належать до потенційних ресурсів. Приблизно 43% вугілля світу залягають у країнах СНД (колишнього СРСР), 29% — у Північній Америці, 14,5% — у країнах Азії, переважно в Китаї, 5,5% — у Європі. На решту світу припадає 8% вугілля. Хоча вугілля у всьому світі не є основним видом палива, але труднощі із забезпеченням нафтою і газом ведуть до того, що в найближчі десятиліття вугілля стане панівним паливом на планеті.

Вископне вугілля поділяють на три чільні види:

буре, кам'яне і антрацит;

буре вугілля за своїм хімічним віком є старшим від торфу, слідом за ним іде кам'яне вугілля, а потім – антрацит.

Значна роль у забезпеченні ПЕК паливом належить нафті та природному газу.

Дані щодо їх регіонального розподілу наведено на рис. 2. Енергетичний еквівалент оцінених потенційних ресурсів (за даними всесвітньої енергетичної конференції) становить: нафти – $(1,5 \cdot 10^{22})$ Дж, газу – $(1,1 \cdot 10^{22})$ Дж.

Як бачимо, ресурси нафти й газу, так само як і вугілля, розміщені на земній кулі досить нерівномірно. За умов збереження наявної швидкості зростання споживання всі ресурси нафти й газу можуть вичерпатися вже через кілька десятиліть.

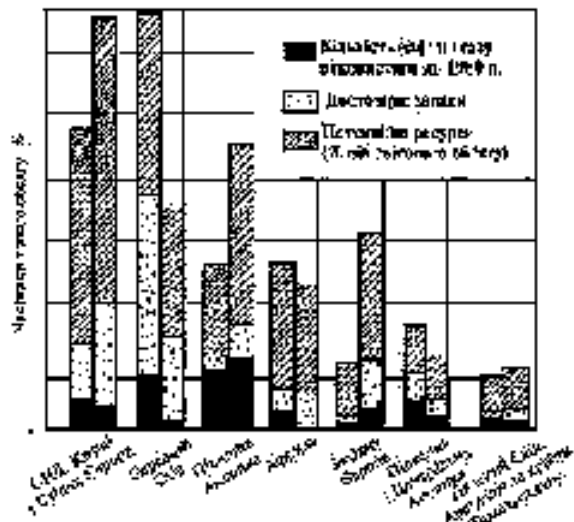


Рис. 2. Тимчасові ресурси енергії в світі.

Людство цікавлять дві проблеми, безпосередньо пов'язані з теплоенергетикою: на який термін вистачить ПЕР і де межа забруднення атмосфери?

Нині світове використання енергоресурсів протягом року дорівнює 17–25 млрд т у. п., енергоемність яких еквівалентна 450–500 ЕДж. Якщо виходити з цієї цифри і світових запасів енергоресурсів (табл. 2.), то самого лише органічного палива людству вистачить на тисячу років. Сучасна технологія дає змогу видобувати далеко не весь обсяг ПЕР. Не всі країни мають оптимальне співвідношення між рівнем видобутку ПЕР і їхнім використанням. Це змушує нас констатувати, що енергетична криза цілком реальна вже в ХХІ ст., оскільки сьогодні людство не знайшло шляхів її подолання.

Таблиця 2.3.

Світові енергоресурси	
Джерело енергії	Ресурс, ЕДж*
1. Невичерпні джерела енергії: сонячна енергія, вітряна енергія, енергія припливів, енергія хвиль	1,47·10 ¹⁶
2. Вичерпні джерела енергії: нафта, газ, вугілля, торф, гідроенергія, ядерна енергія	3,6·10 ¹⁶
3. Відновлювані джерела енергії: тепло сонячного випромінювання, тепло геотермальних джерел, тепло припливів, тепло хвиль, тепло вітру, тепло ґрунту, тепло води	2,4·10 ¹⁶
Всього	2,4·10 ¹⁶
Всього	2,4·10 ¹⁶
Всього	2,4·10 ¹⁶
Всього	2,4·10 ¹⁶
Всього	2,4·10 ¹⁶

* ЕДж – одиниця енергії, 1 ЕДж = 10¹⁸ Дж.

Як видно з табл. 2., доволі перспективним здається використання альтернативних відновлюваних і невичерпних джерел ПЕР. Утім, сучасна енерготехнологія ще далека від масового їхнього застосування. Проте, людство досі не наблизилось до розв'язання проблем використання термоядерної енергії, загальні запаси якої є просто-таки фантастичними – 3,6×10¹⁶ ЕДж (за нинішнього рівня енерговитрат їх вистачить на 10 млн років!). Стосовно України, то її енергетика нині перебуває у важкому стані, попри те, що тільки розвідані запаси вугілля тут становлять ~ 47 млрд т. Однак технологія видобутку вугілля не відповідає геологічним особливостям родовищ.

Спостерігається значний дефіцит решти видів ПЕР, що наочно демонструють дані табл.3.

Таблиця 3.

Енергоресурси України: річний видобуток і потреба (кінець ХХ ст.)			
Вид палива	Обсяг		Частка забезпечення власними ПЕР, %
	використання	виробництва	
Природний газ	112 млрд м ³	22 млрд м ³	20
Нафта	32 млн т	4,2 млн т	13
Вугілля	100 млн т	80 млн т	80
Ядерне паливо	Топливо виробляє Росія	Уран видобуває Україна	0

3. Склад і характеристики органічного палива.

Паливо, яке подають до енерготехнологічних установок для його подальшого спалювання, називається *робочим*.

До його складу входять:

вуглець С, водень Н, сірка S, кисень О, азот N, а також волога W і мінеральні домішки А.

Названі елементи утворюють *складні хімічні сполуки*.

Наявність *кисню й азоту* становить внутрішній баласт палива і знижує його енергетичну цінність. Уміст кисню в паливі коливається від 2% (антрацит) до 40% (деревина), в мазуті — менше 1%. Вміст азоту в твердому й рідкому паливі є не більшим 1%.

Волога і мінеральні домішки (зола) являють собою зовнішній баласт палива. Вміст золи в твердому паливі — 1–60% (5–60%) на робочу масу, в мазуті — 0,1–0,3%, вологи — 1–2%.

Власне горючими складниками в органічному паливі є *вуглець, водень і сірка*. *Головна складова* — вуглець: чим вище його вміст, тим більше теплоти виділяється під час згорання палива. Зі збільшенням віку палива вміст вуглецю зростає, водню — зменшується. Під час спалювання горючих речовин відбувається окислення вуглецю киснем повітря. Якщо вуглець згорає повністю, то утворюється відносно нешкідливий діоксид вуглецю CO_2 і виділяється 32,8 МДж теплоти на 1 кг вуглецю. Якщо ж процес горіння організовано неправильно (наприклад, бракує повітря), продуктом згорання є надто токсичний оксид вуглецю CO і виділяється всього 9,2 МДж теплоти. Уміст вуглецю в твердому паливі — 25–93% на робочу масу, в мазуті — 83–88%.

Важливою горючою складовою палива є *водень*, вміст якого коливається у твердому паливі від 2 до 5%, у рідкому — від 10 до 15%. Кількість теплоти, що виділяється під час згорання (окислення) водню становить 120,8 МДж на 1 кг водню.

Третій горючий елемент — *сірка*: органічна (у сполуках з воднем, вуглецем, азотом і киснем) — S_{op} , колчеданна (у сполуках із залізом) — $\text{S}_{\text{кол}}$, сульфатна (у вигляді солей сірчаної кислоти CaSO_4 , MgSO_4 , FeSO_4 та ін.) — $\text{S}_{\text{с}}$.

Властивості твердого палива як горючого матеріалу визначаються його складовими в сухому беззолному стані (його позначають індексом daf : dry ask frek — умовний стан палива, що не містить загальної вологи і золи).

Суди входять елементи органічної маси палива і колчеданна сірка, що згорає разом з органічною масою.

Таким чином, склад палива характеризується масовим вмістом елементів, які його утворюють, а саме:

$$\text{C}_{\text{daf}} + \text{H}_{\text{daf}} + \text{O}_{\text{daf}} + \text{N}_{\text{daf}} + \text{S}_{\text{daf}}.$$

де S_{daf} — сумарний вміст горючої сірки.

Сірка органічна і колчеданна становлять горючу або летку сірку:

$$\text{S}_{\text{л daf}} = \text{S}_{\text{o daf}} + \text{S}_{\text{кол daf}}.$$

Сірка сульфатна не є горючою і входить до складу золи. Вміст горючої сірки: у твердому паливі від 0 до 9%, у мазуті від 0,5 до 4%. У процесі повного згорання 1 кг сірки виділяється 9,2 МДж теплоти.

При цьому утворюється токсичний сірчистий ангідрид SO_2 і (у невеликих кількостях) ще токсичніший сірчаний ангідрид SO_3 . Їхні викиди з продуктами згорання забруднюють повітряний басейн, а в сполученні з водою (водяною парою) є причиною кислотних дощів через утворення відповідних кислот (H_2SO_3 та H_2SO_4).

Уміст *азоту* в сухому беззолному стані твердих палив зазвичай становить 1–2% від загальної маси. Попри малу кількість, азот є досить шкідливим компонентом, оскільки, згораючи у високотемпературних топках, азотовмісні сполуки утворюють сильнотоксичні паливні оксиди азоту NO та NO_2 (при температурі понад 12000 С вони утворюються також з атмосферного азоту). Зовнішнім баластом палива є вологість і зола.

Вологість твердого палива в робочому стані може перевищувати 50%. Від неї залежить економічна доцільність використання цього паливного матеріалу і можливість його спалювання (наприклад, для перетворення одного кілограма води, узятій при температурі 0°C, на водяну пару кімнатної температури треба 2,5 МДж теплоти).

Мінеральні домішки, наявні в паливі, згораючи, перетворюються на золу та шлак. Відповідно до стандартних норм золу слід уловлювати, транспортувати у відвали або (що доцільніше) утилізувати й використовувати в народному господарстві.

Важливими характеристиками органічного палива є: вихід летких речовин (для твердого палива) і теплота згорання.

Таблиця 4

Основні характеристики українського твердого палива

Види палива	Вихід летких $V_p, \%$	Уміст сірки $S_{HP}, \%$	Вологість $W_p, \%$	Зольність $A_p, \%$	Теплота згорання (МДж/кг) Q_{HP}
Торф	≥ 70	0,1...0,2	30...50	5...23	10,5...14,6
Буре вугілля	> 40	0...8	30...40	15...30	10,0...17,0
Кам'яне вугілля	9...50	0...8	5...10	18...30	24,0...29,0
Антрацити	2...9	0...8	5...10	< 5	~26,0
Напівантрацити	5...9	0...8	< 5	< 5	28-30

* індекс p означає роботу масу

Вихід летких речовин, V_{daf} у відсотках до сухого беззольного стану визначають, нагрівши 1 кг палива в закритому тиглі при температурі 850 ± 100 С протягом 7 хв, унаслідок чого утворюються гази, водяна пара і вуглецевмісний осад. Чим більше вихід летких, тобто чим більше сухої беззольної маси перетворюється у процесі нагрівання на горючий газ, тим простіше запалити ці речовини і легше підтримати процес горіння. Органічна частина деревини і горючих сланців під час нагрівання майже цілком переходить у леткі речовини ($V_L = 85 - 90\%$), тім часом як в антрацитах $V_L = 3-4\%$. (див. табл.5).

Таблиця 5.

Хімічний склад нафти і природного газу

Елемент	Нафта, %	Природний газ, %
Вуглеводень	82,2-87,0	65-80
Водень	11,7-14,7	1-25
Сірка	0,1-5,5	Сліди-0,2
Азот	0,1-1,5	1-15
Кисень	0,1-4,5	—

Теплота згорання - кількість теплоти, що виділяється у процесі повного згорання палива.

Розрізняють вищу роботу Q_v^p і нижчу роботу Q_n^p теплоту згорання (теплотвірну здатність палива).

Вища теплота згорання Q_v^p - це кількість теплоти, що виділяється під час згорання 1 кг твердого, рідкого або 1 м^3 газоподібного палива у процесі перетворення водяної пари, що міститься в продуктах згорання, на рідину.

Нижча теплота згорання Q_n^p є меншою за вищу Q_v^p на кількість теплоти, витраченої на перетворення вологи у продуктах згорання з рідини на водяну пару.

Волога подекуди утворюється внаслідок згорання водню в паливі ($9H_p$). Для порівняльних розрахунків різного палива використовують поняття "Умове паливо".

Умове паливо - це паливо, теплота згорання якого визнана такою, що дорівнює 29,35 МДж/кг (7 000 ккал/кг). Щоб перевести реальну кількість палива в умовне, треба помножити кількість цього палива на його еквівалент $E = Q_n^p / 29,35$.

Максимальна нижча теплота згорання твердого палива доходить до $Q_n^p = 28$ МДж/кг, мінімальна становить 10 МДж/кг і нижче (залежно від баласту).

Теплота згорання безводних мазутів $Q_n^p = 39-41,5$ МДж/кг. Оскільки елементний склад будь-якого рідкого палива, яке дістають нафтоперегоном, практично однаковий, то й їхня теплота згорання є майже однакою.

Хімічний склад первородної нафти і газу практично не змінився і залишився в межах порівняно вузького ряду хімічних сумішей (табл.5).

Таблиця 5.

Хімічний склад нафти і природного газу

Елемент	Нафта, %	Природний газ, %
Вуглеводень	82,2-87,0	65-80
Водень	11,7-14,7	1-25
Сірка	0,1-5,5	Сліди-0,2
Азот	0,1-1,5	1-15
Кисень	0,1-4,5	—

Рідке паливо одержують, переробляючи нафту.

Сиру нафту нагрівають до 300...370° С, після чого отриману пару розділяють на фракції, що конденсуються за різної температури t_k :

- зріджений газ (вихід до 1%),
- бензинову (близько 15%, $t_k = 30...180^\circ \text{C}$),
- газову (до 17%, $t_k = 120...135^\circ \text{C}$),
- дизельну (близько 18%, $t_k = 180...350^\circ \text{C}$).

Рідкий залишок з температурою початку кипіння 330...350° С називають *мазутом*.

Зазначені фракції слугують вихідною сировиною для одержання мастильних матеріалів і палива для двигунів внутрішнього згорання і газотурбінних установок (бензину, гасу, дизельного палива тощо).

Дотепер мазут залишається основним рідким енергетичним паливом. Він становить складну суміш вуглеводнів, до складу яких входить вуглець ($C^P = 84\text{--}88\%$) і водень ($H^P = 10\text{--}12\%$). Це забезпечує високу теплоту згорання мазуту ($Q_H P = 40...41 \text{ МДж/кг}$). Баласт мазуту невисокий $A^P = 0,2\text{--}0,3\%$; $W^P = 0,1\text{--}1\%$. До складу мінеральних домішок A^P входять сполуки *ванадію, нікелю, заліза та інших металів*.

Одним з основних показників мазуту є *в'язкість* (обумовлює можливість його розпилення залежно від температури) і *сірчистість* (визначається вмістом сірки: малосірчисті (до 0,5%), середньосірчисті (до 2%) і високосірчисті (до 3,5%)).

Мазут, одержуваний з нафти багатьох родовищ, може містити сірки до 4,3%, а це надто ускладнює захист довкілля та устаткування. Чільним видом газоподібного палива є природний газ, основним компонентом якого (85–98%) постає *метан* CH_4 .

До складу природного газу також входять такі *горючі складові*: важкі вуглеводні C_nH_m , водень H_2 , сірководень H_2S , монооксид вуглецю CO , баластні гази — CO_2 , N_2 , SO_2 , вода H_2O , та кисень O_2 .

Теплота згорання природного газу дорівнює 31,0...37,9 МДж/кг. Природний газ очищують від сірчистих сполук, але частина їх (переважно сірководень) може залишатися. У процесі видобутку нафти виділяється так званий *попутний газ*, що містить менше метану, ніж природний, але більше вищих вуглеводнів і тому виділяє під час згорання більше теплоти. Нині досить актуальною є проблема його повного використання в енергетиці і промисловості.

У промисловості й особливо в побуті широко застосовують *зріджений газ*, одержаний в результаті первинної переробки нафти і попутних нафтових газів: технічний пропан (не менше 93% $C_4H_{18} + C_3H_6$), технічний бутан (не менше 93% $C_4H_{10} + C_4H_8$) та їхні суміші.

На металургійних заводах як попутні продукти одержують *коковий і доменний гази*, які застосовують для опалення печей і технологічних апаратів. Іноді (після очищення від сірчистих сполук) коковий газ використовують для побутового газопостачання прилеглих житлових масивів. Проте через великий вміст CO (5–10%) він значно токсичніший від природного газу. Надлишки доменних газів найчастіше спалюють у топках заводських електростанцій.

У районах вугільних шахт своєрідним “паливом” може слугувати *метан*, що виділяється з шахтних горизонтів під час їх вентиляції. Однак при цьому слід мати на увазі, що концентрація метану в суміші з повітрям в діапазоні 5–15% є вибухонебезпечною.

Останніми роками в Україні знов відродився інтерес до *газів, що утворюються внаслідок газифікації* (генераторним шляхом) або *через суху перегонку* (у процесі нагрівання без доступу повітря) твердого палива, щонайперше, важкоприступного вугілля Донецького родовища.

У багатьох країнах світу все частіше застосовують *біогаз* – продукт анаеробної ферментації органічних відходів (гною, рослинних залишків, сміття, стічних вод тощо), зброжування яких дає змогу розв'язати надзвичайно гостру проблему забруднення довкілля рідкими відходами шляхом перетворення їх на біогаз і високоякісні добрива.

4. Ядерне паливо.

Ядерне паливо – речовина, яка використовується в ядерних реакторах для здійснення ланцюгової ядерної реакції поділу.

МАГАТЕ надає щодо терміну «ядерне паливо» наступні визначення:

- **Ядерне паливо** (англ. *nuclear fuel*) – ядерний матеріал, що спроможний до ядерного поділу, у вигляді спеціально виготовлених елементів, призначених для завантаження в активну зону реактора цивільної атомної електростанції або дослідницького реактора.

- **Свіже паливо** (англ. *fresh fuel*) – нове паливо або неопромінене паливо, включаючи паливо, виготовлене із спроможних до ділення (тих, що діляться) матеріалів, які отримано шляхом переробки раніше опроміненого палива.

- **Відпрацьоване паливо** (англ. *spent fuel*): 1) ядерне паливо, що видалено з реактору після опромінування, яке більш не придатне для використання в даній формі внаслідок збіднення матеріалу, що ділиться, накопичення поглиначів (нейтронів) або радіаційних пошкоджень; 2) ядерне паливо, опромінене в активній зоні реактора та остаточно з неї вилучене.

Серед непоновлюваних джерел енергії ядерна є «наймолодшою».

Її використання було почато в 50-ті роки XX століття, однак уже зараз вона відіграє істотну роль у забезпеченні електроенергією провідних країн світу.

В електроенергетиці України генеруюча потужність атомних електростанцій (АЕС) становить 24,5%. В критичні зимові періоди на частку АЕС припадає понад 40% електроенергії, яка виробляється в Україні. Частка виробленої електроенергії АЕС у загальному обсязі отриманої енергії склала в Україні: 1990 р. – 24,5%; 1991 р. – 27,1%; 1992 р. – 28,4%; 1993 р. – 32,9%; 1994 р. – 34,2%. У 1997 році загальне споживання первинних ресурсів в Україні, включаючи атомну і гідроенергетику, а також моторне паливо, склало 209,6 млн т у.п., в тому числі котельно-грубого палива (вугілля, газ, мазут) 161,5 млн т у.п. У Франції понад 75% електроенергії виробляється на АЕС, у США – 20%, в Англії і Бельгії – близько 60%, Фінляндії – 27%.

Запаси порівняно дешевого урану для АЕС на планеті дорівнюють приблизно 4 млн т, і вони можуть бути вичерпані, як і нафта, за 25-30 років. В США працює 103 АЕС, розробляються плани будівництва принаймні 2 АЕС до кінця цього десятиріччя.

У кінці першого десятиріччя XXI ст. світова атомна енергія, яку виробляють понад 30 країн, має добрі перспективи – планується її широкомасштабний розвиток, зокрема побудова від 300 до 600 нових атомних реакторів вже до 2025 р.

Продовжуються дослідження термоядерного синтезу. У 2006 р. країни Євросоюзу, Росії, США, Японії, Південної Кореї узгодили будівництво експериментального міжнародного термоядерного реактора (ТЯР) на півдні Франції із закінченням робіт до 2037-2040 рр.

Ланцюгова ядерна реакція є реакцією поділу ядра на дві частини, які називаються осколками поділу, з одночасним виділенням декількох (2—3) *нейтронів*, які, у свою чергу, можуть викликати поділ наступних ядер. Такий поділ відбувається при попаданні *нейтрона* в ядро *атома*. Уламки поділу, що утворюються при поділі ядра, мають велику *кінетичну енергію*. Гальмування уламків поділу в речовині супроводжується виділенням великої кількості тепла.

Уламки поділу — це ядра, що утворилися безпосередньо в результаті поділу. Уламки поділу і продукти їх радіоактивного розпаду зазвичай називають продуктами поділу. Ядра, що діляться при поглинанні нейтронів будь-яких енергій, називають ядерним паливом (як правило, це речовини з непарним атомним числом). Існують ядра, які діляться тільки при поглинанні нейтронів з енергією, вищою за деяке порогове значення (як правило, це елементи з парним атомним числом). Такі ядра називають сировинним матеріалом, оскільки при захопленні нейтрона пороговим ядром утворюються ядра ядерного палива. Комбінація ядерного палива і сировинного матеріалу називається ядерним паливом. Нижче приведений розподіл енергії поділу ядра ^{235}U між різними продуктами поділу (у MeV):

Кінетична енергія уламків поділу	162
Кінетична енергія нейтронів, що випускаються при поділі	5
Енергія γ-випромінювання, що супроводжує захоплення нейтрона	7
Енергія γ-випромінювання продуктів поділу	6
Енергія β-затриманих ізоотопів продуктів поділу	5
Енергія α-затриманих ізоотопів	7
Всього енергія поділу	~ 200

Природний уран складається з трьох ізоотопів: ^{238}U (99,282 %), ^{235}U (0,712 %) і ^{234}U (0,006 %). Він не завжди придатний як ядерне паливо, особливо якщо конструкційні матеріали і сповільнювач інтенсивно поглинають нейтрони.

В цьому випадку ядерне паливо готують на основі *збагаченого урану*. У енергетичних реакторах на теплових нейтронах використовують уран із збагаченням меншим, ніж 10 %, а в реакторах на швидких і проміжних нейтронах збагачення урану перевищує 20 %. Збагачений уран отримують на спеціальних збагачувальних заводах.

Ядерне паливо ділиться на два види(класифікація):

- 1.природне ядерне паливо: ізоотоп уран-235;
- 2.вторинне ядерне паливо, штучно отримувані в ядерному реакторі ізоотоп плутоній-239 і ізоотоп уран-233.

За хімічним складом ядерне паливо може бути:

- Металевим, включаючи сплави;
- Оксидним (наприклад, UO_2);
- Карбідом (наприклад, PuC_{1-x})
- Нітрідним;
- Змішаним ($\text{PuO}_2 + \text{UO}_2$).

Застосування ядерного палива:

Ядерне паливо використовується в *ядерних реакторах*, де воно зазвичай розташовується у вигляді пігулок розміром в декілька сантиметрів в герметично закритих тепловидільних елементах (ТВЕЛ), які в свою чергу зібрані у *тепловидільні збірки (ТВЗ)*.

До ядерного палива застосовуються високі *вимоги* по хімічній сумісності з оболонками ТВЕЛів, у нього мають бути достатня температура плавлення і випаровування, хороша теплопровідність, невелике збільшення об'єму при нейтронному опромінюванні, технологічність виробництва.

Металевий уран порівняно рідко використовують як ядерне паливо. Його максимальна температура обмежена 660 °С. При цій температурі відбувається фазовий перехід, в якому змінюється кристалічна структура урану. Фазовий перехід супроводжується збільшенням об'єму урану, що може привести до руйнування оболонки ТВЕЛів. При тривалому опромінюванні в температурному інтервалі 200—500 °С уран схильний до радіаційного зростання. Це явище полягає в тому, що опромінений урановий стрижень подовжується. Експериментально спостерігалось збільшення довжини уранового стрижня в півтора рази.

Використання металевого урану, особливо при температурі більше 500 °С, утруднено через його розпухання. Після ділення ядра утворюються два уламки ділення, сумарний об'єм яких більше об'єму атома урану (плутонію). Частина атомів - уламків поділу є атомами газів (криптон, ксенон і ін.). Атоми газів накопичуються в порах урану і створюють внутрішній тиск, який збільшується з підвищенням температури. За рахунок зміни об'єму атомів в процесі ділення і підвищення внутрішнього тиску газів уран і інші ядерні палива починають розпухати. Під розпуханням розуміють відносну зміну об'єму ядерного палива, пов'язану з діленням ядер.

Розпухання залежить від вигорання і температури ТВЕЛів. Кількість уламків поділу зростає із збільшенням вигорання, а внутрішній тиск газу - із збільшенням вигорання і температури. Розпухання ядерного палива може привести до руйнування оболонки ТВЕЛа. Ядерне паливо менш схильне до розпухання, якщо воно володіє високими механічними властивостями. Металевий уран якраз не відноситься до таких матеріалів. Тому застосування металевого урану як ядерного палива обмежує вигорання, яке є однією з головних оцінок економіки атомної енергетики.

Радіаційна стійкість і механічні властивості палива поліпшуються після легування урану, в процесі якого в уран додають невелику кількість молібдену, алюмінію і інших металів. Легуючі добавки знижують число нейтронів ділення на одне захоплення нейтрона ядерним паливом. Тому легуючі добавки до урану прагнуть вибрати з матеріалів, що слабо поглинають нейтрони.

До доброго ядерного палива відносяться деякі тугоплавкі сполуки урану: оксиди, карбіди і інтерметалічні з'єднання. Найширше застосування отримала кераміка — двоокис урану UO_2 . Її температура плавлення рівна 2800 °С, щільність — 10,2 т/м³. У двоокису урану немає фазових переходів, вона менш схильна до розпухання, чим сплави урану. Це дозволяє підвищити вигорання до декількох відсотків. Двоокис урану не взаємодіє з цирконієм, ніобієм, неіржавіючою сталлю і іншими матеріалами при високих температурах. Основний недолік кераміки — низька теплопровідність — 4,5 кДж/(м·К), яка обмежує питому потужність реактора по температурі плавлення. Так, максимальна щільність теплового потоку в реакторах ВВЕР на двоокисі урану не перевищує 1,4·10³ кВт/м², при цьому максимальна температура в стрижневих ТВЕЛах досягає 2200 °С. Крім того, гаряча кераміка дуже крихка і може розтріскуватися.

Плутоній відноситься до низкоплавких металів. Його температура плавлення дорівнює 640 °С. У плутонію погані пластичні властивості, тому він майже не піддається механічній обробці. Технологія виготовлення ТВЕЛів ускладнюється ще токсичністю плутонію. Для приготування ядерного палива зазвичай йдуть двоокис плутонію, суміш карбідів плутонію з карбідами урану, сплави плутонію з металами.

Високими теплопровідністю і механічними властивостями володіють дисперсійні палива, в яких дрібні частинки UO_2 , UC , PuO_2 і інших сполук урану і плутонію розміщують гетерогенно в металевій матриці з алюмінію, молібдену, неіржавіючої сталі і ін. Матеріал матриці і визначає радіаційну стійкість і теплопровідність дисперсійного палива. Наприклад, дисперсійне паливо Першої АЕС складалося з частинок сплаву урану з 9 % молібдену, залитих магнієм.

Отримання:

1. Уранове паливо паливо отримують переробкою руди. Процес відбувається у декілька етапів:

- **Для бідних родовищ:** У сучасній промисловості через відсутність багатих уранових руд (винятки становлять канадські родовища незгоди, де концентрація урану доходить до 30% і австралійських з вмістом урану до 3%) використовується спосіб підземного вилуження руди. Це виключає дорогий видобуток руди. Попередня підготовка йде безпосередньо під землею. Через закачні труби під землю над родовищем закачується сірчана кислота, іноді з додаванням солей тривалентного заліза (для окислення урану $U(IV)$ до $U(VI)$), хоча руди часто містять залізо і піролюзит, які полегшують окислення. Через відкачні труби спеціальними насосами розчин сірчаної кислоти з ураном піднімається на поверхню. Далі він безпосередньо поступає на сорбційне, гідрометалургійне витягання і одночасна концентрування урану.
- **Для рудних родовищ:** використовують збагачення руди і радіометричне збагачення руди.
- Гідрометалургійна переробка — дроблення, вилуговування, сорбційне або екстракційне витягання урану з отриманням очищеного закису-окислу урану U_3O_8 або диуранату натрію $Na_2U_2O_7$ або диуранату амонію.
- Перевод урану з оксиду в тетрафлуорид UF_4 , або з оксидів безпосередньо для отримання гексафлуориду UF_6 , який використовується для збагачення урану по ізотопу-235.
- Збагачення методами газової термодифузії або центрифугуванням (Розділення ізотопів) UF_6 , збагачений по 235 ізотопу переводять в двоокис UO_2 , з якого виготовляють «пігулки» ТВЕЛів або отримують інші сполуки урану з цією ж метою.

2. Торієве паливо.

Торій в наш час як сировина для виробництва ядерного палива не застосовується через такі причини:

- a. Запаси урану досить великі;
- b. Витягання торія складніше і дорожче через відсутність багатих родовищ;
- c. Утворення ^{232}U , який, у свою чергу, утворює γ -активні ядра ^{212}Bi , ^{208}Te , що утрудняють виробництво ТВЕЛів;
- d. Переробка опромінених торієвих ТВЕЛів складніша і дорожча за переробку уранових.

3. Плутонієве паливо

Плутонієве ядерне паливо в наш час також не застосовується, що пов'язане з його у край складною хімією. За багаторічну історію атомної промисловості неодноразово робилися спроби використання плутонію як у вигляді чистих з'єднань, так і в суміші із сполуками урану, проте успіхом вони не увінчалися. Паливо для АЕС, що містить плутоній, називається МОХ-паливо. Застосування його в реакторах ВВЕР недоцільно через зменшення приблизно в 2 рази періоду розгону, на що не розраховані штатні системи управління реактором.

Регенерація: При роботі ядерного реактора паливо вигоряє не повністю, має місце процес відтворення окремих ізотопів (Pu). У зв'язку з цим відпрацьовані ТВЕЛі направляють на переробку для регенерації палива і повторного його використання.

В даний час для цих цілей найширше застосовується пюрекс-процес (Plutonium and Uranium Recovery by EXtraction), суть якого така: ТВЕЛі розрізають на частини і розчиняють в азотній кислоті, далі розчин очищають від продуктів ділення і елементів оболонки, виділяють чисті сполуки U і Pu. Потім отриманий діоксид плутонію PuO_2 направляють на виготовлення нових сердечників, а уран або на виготовлення сердечників, або на збагачення ^{235}U .

Переробка і регенерація високорадіоактивних речовин — складний і дорогий процес. ТВЕЛі після витягання з реакторів витримують протягом декількох років (зазвичай 3—6) у спеціальних сховищах. Труднощі спричиняє також переробка і поховання відходів, непридатних до регенерації. Вартість усіх цих заходів істотно впливає на економічну ефективність атомних електростанцій.

5. Нетрадиційні і відновлювані енергоресурси.

Існуючі моделі розвитку суспільства позначають прямо пропорційну залежність між науково-технічним прогресом (символом економічного благополуччя й добробуту) і споживанням енергії на душу населення. У країнах Західної Європи воно становить понад 3 т. т вугілля на рік (близько 100 ГДж), у США і Канаді цей показник утричі вищий (~ 300 ГДж), але в більшості країн Африки він є в 30-40 разів нижчим. Зараз людство вступає в епоху нетрадиційної енергетики. Проблема використання нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії (НВДЖЕ) в різних галузях народного господарства починаючи з другої половини XX ст. привертає пильну увагу наукової громадськості багатьох країн світу. Такі потрясіння, як світова енергетична криза 1973 р. і Чорнобильська катастрофа 1986 р., примусили більшість країн переглянути свою енергетичну політику щодо темпів і перспектив практичного застосування НВДЖЕ. Якщо раніше світову спільноту хвилювало питання можливості надійно забезпечити себе енергією, то тепер головною проблемою стала інтеграція енергії та екології. Інтерес до НВДЖЕ зумовлений двома негативними тенденціями розвитку традиційної енергетики: швидким виснаженням природних паливно-енергетичних ресурсів і забрудненням довкілля. За даними ООН, уже до середини XXI ст. можливе виснаження основних видів викопного палива – вугілля й урану (U^{238}).

Перспективні технології традиційної енергетики, підвищуючи ефективність використання первинних ПЕР, аж ніяк не поліпшують екологічну ситуацію. Теплове, хімічне і радіоактивне забруднення довкілля може спричинити катастрофічні наслідки.

Одним з головних напрямків нетрадиційної енергетики є перетворення і використання енергії Сонця прямими та непрямыми методами. Практично всі енергетичні ресурси Землі є, зрештою, продуктами діяльності Сонця.

Прямі методи використання сонячної енергії ґрунтуються на перетворенні променистої енергії Сонця на електричну й теплову.

Непрямі – дають змогу застосовувати кінетичну і потенційну енергію, що виникає внаслідок сонячного випромінювання з біосфери.

До основних нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії належать: енергія Сонця, вітру, тепла Землі (наприклад, парогідротермічна), біомаси (органічні відходи господарської діяльності людини, енергетичні плантації), океанів і морів (наприклад, припливів і відпливів, температурного градієнта великих товщ води), гідроенергія (малих річок, гідроаккумулятивних систем), а також вторинні енергетичні ресурси (теплові відходи промислових і сільськогосподарських підприємств). Сумарний потенційний внесок усіх НВДЖЕ в світовий енергетичний баланс уже до кінця 2000 р. становив майже 10%. Об'єм використання їх окремих видів розподіляється таким чином (млн т у.п.): сонячна енергія (на гаряче водопостачання й опалювання) – 36; геотермальна енергія – 29; енергія вітру – 7; енергія біомаси – 7; інші види енергії – 7 (усього – 86 млн т у.п.).

Велика енергетична криза 70-х років і усвідомлення наслідків Чорнобильської катастрофи зробили свою справу: світове співтовариство шукає “нову енергію”, насамперед, у напрямі використання НВДЖЕ (табл.6).

Таблиця 6.

**Виробництво теплової та електричної енергії в країнах ЄС
на базі невідновлюваних і відновлюваних джерел енергії**

Тип НВДЖЕ	Виробництво енергії, млн т.н.е.		Загальні капітальні витрати п 1997-2000 рр., млрд. дол.	Зниження викидів CO ₂ до 2010 року, млн т/рік
	1995	2010		
Вітроенергетика	0,35	6,9	34,56	72,0
Гідроенергетика	26,4	50,55	17,16	48,0
Атомна електрична енергетика	0,002	1,26	10,6	3,0
Вугілля	44,8	35	100,8	255,0
Геотермальна енергетика	2,5	5,2	6,0	5,0
Сонячна теплова енергетика	0,26	4,0	28,6	19,0
Усього	74,3	182	198,12	402,0

Примітка. Тепло, згорівши 1 т нафтового еквівалента (1 т н.е.) – CO₂=4136 ГДж

Так, виходячи з географічних, науково-економічних та екологічних чинників, Україні доцільно розглядати використання таких НВДЖЕ, як енергія Сонця, вітру, біомаси, малих річок, геотермальна енергія, ресурси яких подано в табл.7.

Таблиця 7.

Ресурси відновлюваних джерел енергії України

Джерело енергії	Теоретичний потенціал	Використання на по- чатку ХХІ ст.		Технічний потенціал		Рекомендований обсяг використання	
	МВт·г на рік	МВт·г на рік	т у.п.	МВт·г на рік	т у.п.	МВт·г на рік	т у.п.
Геліоресурси	720×10 ⁶	81×10 ⁶	10×10 ⁶	0,13×10 ⁶	0,16×10 ⁶	30÷40×10 ⁶	3,6÷4,8×10 ⁶
Вітроенергетика	965×10 ⁶	0,8×10 ⁶	0,095×10 ⁶	0,36×10 ⁶	40÷70×10 ⁶	4,8÷8,4×10 ⁶	4,8÷8,4×10 ⁶
Геотермальна енергетика	5128×10 ⁶	0,4×10 ⁶	0,049×10 ⁶	14×10 ⁶	1,7×10 ⁶	2000×10 ⁶	230×10 ⁶
Біоенергія (з-в відходів)	12,5×10 ⁶	0,14×10 ⁶	0,002×10 ⁶	6,1×10 ⁶	0,73×10 ⁶	6,1×10 ⁶	0,73×10 ⁶
Гідроенергетика річок та водень	42,4×10 ⁶	10,2×10 ⁶	1,22×10 ⁶	21,5×10 ⁶	2,6×10 ⁶	21,5×10 ⁶	2,6×10 ⁶
малі	25,0×10 ⁶	9,7×10 ⁶	1,16×10 ⁶	15,1×10 ⁶	1,8×10 ⁶	15,1×10 ⁶	1,8×10 ⁶
малі	17,4×10 ⁶	0,5×10 ⁶	0,06×10 ⁶	6,4×10 ⁶	0,8×10 ⁶	6,4×10 ⁶	0,8×10 ⁶

Використання відновлюваних джерел енергії створить можливість знизити споживання дефіцитних для України нафтопродуктів (загальний обсяг – приблизно 300 млн т у.п./рік) на 5–6%, зокрема за рахунок використання геліоресурсів – на 1,7%, вітроенергії – на 2,8%; геотермальної енергії – на 0,1%; біогазу – на 0,2%; гідроенергії річок – на 0,9% (окремо великих – 0,6%; малих – 0,3 %).

Лекція 6. Екологічні проблеми використання органічного палива. Ч.1.

План.

1. Роль органічного палива й основи теорії горіння.
2. Закономірності утворення екологічно шкідливих речовин під час горіння палива.

1. Роль органічного палива й основи теорії горіння.

У всьому світі понад 80% теплової та електричної енергії одержують, спалюючи викопне органічне паливо і перетворюючи його хімічну енергію на електричну й теплову. Як наслідок, теплоенергії належить одне з перших місць у забрудненні довкілля, насамперед продуктами згорання палива. Близько 80% усіх видів забруднень біосфери зумовлено саме енергетичними процесами. Як було показано в попередніх розділах, запаси паливно-енергетичних ресурсів планети до кінця XX ст. істотно зменшилися. У структурі викопного органічного палива питома вага нафти становить близько 45%, природного газу – 18%, вугілля – 37%. Загальне уявлення про світове використання енергоресурсів за останні 100 років дають дані **табл.1**.

Таблиця 1.
Сумарне світове енергоспоживання

Показник	1900	1950	1975	1990	2000
Сумарне енергоспоживання, млрд т у.т.	0,93	2,86	8,6	17,0	25,0
Населення, млрд осіб	1,62	2,5	3,8	4,6	5,2
Питомі енерговитрати (т.т.т. на 1 особу на рік)	0,59	1,16	2,32	3,7	4,8

Нафта, природний газ і вугілля спалюють у таких кількостях, що газоподібні, рідкі і тверді продукти їх згорання повільно, але неухильно змінюють склад атмосфери, забруднюють гідросферу й літосферу. В атмосферу щорічно викидають десятки мільярдів тонн газоподібних і пароутворювальних сполук, твердих частинок, склад яких визначається видом і умовами спалювання органічного палива. Це безпосередньо є чинним і для енергетики України, варто лише врахувати бодай масштаби й умови спалювання органічного палива. Для цього достатньо проаналізувати загальні дані щодо споживання основних видів палива всім ПЕК України (**табл.2**).

Таблиця 2.
Споживання основних видів палива в Україні за період 1990-2000 рр.

Вид палива	Відсоток від загального споживання	Запаси	Споживання
Природний газ	13,4 (34,2)	744859	1954227
Нафта (в тому числі нафтопродукти)	4,1 (10,4)	744649	677019
Вугілля (в тому числі кокс)	13,8 (30,1)	774514	2014120
Всього, млн т.т.	28,3	1,7	962

Головне джерело забруднення середовища в теплоенергетиці – газоподібні продукти згорання органічного палива, що викидаються через димар.

Основою горіння постають реакції окиснення горючих речовин палива, в результаті яких вихідні речовини (паливо й окиснювач) перетворюються на компоненти (продукти згорання) з іншими фізичними і хімічними властивостями.

Характерною ознакою горіння є процес, що швидко відбувається, супроводжується інтенсивним виділенням теплоти, різким підвищенням температури й утворенням розжарених продуктів з різним ступенем світлості.

Розрізняють горіння палива без утрат теплоти (стехіометричне або повне), горіння з утратами теплоти (відновне або неповне) і змішане (окиснювально-відновне), характерне для спалення твердого палива в процесі нерівномірної взаємодії поверхонь згорання з повітрям.

Під час повного згорання всі горючі речовини палива беруть участь в окиснювальних процесах, при цьому утворюються тільки оксиди – CO_2 , SO_2 , H_2O .

Реальне згорання, як правило, є неповним.

Розрізняють механічну і хімічну неповноту горіння. У першому випадку певна кількість палива не бере участь у процесі горіння. Хімічні втрати виникають у випадку хімічно неповного окиснення вуглецевмісних сполук та утворення оксиду вуглецю, а також у разі, коли частина горючих газоподібних речовин, одержаних у процесі випаровування і термічному розкладанні рідкого палива (CO , H_2 , CH_4 та ін.), залишають зону горіння ще до завершення окиснювальних процесів.

Як окиснювач під час горіння переважно застосовують кисень атмосферного повітря, адже він є легкодоступним і зручним у використанні.

Процес горіння газоподібного палива умовно можна розділити на дві стадії:

- перша – утворення горючої суміші (суміші палива і повітря);
- друга – нагрівання, запалення і горіння горючої суміші.

Складнішим є процес горіння рідкого палива. Початковою його стадією є нагрівання, розпилювання і випаровування пального. Потім утворені краплини й пара пального змішуються з повітрям, і горюча суміш нагрівається, запалюється та згорає.

Залежно від агрегатного стану палива й окиснювача розрізняють гомогенне і гетерогенне горіння. Якщо паливо та окиснювач перебувають в однаковому агрегатному стані й між ними немає поверхні поділу фаз, то вони утворюють *гомогенну* систему, в якій протікає процес гомогенного горіння.

Прикладом постає горіння газоподібного палива.

Якщо ж агрегатний стан палива й окиснювача є різним, то вони утворюють *гетерогенну* систему, в якій відбувається процес горіння рідкого палива. Якщо швидкість перебігу хімічної реакції між паливом і окиснювачем значно нижча за швидкість утворення горючої суміші, то підсумкова швидкість процесу горіння лімітується лише швидкістю хімічної реакції, тобто процесами хімічної кінетики.

Таке горіння називають кінетичним.

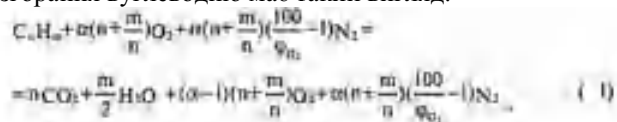
Якщо ж швидкість підведення окиснювача до палива менша за швидкість хімічної реакції окиснення, то сумарна швидкість горіння не залежить від швидкості реакції й лімітується тільки швидкістю процесу сумішоутворення, що його визначальним чинником є процеси дифузії кисню до палива.

Таке горіння називають дифузійним.

2. Закономірності утворення екологічно шкідливих речовин під час горіння палива.

Склад продуктів згорання і кількісні співвідношення в них окремих компонентів залежать від властивостей і складу палива, а також від міри завершеності реакції горіння. У цьому можна переконатися на прикладі спалювання природного газу, що, як відомо, переважно складається із суми вуглеводнів C_nH_m . Окрім вуглеводнів C_nH_m у природному газі, що надходить зі свердловини, міститься певна кількість води (H_2O) і сірководню (H_2S). Природний газ перед подачею споживачеві очищують, видаляючи з нього вологу і сірководень.

Узагальнене рівняння згорання вуглеводню має такий вигляд:



де α – коефіцієнт надлишку повітря, n, m – кількість атомів у молекулі певного вуглецю, φ_{O_2} – об'ємна частка кисню в окиснювачі, %.

Як видно з рівняння (1), в результаті згорання вуглеводнів (C_nH_m) на одну молекулу паливної компоненти утворюється n молекул вуглекислоти – CO_2 і $m/2$ молекул пари води (H_2O). Названі компоненти належать до так званих *парникових газів*, збільшення концентрації яких визначає зміну умови теплової рівноваги на поверхні Землі.

Крім того, в місцях великої концентрації валових викидів водяної пари можуть дати взнаки негативні наслідки, пов'язані з локальною зміною мікроклімату.

Окрім продуктів повного згорання CO_2 і H_2O , азоту N_2 і надмірної кількості кисню O_2 у димових газах можуть міститися продукти неповного згорання у вигляді оксиду вуглецю CO , що його в побуті називають чадним газом, водню H_2 і незгорілих вуглеводнів ($C_xH_yO_z$).

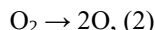
Одним з токсичних продуктів неповного згорання є формальдегід ($CHON$). Він характеризується токсичністю, що в сотні разів більша за токсичність CO . Серед безлічі реакцій, що відбуваються в зоні горіння, є і так звані проміжні реакції, внаслідок яких можуть утворюватися сажа (C) і надто токсичні ароматичні вуглеводні, основним представником яких є бенз(а)пірен ($C_{20}H_{12}$).

Сажисті частинки потрапляють у простір у вигляді аерозолів і зі збільшенням їхньої концентрації негативно діють на дихальні органи людини.

Ще більшої шкоди завдає довіклію одночасний викид сажі та бенз(а)пірену. Це зумовлено тим, що, маючи високі адсорбційні властивості, частинки сажі концентрують на своїй поверхні бенз(а)пірен, сильнодіючий канцерогенний ефект якого спричинює ракові захворювання у населення промислових регіонів.

Серед проміжних реакцій у зоні горіння відбуваються також реакції *дисоціації*.

Наприклад, дисоціація кисню

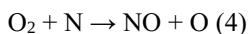


у результаті якої з однієї молекули утворюється два атоми кисню.

Атоми кисню O характеризуються підвищеною хімічною активністю і, зіткнувшись із, як правило, нейтральною молекулою азоту N_2 при високих температурах, сприяють реакції утворення так званого термічного оксиду азоту NO



Унаслідок реакції (3) утвориться активний атом азоту N , який реагує з киснем, утворюючи додатковий оксиду азоту і хімічно активний атомарний кисень



Відтак, у продуктах згорання утворюється певна кількість оксидів азоту, концентрація яких залежить від багатьох чинників і, понад усе, від рівня температур у зоні горіння. Тому такі оксиди азоту називають *термічними*. Теорію термічних оксидів вперше розробив Я.Б. Зельдович.

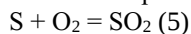
У процесі спалювання в котельних установках рідкого (зазвичай мазуту) і твердого палива, достоту як і у випадку з природним газом, утворюються компоненти продуктів повного згорання CO_2 і H_2O , що є парниковими

газами, а також оксиди сірки SO_2 і частково SO_3 . Оксиди сірки також належать до *парникових газів*, але найбільша їхня екологічна небезпека полягає у високій токсичності та здатності утворювати *кислотні дощі*.

Природа утворення оксидів сірки під час спалювання рідкого і твердого палива різна. Під час спалювання рідкого палива одним із джерел утворення SO_2 є сполуки, що містять органічну сірку, наприклад, метилмеркантан – CH_3S .

Крім того, до складу макромолекули рідкого і твердого палива входить **тіюфен** ($\text{C}_4\text{H}_4\text{S}$), який також є джерелом утворення SO_2 .

Якщо відомо елементарний склад палива, то з хімічного рівняння



бачимо, що у процесі спалювання 1 кг речовини утворюється 2Sp на 100 кг оксиду сірки (де Sp – уміст сірки в робочій масі палива, %).

До складу рідкого і твердого палива входить також азот палива N_p у формі сполук на зразок **піролу** $\text{C}_4\text{H}_5\text{N}$ і **піридину** $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$. Ці сполуки можуть бути додатковим джерелом утворення так званих паливних оксидів азоту **NO** і **NO₂**.

Під час спалювання *рідкого і твердого палива*, порівняно з природним газом, додатково не лише утворюються оксиди сірки і паливні оксиди азоту, а й виникають проблеми з утворенням *золи*. Це особливо актуально щодо спалювання високозольного твердого палива, зольність якого A_p може перевищувати 30%.

Спалювання твердого палива породжує дві екологічні проблеми:

- викидання в атмосферу частинок золи у вигляді аерозолів;
- нагромадження великої кількості твердих відходів у вигляді золошлакових відвалів поблизу джерела спалювання твердого палива.

Наявність золошлакових відвалів спричиняє: теплове забруднення атмосфери і літосфери, спотворює ландшафт і забруднює ґрунтові води.

Потрапляння відповідної кількості незгорілих речовин (у вигляді механічного палива) продовжує окисні та інші реакції всередині відвального об'єму з утворенням “букета” токсичних газів, що забруднюють атмосферу.

Оксиди азоту **NO_x** і сірчистий ангідрид **SO₂** є найпоширенішими токсичними сполуками, що викидаються в атмосферу під час спалювання органічного палива в котлах. Рівень викидів **NO_x** і **SO₂** істотно залежить від виду і складу палива. Так, утворення сірчистого ангідриду **SO₂** в димових газах залежить від сірчистості палива, а його валовий викид визначається співвідношенням

$$M_{\text{SO}_2} = 20BS(1 - \eta'_{\text{SO}_2})(1 - \eta''_{\text{SO}_2}), \quad (6)$$

де B – витрата палива, кг/с; S – уміст сірки в робочій масі палива, %; η'_{SO_2} і η''_{SO_2} – частки оксидів сірки, що зв'язуються леткою золою і вловлюються у вологому золовловлювачі.

Числові значення η'_{SO_2} варіюються в межах 0,02–0,8, а значення η''_{SO_2} дорівнює 0,8–0,9.

Валовий викид оксидів азоту визначається співвідношенням:

$$M_{\text{NO}_x} = BQ_p k_{\text{NO}_x}, \quad (7)$$

де Q_p – теплота згорання палива, МДж/кг; k_{NO_x} – питомий викид оксидів азоту **NO** та **NO₂** в перерахунку на **NO₂**, г/МДж.

Питомі викиди оксидів азоту для всіх азотовмісних палив складаються з паливних і повітряних питомих викидів оксидів азоту:

$$k_{\text{NO}_2} = k_{\text{NO}_2}^{\text{п.п.}} + k_{\text{NO}_2}^{\text{п.п.}}. \quad (8)$$

Їхній показник варіюється в діапазоні 0,12 – 0,25 г/МДж. Значення k_{NO_2} представлені в **табл.3**.

Таблиця 3
Норми граничних концентрацій оксидів азоту
в димових газах для котлів на природному газі

Котел	Джерело палива	Граничні концентрації оксидів азоту			
		р.к.м. NO_2	Уміст оксидів азоту		Г.Т.В. NO_2 оксид NO_2/NO (г/м ³ газу)
			O_2 , % р.к.м.	α	
Газовий	Газ	300	3	1,7	300
Німецький	Газ	300	3	1,7	300
Французький	Газ	120-180	3	1,7	120-180
США	Газ	210	6	1,4	210
СНД	Газ	210	6	1,4	210
СНД	Газ	210	6	1,4	210
СНД	Газ	210	6	1,4	210

Виходячи з рівня питомого викиду, можна визначити концентрацію оксидів азоту (г/м³) за допомогою співвідношення

$$NO_2 = k_{NO_2} Q_p / V^T, \quad (9)$$

де V^T – об'єм димових газів для коефіцієнта надлишку повітря α , м³/кг.

Неабияка міра екологічного ризику під час спалювання органічного палива зумовлює потребу вживати заходів щодо охорони довкілля від шкідливих викидів. Ці заходи мають різноплановий характер і різний ступінь ефективності. Назвимо деякі з них.

Отже, знизити NO_x можна:

- зменшенням коефіцієнта надлишку повітря в пальнику і в первинному повітрі;
- збільшенням рециркуляції газів, зниженням температурного рівня факела;
- зменшенням одиничної потужності пальників, зволіканням з процесом перемішування вторинного повітря і пилоповітряної суміші;
- інтенсивним підведенням газів до кореня факела і їхнім перемішуванням з паливоповітряною сумішшю на етапі запалювання речовини.

За наявності відповідних можливостей ефективним засобом є використання екологічно чистого палива (наприклад, краще природний газ, аніж мазут і тверде паливо).

Такий метод належить до групи *активних* методів охорони довкілля. До *пасивних* методів слід віднести встановлення обмежень на граничноприпустимі викиди (ГПВ) і визначення максимальної висоти димаря, що забезпечує дотримання норм приземних граничноприпустимих концентрацій (ГПК) відповідних викидів у населеній місцевості. Зважимо на те, що встановлення і ГПВ, і ГПК не передбачає єдиного універсального підходу для основних енергетичних країн і регіонів нашої планети (табл.3). Зупинимося на цьому питанні докладніше.

Аби вжити слушних заходів щодо зниження забрудненості повітряного середовища, конче треба знати, що таке чисте повітря, які вимоги воно має задовольняти, щоб негативно не впливати на здоров'я людини. Такими критеріями є гранично припустимі концентрації (ГПК) і шкідливих речовин у повітрі (табл.3,4).

Міра екологічної небезпеки тієї чи тієї шкідливої речовини для живих істот визначається відношенням дійсної концентрації цієї речовини до [ГПК]_i у повітрі на рівні дихання людини.

Це відношення $k_i = C_i / [ГПК]_i$ називають токсичною кратністю цієї *i*-ї речовини.

Воно має бути *менше одиниці*. За наявності в повітрі одночасно кількох шкідливих речовин у концентраціях близьких до біологічного впливу на живий організм, отруйний вплив посилюється, а тому наявність таких речовин навіть у концентраціях, близьких до [ГПК]_i, є неприпустимою.

У зв'язку з цим слід підсумувати токсичні кратності таких речовин.

Умову екологічної безпеки повітряного середовища визначають зі співвідношення:

$$\sum_{i=1}^n k_i = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{[ГПК]_i} \leq 1, \quad (10)$$

де n – кількість токсичних інгредієнтів.

Ефект спільної посилювальної дії тут виявляють: сажа і канцерогенні вуглеводні; оксиди азоту й канцерогенні вуглеводні; діоксид азоту і формальдегід; оксиди азоту й сірки.

Отже вираз (10) можна подати в загальному вигляді:

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_i k_{i-1}}{[ГПК]_i} \leq 1, \quad (11)$$

де k_{i-1} – коефіцієнт, що враховує збільшення токсичності *i*-го екологічно шкідливого інгредієнта внаслідок наявності в суміші (n -ї) шкідливої речовини одно- або різноспрямованої дії.

Таблиця . 4

Граничноприпустимі концентрації
і показники відносної небезпечності речовин

Речовина	Максимально разова кон- центрація, мг/м ³	Середньодо- бова концен- трація, мг/м ³	Відносна шкідливість
Оксид вуглецю	5	3	1
Вуглеводні (канцерогенні)	3	1,5	2
Неіонізуючий шал	0,5	0,15	30
Оксид азоту	0,4	0,05	50
Діоксид сірки	0,5	0,05	60
Сажа	0,15	0,05	60
Діоксид азоту	0,085	0,04	75
Формальдегід	0,035	0,005	1000
Свинцеві	-	0,0005	10000
Бенз(а)пирен	-	0,00001	300000

Лекція 7. Екологічні проблеми використання органічного палива. Ч.2.

План.

3. Характеристика шкідливих речовин у продуктах згорання палива та їхній вплив на довкілля.
4. Нормування вмісту шкідливих речовин у продуктах згорання органічного палива.

3. Характеристика шкідливих речовин у продуктах згорання палива та їхній вплив на довкілля.

Під забрудненням атмосфери розуміють зміну властивостей і погіршення функцій середовища в результаті викидів забруднювальних речовин (твердих, рідких і газоподібних), а також теплових і радіоактивних викидів та електромагнітного випромінювання, шуму, вібрацій тощо з різних джерел.

Забруднювальні речовини – це речовини, що негативно впливають на довкілля (прямо або опосередковано в результаті фізико-хімічних перетворень в атмосфері, або ж у поєднанні з іншими речовинами і забруднювачами).

Одночасна дія кількох забруднювальних речовин, особливо однонаправленої дії, істотно підсилює їх негативний вплив на людину.

Наприклад, імовірність онкозахворювань стрімко зростає, якщо в організм людини потрапляють канцерогенні речовини разом із сажистими частинками. Останні дані фахівців з комунальної гігієни свідчать, що токсична дія хімічних речовин, які потрапляють в атмосферу, у поєднанні з шумом і вібрацією зростає в 2.5–3 рази.

Крім того, унаслідок хімічної взаємодії двох забруднювальних речовин можуть синтезуватися нові шкідливі інгредієнти, значно небезпечніші для людини. У процесі взаємодії канцерогенних вуглеводнів і оксидів азоту синтезуються сполуки, що діють на генний фонд людини.

Паливно-енергетичний комплекс, енергетика, транспорт і промисловість (здебільшого через процеси, пов'язані з горінням) є основними джерелами антропогенного забруднення довкілля.

За масштабом дії забруднення може бути локальним, регіональним і глобальним, а ці аспекти щільно пов'язані між собою.

Головними забруднювачами насамперед є низькотемпературне тепло, вуглекислий газ, оксиди азоту, сірка, пил, шлак, оксиди сірки, зола та ін.

Вуглекислий газ (CO_2) утворюється в результаті спалювання викопних видів палива, таких як вугілля, нафта, природний газ, органічних видів палива, як-то деревини, соломи і біомаси. Це основна компонента, яка спричинює “парниковий ефект”. Унаслідок неповного згорання виділяється також монооксид вуглецю CO — токсичний газ, що завдає довкіллю багато шкоди.

Щорічно в процесі спалювання горючих речовин витрачається близько 10 млрд т кисню, що перетворюється на еквівалентну кількість CO_2 . За останні 20 років XX ст. концентрація CO_2 в атмосфері зросла на 15%. Молекули CO_2 добре пропускають короткохвильове ультрафіолетове сонячне випромінювання, але поглинають випромінювання в довгохвильовому інфрачервоному спектрі частот, який є природним регулятором температури на поверхні Землі.

Зниження концентрації CO_2 спричиняє зниження середньорічної температури планети: якби в атмосфері зовсім не було CO_2 , уся поверхня Землі взялася б кригою, а середньорічна температура не перевищувала б -10°C . Протягом мільйонів років існувала природна рівновага вмісту CO_2 в атмосфері, яка сьогодні порушена досить істотно, зокнайперше – техногенною діяльністю людства. Окиснювально-відновні реакції горіння органічного палива, як мінімум, до середини наступного сторіччя залишаться основою енергетики світу, що швидко розвивається. За цей час уміст CO_2 в атмосфері може зрости ще в декілька разів. Як наслідок, у найближчому майбутньому слід очікувати *потеплення клімату Землі*.

Підраховано, що вже до 2001 р. концентрація CO_2 в атмосфері збільшилася ще на 17%, а це призвело до підвищення середньорічної температури на $0,65^\circ\text{C}$ з усіма можливими несприятливими наслідками.

Проте існує й інший погляд. З початку й до 40-х років XX ст. (згідно з даними гідрометеорологічних спостережень) середньорічна температура Землі підвищилася приблизно на $0,7^\circ\text{C}$, а площа арктичних льодів зменшилася на 10%. Пояснювали це збільшенням концентрації CO_2 в атмосфері, зростанням виробництва та споживання енергії. Втім, за останні 30 років XX ст., попри зростання CO_2 вдвічі і збільшення виробництва, і споживання енергії, температура Землі не підвищилася, а знизилася. Гадають, що в міркуваннях про “парниковий ефект” не взято до уваги вплив аерозолів – дрібних твердих частинок і крапель рідини, що перебуває у завислому стані в приземному шарі, тропосфері і стратосфері.

Аерозолі і тверді частинки можуть потрапити в атмосферу вже сформованими (пил, зола, сажа). Значна ж їх частина утворюється безпосередньо в атмосфері в результаті хімічних реакцій між газоподібними, рідкими і твердими речовинами, включно з водяною парою. Аерозолі утворюються внаслідок природних процесів, хоча неабияка їх частина має антропогенне походження. З 1-3 млрд т/рік часток різного хімічного складу розміром менше 1 мкм, що утворюються над поверхнею Землі, приблизно 20% – результат практичної діяльності людини (пил, насичені речовини, токсичні метали: свинець, ртуть, кадмій та ін.; пестициди).

Вуглеводні включають найрізноманітніші органічні сполуки, хімічне перетворення яких у природних умовах розширює число вуглеводневих частинок, небезпечних для біосфери, навзагал і людини зосібна. Аерозолі техногенного походження, подібно до CO_2 , здатні впливати на клімат Землі, але в протилежному напрямку. Тверді частинки розсіюють сонячне світло, а відтак, значна його частина не досягає поверхні Землі. Як наслідок, тепловий баланс змінюється у бік зниження температури.

Отже, шкідливі речовини, породжені техногенними процесами, можуть як нагріти (вуглекислий газ), так і охолодити (аерозоль) Землю. Певну роль у матеріальних балансах процесів горіння твердого й рідкого палива відіграють тверді продукти згорання, зокрема зола.

Зольність палива називають баласт із розрахунку на суху масу палива. Вона залежить від природи палива і якості його переробки.

Розрізняють *первинну* золу – залишки мінеральних домішок, що входили до складу палива під час його обробки, *вторинну* золу — сторонні мінеральні речовини, рівномірно розподілені в горючій масі палива, і породу — мінеральні речовини, що потрапили в паливо у процесі його видобутку. Вміст первинної золи в сухій масі палива звичайно не перевищує 1–1,5%, породи – 2–2,5%.

Головними характеристиками золи з погляду її впливу на довкілля є дисперсність, змішуваність, сипучість, щільність, абразивність і електропровідність.

Різноманітні викиди можна класифікувати залежно від розмірів частинок: пил – тверді частинки розміром 1...150 мкм; туман – тверді або рідкі частинки 0,2...1 мкм; дим – частинки 0,001...0,1 мкм; аерозолі – переважно скупчення газоподібних молекул розмірами від сотих часток до десятків мікрометрів.

Діоксид сірки, або сірчистий ангідрид (SO_2) виділяється в результаті спалювання викопних видів палива.

Сірчистий ангідрид SO_2 – один з найтоксичніших газоподібних викидів енергоустановок, становить приблизно 90% викидів сірчистих сполук з димовими газами котлоагрегатів (інші – SO_3).

Найбільшу кількість сірки містять вугілля і важкі види нафтопродуктів; легкі нафтопродукти містять меншу кількість сірки, і, нарешті, бензин та природний газ практично не мають її у своєму складі. Діоксид сірки діє на окиснювання, руйнує матеріали, шкідливо впливає на здоров'я людини. Тривалість його перебування в атмосфері відносно невелика: у порівняно чистому повітрі – 15–20 діб, за наявності великих кількостей аміаку й інших речовин – кілька годин. У присутності кисню SO_2 переходить у SO_3 і, внаслідок взаємодії з водою H_2O , утворює *сірчану кислоту*. Кінцеві продукти зазначених реакцій розподіляються таким способом: як осад на поверхню літосфери – 43%, на поверхню гідросфери – 13%; поглинається рослинами – 12%, поглинає поверхня гідросфери – 13%. Нагромадження сірковмісних сполук здебільшого відбувається у Світовому океані. Вплив цих продуктів на людей, тварин, рослини та різні інші речовини є різноманітним, залежить від їх концентрації та інших чинників довкілля.

Оксиди азоту утворюються під час спалювання будь-якого з викопних видів палив, що містять азотні сполуки. Азот утворює з киснем ряд сполук (N_2O , NO , N_2O_3 , NO_2 , N_2O_4 й N_2O_5), властивості яких, активність і тривалість існування є різними і слабо залежать від виду та складу палива. Сумарну кількість оксидів азоту приводять до NO_2 . Їх концентрація визначається режимом і організацією процесів горіння палива.

Оксиди азоту шкодять здоров'ю людини, зумовлюють утворення “парникового ефекту” і руйнацію озонового шару.

Крім того, оксиди азоту спричиняють “вимирання лісів”, викликають “кислотні дощі”.

Сполуки cFe (Chlorinated Flour Carbons або фреони) належать до окремих невеликих газоподібних домішок в атмосфері. Вони з'являються переважно внаслідок антропогенної дії (виробництва окремих теплоізоляційних матеріалів, пінопласту), виділяються з холодагентів холодильників і морозилок. Фреони (головні руйнівники озонового шару атмосфери) підвищують рівень ультрафіолетового опромінювання Землі з космосу. Їх наявність в атмосфері сприяє утворенню “парникового ефекту”.

Озон (O_3) утворюється на великих висотах (приблизно 30 км) від взаємодії кисню O_2 та ультрафіолетового випромінювання Сонця, а також на низьких висотах – у результаті фотохімічних реакцій (зокрема, взаємодії оксидів азоту й гідрокарбонатів). Озон спричинює “парниковий ефект”, негативно впливає на здоров'я людини, культивування рослин та “вимирання лісів”.

Метан (CH_4) утворюється внаслідок розкладання органічних речовин, наприклад, у сільському господарстві, у процесі вуглевидобутку, нафто- і газодобування, газорозподілу і спалювання біомаси. Метан також є причиною “парникового ефекту”.

Веселящий газ (N_2O) утворюється з натуральних матеріалів у процесі виробництва харчових продуктів та енергії. Деякою мірою зумовлює “парниковий ефект”.

Аміак (NH_3) утворюється тільки в сільськогосподарському виробництві. Інтенсифікує та нейтралізує окиснювання. Впливає на порушення балансу примикаючих морів, озер, річок через внесення надмірної кількості добрив (евтрофікації).

4. Нормування вмісту шкідливих речовин у продуктах згорання органічного палива.

У продуктах згорання органічного палива передусім, у димових газах ТЕС, опалювально-виробничих котелень та інших промислових і транспортних об'єктів міститься велика кількість шкідливих для довкілля токсичних речовин. Під час роботи теплоенергетичних установок питомі (табл.5) і валові (табл.6) об'єми цих викидів залежать від типу палива і потужності об'єкта (останнє стосується тільки валових викидів).

Таблица 5.

Таблица 6.

Балді шикізат (сыңау)

$\Gamma_{\text{примитива}} = \frac{\Delta p_1 - 1}{\Delta p_1} \cdot \frac{\Delta p_2 - 1}{\Delta p_2}$, где $\Delta p_1 = \frac{p_1 - p_0}{p_0}$; $\Delta p_2 = \frac{p_2 - p_0}{p_0}$.

Table 1.4

Univariata cu caracteristici

Таблица 8.

understand

1 – надзвичайно небезпечні (бенз(а)пірен – $C_{20}H_{12}$);
2 – високонебезпечні (формальдегід – $CHOH$, діоксид азоту NO_2);

3 – помірно небезпечні (сажа С, діоксид сірки SO₂, оксид азоту NO);

4 – малонебезпечні (аміак – NH₃, оксид вуглецю CO).

Концентрацію шкідливих речовин в атмосфері нормують відповідним чином. Для цього вводяться ГПК, характерні для кожної речовини, і визначення, що змінюються залежно від умов концентрації.

Розрізняють такі рівні ГПК:

- граничноприпустима максимальна разова концентрація (ГПКм.р.) шкідливих речовин у повітрі місцевості, що не викликає протягом 30 хв рефлекторних (спонтанних) реакцій в організмі людини;
- граничноприпустима середньодобова концентрація (ГПКс.д.) речовини в повітрі місцевості, що не завдає людині жодної шкоди протягом невизначеного тривалого періоду (роки).

Крім того, для промислових підприємств установлюють ГПК робочої зони (ГПК_{р.з.}).

Усі граничноприпустимі концентрації встановлюються на рівні дихання людини.

Для характеристики токсичності використовують показник токсичності

$$A_i = \alpha_i \cdot \delta_i \cdot a_i, \quad (12)$$

де α_i – імовірність нагромадження; δ_i – показник впливу на різні об'єкти (окрім людини); a_i – показник відносної небезпеки (порівняно із CO) визначають як

$$a_i = \left\{ \frac{ГПК_{с.д.} \cdot ГПК_{р.з.}}{ГПК_{с.д.} \cdot ГПК_{р.з.}} \right\}^{1/2}. \quad (13)$$

Характеристики токсичних речовин, які можуть входити до складу продуктів згорання теплоенергетичних установок, передовсім ТЕС, наведені в табл.6, 8.

Вплив кожної з токсичних речовин визначається рівнем її концентрації в повітрі.

Так, якщо концентрація NO₂ у повітрі:

- на рівні 150 частинок на мільйон (ppm) або 300 мг/м³, то можливі серйозні захворювання дихальних шляхів людини аж до її загибелі;
- на рівні 50-100 ppm – небезпечні захворювання на бронхіт або запалення легенів;
- на рівні 5 ppm (10 мг/м³) – шкідливо для здоров'я людини.

Як уже відзначено, крім нормування ГПК на рівні дихання людини існує нормування на рівні припустимих викидів (ГПВ). Наприклад, для димових газів ТЕС та інших енергетичних і промислових об'єктів ГПВ шкідливих речовин установлюють відповідність стану повітряного середовища населених місцевостей гігієнічним нормативам у найнесприятливіших метеорологічних умовах. Для котлоагрегатів норми ГПК оксидів азоту NO_x у країнах СНД установлюють, виходячи з концентрації кисню в димових газах на рівні 6%; і вони залежать від категорії котлоагрегатів і типу палива (табл.9). Для газотурбінних установок (ГТУ) сучасні норми ГПК NO_x у країнах СНД становлять 150 мг/м³ у димових газах (уміст у них кисню на рівні 25%).

Таблиця 9.

Норми ГПВ (NO _x , мг/м ³) для котлоагрегатів				
Вид палива	Категорія		Види палива	
	1-ї категорії		2-ї категорії	
	≤420	>420	≤420	>420
Природний газ	325	390	360	350
Мазут	340	440	350	350
Вугільні палива	350	350	360	300
Кам'яне паливо	400	790	540	500
Торф	790	830	650	700

Таким чином, норми граничноприпустимих концентрацій є важливою характеристикою контролю над рівнем забруднень. Вони відрізняються для різних країн і регіонів як установленим рівнем ГПК, так і періодом спостереження за відповідними концентраціями (табл.10).

Таблиця 10.

Граничноприпустимі концентрації токсичних газів в атмосфері						
Компонент	Країна	Розмірність	Концентрація залежно від періоду спостереження			
			середньодобова	середньодобова	середньодобова	середньодобова
Діоксид сірки SO ₂	Японія	ppm*	—	0,05	—	—
	США	ppm	—	0,34	—	0,03
	Нідерланди	ppm	—	—	—	0,05
	Канада	ppm	—	0,08	—	—
	Швейцарія	ppm	—	0,25	—	—
	Італія	ppm	—	0,31	—	—
Оксид азоту NO _x	Корей	ppm	0,15	—	—	—
	СРСР	мг/м ³	—	—	0,05	—
	Японія	ppm	—	0,04	—	0,02
	—	—	—	0,06	—	0,03
Аммоніак NH ₃	США	ppm	—	—	—	0,03
	Нідерланди	ppm	—	—	—	0,03
	Канада	ppm	—	0,1	—	—
	Швейцарія	ppm	—	0,1	—	—
Сад	США	мг/м ³	—	—	0,01	—

*ppm – частинки на мільйон (частини на об'ємні частини).

Лекція 8. Традиційна енергетика.

План.

1. Основні типи електричних станцій.
2. Енергогенерувальні потужності.
3. Джерела енергії малої енергетики.

1. Основні типи електричних станцій.

Залежно від виду первинної енергії розрізняють:

- ✓ теплові електростанції (ТЕС),
- ✓ гідроелектричні станції (ГЕС),
- ✓ атомні електростанції (АЕС) та ін.

До **ТЕС** належать конденсаційні електростанції (**КЕС**) і теплофікаційні, або теплоелектроцентралі (**ТЕЦ**).

Електростанції, що обслуговують великі й житлові райони, називають державними районними електростанціями (**ДРЕС**). До їхнього складу, як правило, входять конденсаційні електростанції, що використовують органічне паливо і не виробляють теплової енергії разом з електричною. ТЕЦ також працюють на органічному паливі, але, на відміну від КЕС, виробляють як електричну, так і теплову енергію у вигляді гарячої води й пари для теплофікаційних цілей.

Атомні електростанції переважно конденсаційного типу використовують енергію ядерного палива.

У ТЕЦ, КЕС і ДРЕС потенційна хімічна енергія органічного палива (вугілля, нафти або газу) перетворюється на теплову енергію водяної пари, яка, своєю чергою, переходить в електричну. Саме так виробляють 80% одержуваної у світі енергії, основна частина якої перетворюється в електричну на величезних теплових електростанціях.

Сучасна *атомна* і, можливо, майбутня термоядерна електростанції також є тепловими станціями. Розбіжність між ними полягає у тому, що в другій топку парового котла (генератора теплової енергії у вигляді водяної пари критичних і надкритичних параметрів) буде замінено на ядерний або термоядерний реактор.

Гідравлічні електростанції, на відміну від ТЕС й АЕС, використовують відновлювану первинну енергію, а саме енергію падаючого потоку води, яка перетворюється на електричну.

ТЕС, ГЕС та АЕС – основні енергогенерувальні джерела, розвиток і стан яких визначають рівень і можливості сучасної світової енергетики. Електростанції зауважених типів називають також турбінними.

Однією з *головних характеристик електростанцій* є встановлена потужність, що дорівнює сумі номінальних потужностей електрогенераторів та теплофікаційного устаткування.

Номінальна потужність – це найбільша потужність, за якої устаткування може працювати тривалий час відповідно до технічних умов. З усіх видів виробництва енергії найбільшого розвитку у світі навзагал і в Україні зокрема набула теплоенергетика як енергетика парових турбін на органічному паливі.

Питомі капіталовкладення на будівництво ТЕС є істотно нижчими, ніж для ГЕС та АЕС. Значно коротші й терміни будівництва ТЕС.

Як до собівартості електроенергії, що виробляється, то найнижчою вона є для гідроелектричних станцій.

Вартість виробництва електроенергії на ТЕС й АЕС нижча для АЕС. Проте ці показники не надто важать у виборі того або того типу електростанції.

Чимало залежить від місця розташування станції:

- ✓ ГЕС будують на річках;
- ✓ ТЕС – звичайно неподалік від місця видобутку палива;
- ✓ ТЕЦ бажано мати поруч із споживачами теплової енергії;
- ✓ АЕС не можна будувати поблизу населених пунктів.

Таким чином, вибір типу станції неабияк залежить від її призначення і передбачуваного розміщення.

Ураховуючи специфіку розміщення ТЕС, ГЕС та АЕС, визначають місцезонаування електростанції й умови її майбутньої експлуатації:

- ✓ положення станції відносно центрів споживання, що особливо важить для ТЕЦ;
- ✓ основний вид енергоресурсу, на якому працюватиме станція, і умови його надходження на станцію;
- ✓ умови водопостачання станції, які набувають вагомego значення для КЕС і АЕС.

Важливим чинником є близькість станції до залізничних та інших транспортних магістралей, до населених пунктів.

Останніми десятиліттями на собівартість виробництва енергії, на вибір типу електростанції й місця її розташування вирішально впливають *екологічні проблеми*, пов'язані з одержанням і використанням енергоресурсів.

Глобальні проблеми довкілля особливо загострилися наприкінці 80-х років ХХ ст., коли було встановлено факти порушення озонового шару, збільшення концентрації вуглекислого й інших газів в атмосфері тощо. Всесвітня конференція з питань змін атмосфери (Торонто, 1988 р.) запропонувала країнам установити рівні викидів до 2005 р. Згідно з "Міжнародним оглядом ринку енергосистем", підготовленим американськими експертами, до 2015 р. об'єми викидів CO₂ досягнуть 9 700 млн т, що на 61% більш ніж у 1990 р. Дві третини цих викидів припадають на країни, енергетика яких залежить здебільшого від вугілля.

Про значне техногенне навантаження на територію України (у складі СРСР) свідчать дані про рівні викидів у 1989 р.: пил – 2 млн т, SO₂ – 3,1 млн т, CO₂ – 3,7 млн т, CO – 0,8 млн т. Після аварії на Чорнобильській АЕС радіонуклідами забруднено 4,6 млн га орних земель, із землевикористання вилучено 119 тис. га. Тільки радіоактивне забруднення цезієм-137 становить: 34 000 км² – 1...5 кюрі на квадратний кілометр; 1 960 км² – 5...15; 820 км² – 15...40; 640 км² – понад 40 кюрі на 1 км².

Відтак, у ряді регіонів України масштаби забруднення довкілля досягли критичного рівня.

Головні забруднювачі атмосфери – енергетика, металургія і транспорт. У всьому світі зі зростанням сучасного енерговиробництва й енергоспоживання забруднення атмосфери перетворилося на важливу техніко-економічну й соціальну проблему.

2. Енергогенерувальні потужності.

Прагнення підвищувати рівень життя й інтегруватися до європейської економіки визначає потребу в нарощуванні виробництва електроенергії в Україні й доведення річного споживання її на одну людину до прогнозованих середньоєвропейських показників.

На підставі аналізу наявних літературних даних про зростання споживання електроенергії в Європі одержано прогнозовані дані щодо споживання електроенергії в Україні на одну людину на рік (кВт·г на рік):

2010 р. – 4 900 (за програмою), 2020 р. – 7 426, 2030 р. – 8 203, 2040 р. – 8 623, 2050 р. – 8 941.

Звідси випливає що:

- у період з 2010 по 2020 р. зростання споживання електроенергії має становити 4,23 % на рік. За прогнозами міжнародних енергетичних організацій, такий темп зростання характерний для країн, які розвиваються, і саме він передбачений Національною програмою розвитку енергетики України до 2010 року (приблизно відповідає темпу, досягнутому в 1980-1985 рр.);

- у період 2020-2030 рр. темп зростання становитиме майже 1 %, а надалі – 0,5 %. Такий темп зростання буде характерний для країн Європи;

- середньоєвропейський рівень може бути досягнутий Україною тільки в 2016 р.

Як прогнозують науковці, чисельність населення України коливатиметься незначною мірою (від 48 до 52 млн осіб), і це враховано у прогнозі щодо вироблення електроенергії (млрд·кВт·г):

✓ 2020 р. – 356 — 386,

✓ 2030 р. – 394—427,

✓ 2040 р. – 414—448,

✓ 2050 р. – 424—460.

Менші значення відповідають чисельності населення — 48 млн осіб, великі — 52 млн.

Аби виробляти вищезгадану кількість електроенергії й забезпечувати нормальний резерв (15 %), установлена потужність українських електростанцій має становити (млн кВт):

✓ 2020 р. – 58,5 ÷ 63,4;

✓ 2030 р. – 65,2 ÷ 70,2;

✓ 2040 р. – 68 ÷ 73,6;

✓ 2050 р. – 69,7 ÷ 75,8.

Структура потужностей залежить від значної кількості чинників, найважливішими з-поміж яких є:

- наявність паливних та інших енергоресурсів, їх приступність і обсяги; • вартість палива, використовуюваного для генерування електричної й теплової енергії;

- вартість технологій, уживаних для генерування енергії; • конкуренція між виробниками енергії;

- екологічні вимоги держави і громадськості; • реалізація політики енерго- й ресурсозбереження;

- вимоги щодо забезпечення енергетичної безпеки економіки України.

Потенціал електроенергетики України на початок XXI ст. становить 44 потужних ТЕС, 7 ГЕС і 5 АЕС (табл.1).

Таблиця 1.
Техніко-економічні показники роботи ТЕС України

Тип електростанції	Установлена потужність		Виробництво електричної енергії	
	млн кВт	частка, %	млн кВт·г	частка, %
ТЕС	36,4	67,5	33,98	39,1
ГЕС	4,7	8,7	9,73	11,2
АЕС	12,8	23,8	40,76	46,9
Інші джерела енергії			2,43	2,8
Усього	53,9	100	86,9	100

Теплові електростанції.

Теплові електростанції України є основою електроенергетики держави. Споруджені в 60-80-х роках XX ст.

ТЕС мають 99 конденсаційних енергоблоків потужністю від 175 до 800 МВт з параметрами гострої пари 14 МПа, 540/540°С і 24 МПа, 540/540°С. При цьому понад 53 % енергоблоків експлуатуються більше як 200 тис. годин, а такий показник перевищує граничний, установлений у світовій практиці рівень фізичного й морального спрацювання.

Ще в гіршому стані залишається головне устаткування на теплоелектроцентралях. На деяких з них експлуатують обладнання, установлене ще в 50-ті роки XX ст. Практично, велика частина основного устаткування ТЕЦ (за винятком київських ТЕЦ-5 і ТЕЦ-6, харківської ТЕЦ-5 та ще деяких) фізично спрацьоване й у ряді випадків морально застаріло. Швидке фізичне спрацювання котельного устаткування зумовлено якістю вугілля, використаного енергогенерувальними підприємствами Дніпроенерго, Донбасенерго, Західенерго та Центренерго. Якість вугілля стає дедалі гіршою.

Значне фізичне спрацювання основного устаткування ТЕС характерне не тільки для України. Наприклад, у США перевищено 30-річний термін експлуатації на ТЕС загальною потужністю 89 млн кВт, що становить 16 % від установленої потужності ТЕС або 11,4 % – від загальної встановленої потужності всіх електростанцій США. У зв'язку з цим у США відбувається реконструкція частини ТЕС, а також до 2003 р. передбачено ввести 63,8 млн кВт нових потужностей. В Україні ж після 1990 р. практично не впроваджуються нові потужності, а реконструкція проводиться надзвичайно повільно і в незначних масштабах.

Аналіз показав, що для забезпечення безперебійного електропостачання країни на рівні 2010 р. конче потрібно провести реконструкцію основного устаткування ТЕС загальною потужністю не менше 10 млн кВт. Реконструкція має сприяти подовженню терміну служби на 25–30 років і підвищити економічність на 3–4 %. До 2015 р., в якому прогнозують дефіцит потужностей, необхідно повністю завершити реконструкцію енергоблоків потужністю 200–300 МВт і ввести нові потужності до 2 млн кВт.

У період 2015–2050 рр. дефіцит потужності безупинно збільшуватиметься як через необхідність зняти з експлуатації енергоблоки ТЕС й АЕС, так і внаслідок зростання електроспоживання.

Ось якими є прогнозні дані про можливість дефіциту електричних потужностей (млн кВт):

2020 р. – 2,4–5,3,

2030 р. – 14–15.

2040 р. – 35–40,

2050 р. – 20.

Звідси випливає, що від 2010 р. необхідно щорічно вводити потужності 0,3–0,7 млн кВт, з подальшим зростанням у період 2020–2030 рр. до 1,4–1,5 млн кВт, у період 2030–2040 рр. – до 3,5–4,0 млн кВт і зниженням у 2040–2050 рр. до 2 млн кВт. Чи реальний такий темп введення потужностей? Як уже сказано, в США за період 1995–2003 рр. передбачено введення 63,8 млн кВт, тобто 7 млн кВт на рік. В Україні протягом 1970–1971 рр. на Ладжинській і Трипільській ТЕС були введені в експлуатацію 10 енергоблоків потужністю по 300 МВт. За умов нормального фінансування і сучасної організації поставок обладнання та виконання будівельно-монтажних робіт введення 2,5–6 млн кВт є цілком здійсненним, а для України – конче потрібним.

Чільна роль належить тепловим електростанціям, обладнаним блоками 150, 200, 300 і 800 тис. кВт. Усі вони розташовані в основних промислових регіонах України. Робота ТЕС забезпечується за рахунок використання двох видів природних ресурсів: палива і води. На першому місці – паливо (**табл.2**).

Конденсаційна електростанція потужністю 2,5 млн кВт щороку спалює близько 6 млн т антрацитного штиба або майже 12 млн т бурого вугілля. Для перевезення 6 млн т вугілля на рік треба кожної доби задіювати 300 вагонів. Транспортні витрати зростають пропорційно відстані від місця видобутку до ТЕС. Якщо потужність електростанції – близько 4 млн кВт, транспортування високоякісного палива є невігдним уже за відстані близько 400 км, а низькокалорійних – 100 км. Більш раціонально – будувати станцію поблизу місця видобутку палива, а електроенергію подавати лініями електропередач. Окрім того, на охолодження відпрацьованого тепла й конденсату будь-якої електростанції витрачається майже 90 м³/с води. Ставок-охолоджувач, який забезпечує подачу та охолодження такої кількості води, має містити площу дзеркала не менше 2500 га. Використання градирень для охолодження води знижує термічний ККД станції, а тому великі ТЕС будують у місцях, близьких до родовищ палива, де можна створити ставок-охолоджувач.

Таблиця 2.

Структура природного палива у виробництві електроенергії України

Природне паливо	1992	1993	1994	1995
Вугілля, млн т	42,9	42,9	36,6	39,9
Мазут топковий, млн т	7,4	4,8	3,0	2,4
Газ природний, млрд м ³	26,5	20,2	29,5	14,4
Усього, млрд т у.п.	65,7	55,8	47,9	45,8

Атомні електростанції.

Розгляньмо стан і можливості атомних електричних станцій та атомних теплоелектроцентралей як однієї з альтернативних ланок усієї енергетичної галузі України, що виробляє електричну й теплову енергію. Нині ця ділянка енергетики працює досить стабільно. Україна має власні запаси ядерного палива, хоча проблеми його підготовки також потребують часу і коштів.

Атомні електростанції характеризуються більшими енергоагрегатами і, відповідно, вагомішими потужностями.

В Україні є 5 АЕС:

✓ Запорізька – потужністю 6 000 МВт,

- ✓ Південно-Українська – 3 000 МВт,
- ✓ Рівненська – 1 818 МВт,
- ✓ Чорнобильська – 1 000 МВт,
- ✓ Хмельницька – 1 000 МВт.

Вони оснащені здебільшого паротурбінними блоками 1 000 МВт з реакторами ВВЕР. Їх сумарна потужність становить 24% від загальної потужності електростанцій України. Проте саме вони виробляють майже 50% усієї електроенергії країни (табл.1.).

Сьогодні на українських АЕС експлуатують **13** енергоблоків загальною потужністю 11,818 млн кВт.

На всіх АЕС встановлено реактори типу **ВВЕР** (Запорізька АЕС має 6 реакторів ВВЕР-1000; Південно-українська АЕС – 3 ВВЕР-1000; Рівненська АЕС – 2 ВВЕР-440 і 1 ВВЕР-1000; Хмельницька АЕС – 1 ВВЕР - 1000).

У 2003–2004 рр. на Рівненській і Хмельницькій АЕС планувалося ввести по одному енергоблоку потужністю 1 тис. МВт з реакторами ВВЕР-1000.

Згідно з Національною програмою розвитку енергетики України, до 2010 р. на Хмельницькій АЕС мають бути введені в експлуатацію енергоблоки № 3 і № 4 потужністю по 1 тис. МВт з реакторами ВВЕР-1000.

Отже, в 2010 р. встановлена потужність українських АЕС мусить дорівнювати 95-100 млрд кВт·г, тобто 38–40% від наміченого загального обсягу виробництва електроенергії в Україні. За умови вироблення названої кількості електроенергії економія органічного палива в умовному численні становитиме 32–34 млн т на рік.

Нині ресурс основного устаткування АЕС дорівнює *30 рокам*. З урахуванням часу введення енергоблоків його буде вичерпано в 2020 р. Таке зменшення потужностей АЕС в умовах України може спричинити різке зниження виробництва електроенергії внаслідок дефіциту органічного палива.

У зв'язку з цим одним з найнагальніших завдань слід вважати проведення робіт, спрямованих на *подовження терміну служби* основного устаткування АЕС до 50 років, тобто він має бути на 20 років тривалішим, ніж встановлений нині.

Розвиток власної ядерно-паливної промисловості гарантуватиме стабільне, незалежне від імпорту забезпечення тепер наявних АЕС ядерним паливом, а також створить умови для будівництва в Україні нових АЕС і доведення їхньої потужності до 20–25 млн кВт.

Слід зазначити, що в Росії, яка має у своєму розпорядженні набагато більші запаси органічного палива, передбачено будівництво нових АЕС на раніше підготовлених майданчиках. Очевидно, що Україні необхідно виконати комплекс дослідницьких і проектних робіт з визначення оптимального варіанта ядерних установок для нових АЕС і обрати майданчики для їхнього розміщення.

Зважаючи на виняткове значення *надійної експлуатації АЕС*, їхній істотний внесок у гарантування економічної безпеки України при дефіциті органічного палива, необхідно також ужити *комплекс заходів, які створюють можливість*:

- забезпечити безперебійну видачу потужностей АЕС за рахунок спорудження необхідної системи ЛЕП. Це дасть змогу знизити втрати електроенергії;
- невинно й ефективно підвищувати безпеку діючих АЕС;
- забезпечити ефективний науково-технічний супровід експлуатації АЕС;
- зменшити залежність від імпорту устаткування за рахунок використання можливостей машинобудування країни;
- завчасно розробляти і здійснювати програми соціального захисту персоналу у зв'язку зі зняттям з експлуатації об'єктів ядерної енергетики;
- створити ефективну систему збереження відпрацьованого ядерного палива, а також системи збору, зберігання і переробки радіоактивних відходів.

Таким чином, АЕС посіли в енергетиці України провідне місце, хоча їх експлуатація пов'язана з цілою низкою проблем, що стосуються насамперед захоронення радіоактивних відходів.

У цьому виданні вже йшлося про відведення тепла конденсату за допомогою ставків-охолоджувачів: якщо ТЕС потужністю 4 млн кВт потребує площу 4 000 га, то АЕС – до 6 000 га. Існують також інші способи відведення тепла на електростанціях, наприклад, використання *пливучої води річок, застосування градирень*, але перший з них на території України вичерпаний практично повністю, а другий не дає змогу одержати максимальний ККД станції.

До того ж, тепловий потік від градирень є щільнішим, ніж від ставків-охолоджувачів. Питоме тепловиділення під час використання ставків-охолоджувачів становить близько 1 кВт на кожен квадратний метр охолоджувача. Наскільки велика ця цифра, можна перекопатися на такому прикладі: удень Сонце посилає на Землю питомий тепловий потік у 0,14 кВт/м².

Серйозний *вплив електроенергетики на довкілля* проявляється в регіональних спотвореннях кліматичних умов, спричинених концентрацією великих об'ємів теплових викидів на порівняно малих площах.

Так, ТЕС на органічному паливі має теплові викиди, еквівалентні полуторній потужності. Станція потужністю 4 млн кВт виділяє в довкілля 6 млн кДж/с.

АЕС має ще більші теплові викиди: за такої самої потужності вона викидатиме 9,2 млн кДж/с, тобто у 1,5 раза більше, ніж теплова електростанція. Теплові потоки великих електростанцій, розташованих порівняно щільно (це властиве українським електростанціям), можуть змикатися і формувати бар'єри підвищеної тепловіддачі й парутворення. Ті бар'єри здатні порушити усталені сезонні переміщення мас повітря в регіонах, а це спричинить різкі кліматичні зміни.

Гідравлічні електростанції.

Створення гідроелектростанцій, як правило, забезпечує не тільки виробництво електроенергії, а й завдяки наявності водосховища дає змогу вирішувати ряд інших важливих народногосподарських завдань, пов'язаних із судноплавством, водопостачанням, зрошуванням, розвитком рибного господарства й рекреацією.

Повний гідроенергетичний потенціал річкового стоку України становить близько 45 млрд кВт·г на рік, а економічно ефективний – близько 20 млрд кВт·г/рік з урахуванням використання водногосподарчих, водотранспортних та інших об'єктів.

Окрім того, слід зважати на ефективний потенціал штучних водотоків (каналів, водогонів, гідровузлів неенергетичного призначення тощо), який оцінено в 1–3 млрд кВт·г на рік.

Нині в Україні працюють:

- ✓ Київська ГЕС (361,2 МВт),
- ✓ Київська ГАЕС (235,5 МВт),
- ✓ Канівська ГЕС (444 МВт),
- ✓ Кременчуцька ГЕС (625 МВт),
- ✓ Дніпродзержинська ГЕС (352 МВт),
- ✓ Каховська ГЕС (351 МВт),
- ✓ Дніпровська ГЕС (1538,2 МВт),
- ✓ Дністровська ГЕС (702 МВт).

Річне виробництво електроенергії становить 9–12 млрд кВт·г на рік, тобто використовують 45 — 60 % гідроенергетичного потенціалу країни. Цей показник є нижчим, аніж у Норвегії, Швеції, Австрії, Швейцарії, де він дорівнює 60–80 %.

Україна має нагоду підвищити рівень використання гідроенергетичного потенціалу за рахунок завершення будівництва Дністровської ГЕС-2 (2 268 МВт), Ташликської ГЕС (1 820 МВт), Канівської ГАЕС (3 200 МВт), спорудження нових малих ГЕС на р. Тиса (400 МВт) і на Верхньому Дніпрі (160 МВт).

Слід припустити, що зазначені потужності буде введено до 2020 р. У цьому разі загальна потужність ГЕС і ГАЕС України дорівнюватиме 9 668 МВт (приблизно 16 % від загальної необхідної встановленої потужності), а річні обсяги виробництва електроенергії – приблизно 20 млрд кВт·г (десь 5,4 % від загального виробництва електроенергії). Щоб забезпечити нормальну експлуатацію існуючих ГЕС і ГАЕС Дніпровського каскаду вкрай потрібно виконати великий об'єм робіт з реконструкції як гідротехнічних, так й електрогенерувальних об'єктів.

Структура первинних енергетичних ресурсів у виробництві електричної енергії й тепла електростанціями об'єднаної енергетичної системи України представлена в табл.3.

Як видно з цієї таблиці, під кінець XX ст. головними видами енергетичних ресурсів українських електростанцій стали вугілля і ядерне паливо, а основним виробником електроенергії – атомні станції. Їхня складова частина в загальному обсязі виробництва електричної енергії зростатиме й надалі. Ця тенденція характерна для багатьох промислових країн, наприклад, Франції, Японії, США. Виробництво енергії в Україні неабиякою мірою залежить від імпорту енергоресурсів.

Частка власних ПЕР у паливно-енергетичному балансі країни становить близько 50%: забезпеченість власним вугіллем оцінюється на рівні 92%, нафтою – 18%, природним газом – 22%. Ядерне паливо повністю імпортується з Росії.

Таблиця 3.
Структура енергетичних ресурсів у виробництві електричної енергії й тепла електростанціями ОЕС України

Вид енергоресурсів	Одиниці вимірювання	1995	1996	1997
Вугілля	млн т	33,6	31,3	29,9
	млн т у в.к.	24,2	19,2	13,0
	%	14,0	14,9	10,8
Нафта	млн т	2,4	1,7	1,3
	млн т у в.к.	2,3	2,3	1,8
	%	4,6	5,8	5,7
Газ	млн т	11,1	12,3	12,8
	млн т у в.к.	12,3	15,1	14,6
	%	23,1	25,7	21,1
Гідроенергія	млн т у в.к.	3,4	2,4	2,6
	%	4,8	3,9	3,4
Ядерна енергія	млн т у в.к.	22,9	21,8	22,0
	%	32,5	35,7	43,3
Всього	млн т у в.	71,4	65,1	62,6

Водночас практично не змінилася витрата енергії й палива на загальні потреби підприємств, особливо в житловій і комунально-побутовій сфері України (табл.4). 1995 року 189,6 млн т у.п. первинних паливних ресурсів було спрямовано на внутрішнє споживання, з них власних первинних ресурсів усього 43,3%.

Таблиця 1.4.

Використання електричної енергії в Україні

Галузь економіки	Одиниця вимірювання	1995	1996	1997
Промисловість	млрд кВт.г	92,7	84,8	83,4
Решта економіки	млрд кВт.г	41,1	41,4	42,1
Сільськогосподарство	% від загальної потреби	12,6	11,9	10,0
	млрд кВт.г	9,0	8,5	7,4
Транспорт	млрд кВт.г	19,6	17,9	17,0
Послуги населенню	% від загальної потреби	14,9	14,7	13,6
	млрд кВт.г	24,0	22,4	20,0
Решта економіки	% від загальної потреби	12,8	11,7	11,4
	млрд кВт.г	15,1	13,9	13,4
Усього	млрд кВт.г	133,8	126,2	123,9

Природно-кліматичні умови України дають змогу застосовувати нетрадиційні первинні джерела енергії: метан вугільних родовищ, біогаз супутних відходів, енергію вітру, сонячну й геотермальну енергію. До 2010 р. передбачено довести виробництво електроенергії на їх базі до 10,9 млрд кВт.г і теплової енергії – до 16,8 млн Гкал, а також використати 8 млрд м³ метану вугільних родовищ.

Задоволення потреб України в паливі пов'язане, зокрема, зі скороченням використання природного газу і збільшення частки твердого палива у виробництві електричної й теплової енергії. Утім, перерозподіл видів застосованих палив на користь твердого загострює і без того не просту екологічну обстановку, насамперед у великих промислових центрах.

Структура нових потужностей.

Прогнозуючи структури нових потужностей, слід ураховувати такі чинники:

- можливість забезпечення енергоносіями;
- потребу у зменшенні шкідливого впливу на довкілля;
- можливості вітчизняного енергомашинобудування;
- необхідність оптимізації капітальних вкладень;
- потребу в досягненні високих техніко-економічних показників;
- а також те, що основним видом палива для ТЕС України, як і раніше, є вугілля;
- природний газ має використовуватися на ТЕЦ, розташованих у великих містах, і застосовуватися для газотурбінних надбудов на вугільних ТЕС, бо це дасть змогу підвищити їхній ККД;
- мазут слід використовувати як аварійне паливо.

Зменшення шкідливого впливу на довкілля можна домогтися в разі, коли:

- побудувати АЕС, які не викидають вуглекислого газу, оксидів сірки й азоту, а також золи;
- широко використовувати на нових і реконструйованих ТЕС котли з топками ЦКС, які знижують утворення оксидів сірки й азоту в димових газах;
- спорудити конденсаційні парогазові установки, що як основне паливо використовують природний газ або газ, одержуваний у процесі газифікації вугілля;
- реконструювати наявні пилевугільні котли, використавши при цьому газотурбінні установки, викидні гази яких прямують у топку енергетичних котлів;
- ужити технологічних заходів (зниження надлишку повітря, установка нових нетоксичних пальників, ступінчасте введення повітря тощо), які знижують викиди оксидів азоту на 10–75%;
- попередньо збагатити вугілля в районах їхнього видобутку з метою зменшення зольності та вмісту сірки;
- розробити й упровадити технологію паливних елементів, за якої відбувається пряме перетворення хімічної енергії на електричну.

Можливості вітчизняного машинобудування. Україна має великі підприємства енергомашинобудування (“Турбоатом”, ВО “Зоря”, Сумський насосний завод, “Електротяжмаш”, Запорізький трансформаторний завод та ін.), які можуть виготовляти й поставляти тепловим і атомним електростанціям України вагомий частину основного й допоміжного устаткування.

Промисловцям варто б обмірковувати питання про виробництво енергетичних котлів великої потужності та котлів-утилізаторів для ПГУ на Краматорському заводі важкого машинобудування.

Оптимізація капітальних вкладень можлива за спорудження всіх типів ТЕС й АЕС. Аналіз опублікованих даних і повідомлень заводів-поставників свідчить, що:

- останніми роками заводи-виготівники обладнання для ПГУ посутньо знизили ціну на основне устаткування. Наприклад, питомі витрати щодо устаткуванню ПГУ-400 становлять 140 дол/кВт замість приблизно 200 дол/кВт у 1995 р;
- питома вартість спорудження вугільних ТЕС без установки для очищення димових газів дорівнює 850 дол/кВт;
- питома вартість спорудження АЕС на раніше підготовленому майданчику може становити 1200-1500 дол/кВт.

Забезпечення високих техніко-економічних показників.

З погляду техніко-економічних показників кращими є парогазові конденсаційні електростанції (ПГУ КЕС), ККД яких досягає 60%, витрата електроенергії на власні потреби – до 3%, штатний коефіцієнт – 0,15 – 0,2 осіб/МВт. Використання газотурбінних установок зі скиданням відпрацьованих газів у топку енергетичних котлів підвищує ККД енергоблока на 5–7 %.

Паросилові енергоблоки, що їх випускають вітчизняні заводи, з параметрами пари 13 МПа і 24 МПа та промперегрівом, мають ККД на рівні 39–41%, витрата електроенергії на власні потреби становить 4,0–5,5%. В інших країнах (Німеччина, Японія та ін.) за рахунок підвищення тиску свіжої пари до 25–28,5 МПа, промперегріву (571/569/569; 580/580/600 С0) ККД вугільних блоків зростає до 46,3–47%, а газомазутових – до 49%.

З погляду питомих витрат тепла на 1 кВт·г АЕС значно поступаються ТЕС. Однак у зв'язку з тим, що ядерне паливо приблизно в 2 рази дешевше за органічне, питомі витрати на випуск електроенергії АЕС є на 25–30% меншими, ніж витрати ТЕС.

На паросилових, парогазових і газотурбінних ТЕЦ питомі витрати палива на випуск електроенергії й теплоти нижчі порівняно з нарізним виробленням цих продуктів. Наприклад, на ТЕЦ із турбінами Т-250/300-240 у процесі спалювання природного газу питома витрата умовного палива на 1 кВт становить 227 г, тобто на 40% менше, ніж на КЕС з турбінами К-300-240.

Передбачувана структура введення потужностей у 2020– 2050 рр. окреслена в **табл.5**.

Таблиця 5
Структура введення нових потужностей

Тип електростанції	Введення потужностей, млн кВт			
	до 2020 р.	до 2030 р.	до 2040 р.	до 2050 р.
ГТ/газ/ПГУ	0,0-0,2	11-11,5	20,1-20,6	7,7-7,8
ГТУ/мотори	0,2-0,4	0,6-1,0	3,3-3,8	4,8
ГТУ/КЕС	0,0-1,2	0,7-0,8	1,5-1,8	1,2
ТЕЦ на газі	0,3-0,8	0,3-0,6	0,6	3,8
Гидроелектри (ГЕ)	0,1-0,5	0,4-0,4	0,3-0,4	0,1-0,2
АЕС			10-12,0	4,0
Вітряні електростанції	0,0-0,5	0,2-0,3	0,5-0,5	1,0
Всього	1,4-7,3	14-15	33-40	20

3. Джерела енергії малої енергетики.

До малої енергетики належать:

- ✓ промислові ТЕЦ і котельні,
- ✓ все устаткування комунальної енергетики,
- ✓ заводські котельні й ТЕС,
- ✓ промислові печі,
- ✓ побутові енергоустановки різної теплопродуктивності.

Для них характерний низький рівень економічності, надійності та безпеки, зокрема й екологічної. Мала енергетика споживає понад 60% від усіх ПЕР України. Обсяги споживання газоподібного, рідкого і твердого палива становлять (в умовному паливі) відповідно 49%, 20% і 31%.

В Україні налічують близько 2,0 млн одиниць паливоспалювальних установок, які теж належать до малої енергетики. Значна їхня частина (десь 1,5 млн) – малометражні котли теплопродуктивністю меншою за 0,1 МВт.

Особливу групу енергогенерувального устаткування малої енергетики являють собою промислові ТЕЦ (243 одиниці загальною потужністю 3 100 МВт). Загальне вироблення електроенергії промисловими ТЕЦ у 1995 р. становило 5,7 млн кВт·год, а теплової енергії – 43,3 млн Гкал. При цьому витрачено 11,3 млн т у.п., зокрема 7,5 млрд м³ газу, 1,7 млн т рідкого палива (переважно топкового мазуту) й 0,4 млн т вугілля. Техніко-економічні показники більшості згаданих ПТЕЦ є вельми низькі, однак їхній вплив на екологію дуже великий.

Найбільшими споживачами палива виступають також промислово-виробничі й опалювальні котельні, з яких 1 750 мають одиничну встановлену потужність понад 20 Гкал·год.

Отже, на потреби енергогенерувальних потужностей систем теплопостачання малої енергетики витрачають більше первинних ПЕР, ніж на будь-яку іншу галузь народного господарства. Ефективність використання палива й екологічні показники даних систем не завжди відповідають сучасним вимогам науково-технічного прогресу. Існує велика кількість низькоефективних котельних та індивідуальних теплогенераторів, що спалюють найдефіцитніші види палива – газ, мазут (близько 60% від загальної кількості палива, споживаного всім ПЕК). Середньозважена питома витрата умовного палива на вироблення теплової енергії є доволі високою (43,5 кг у.п./ГДж або 181,9 кг у.п./Гкал) і відповідає ККД трохи більше як 75%. У цілому ряді випадків теплові ККД дрібних котельень та індивідуальних джерел у 1,5... 2,0 раза нижчі від технічно припустимого рівня.

Усі ці джерела теплоти найбільшою мірою:

- ✓ споживають первинні ПЕР і трудові ресурси,
- ✓ забруднюють довкілля,
- ✓ спричиняють вагоміше екологічне навантаження на міста й населені пункти.

Досконалішими з економічного та екологічного боку є теплоелектроцентралі й великі районні котельні. Проте їх використання економічно виправдане лише за наявності великих централізованих споживачів. Потреба в розлогих і дорогих теплових мережах помітно знижує ефективність ТЕЦ і масштаби їх застосування.

Лекція 9. Альтернативна енергетика. Ч.1.

План.

1. Відрновлювані джерела енергії.
2. Геліоенергетика.

1. Відрновлювані джерела енергії.

Відрновлювані джерела енергії – це потоки енергії, що постійно або періодично діють у навколишньому середовищі.

В цілому всі енергетичні потоки відрновлюваних джерел енергії розділяються на дві основні групи:

- пряма енергія сонячного випромінювання;
- вторинні прояви енергії сонячного випромінювання у вигляді енергії вітру, гідроенергії, теплової енергії навколишнього середовища, енергії біомаси та ін.

Загалом ВДЕ класифікують наступним чином:

- промениста енергія Сонця;
- енергія вітру;
- гідроенергія течій води, хвиль, припливів;
- тепла енергія оточуючого середовища (Землі, повітря, морів та океанів);
- енергія біомаси;
- геотермальна енергія.

Виникнення енергії відрновлюваних джерел пов'язане із наступним:

- термоядерними процесами на Сонці (теплова та промениста енергія Сонця, енергія вітру, енергія біомаси, гідроенергія рік та хвиль, тепла енергія оточуючого середовища, у тому числі Землі, повітря, морів та океанів);
- гравітаційною взаємодією Сонця, Землі та Місяця (гідроенергія припливів).

Геотермальну енергію також відносять до відрновлюваних видів енергії, хоча в даному випадку тепла енергія виділяється в результаті протікання хімічних реакцій і розпаду радіоактивних елементів, запаси яких мають межу, тобто по своїй суті є невідновлюваним джерелом енергії.

Відрновлювані джерела енергії – це випромінювання Сонця, рослинна біомаса, морські припливи, вітер і річки. Енергія рослинної біомаси, вітру та річок спричинена дією сонячної енергії. Всі відрновлювані джерела енергії дотепер використовують незначною мірою, хоча їхні запаси практично невичерпні (**табл.1**).

Сонце – невичерпне джерело, яке випромінює на Землю енергію в кількості, що набагато перевищує потребу в ній і тепер, і навіть у найвіддаленішому майбутньому. Людству відомі способи одержання цієї енергії.

Якщо говорити про розподіл променистої енергії Сонця, то *тепловий баланс має приблизно такий вигляд:*

~7 % – відбиває атмосфера Землі, ~27 % – відбивають хмари;

з енергії, що поступила на Землю: ~2,5 % – перетворюється на енергію вітру, ~0,05 % – обертається на енергію морських течій, ~33 % – падає на поверхню океану, ~25 % – падає на сушу, ~7 % – відбивається Землею, ~0,12 % – засвоюється рослинами.

Таблиця 1.

Потенційні запаси енергії на Землі

Джерело енергії	Запас енергії, кВтг
Не відновлювані:	
термоядерна енергія	$10^{10} \text{ до } 10^{11}$
ядерна енергія	$574000 \cdot 10^9$
енергія викопного палива	$58364 \cdot 10^9$
Відновлювані:	
енергія сонячного проміння	$667800 \cdot 10^9$
енергія морів та океанів	$70000 \cdot 10^9$
енергія вітру	$17360 \cdot 10^9$
енергія внутрішнього ядра Землі	$124 \cdot 10^9$
енергія річок	$13 \cdot 10^9$

Щорічний приріст зеленої біомаси на Землі становить 117 млрд т у сухому вигляді, що енергетично дорівнює 40 млрд т нафти. Загальна ж кількість рослинної біомаси на планеті перевищує 1 800 млрд т, що еквівалентно 640 млрд т нафти. Ясна річ, як паливо може розглядатися тільки частина щорічного приросту, яку можна виділити для цього ланцюга.

Енергія морських припливів є значною, а відтак, будівництво припливних станцій видається перспективним, дарма що воно складне, дороге і не виключає непередбачуваних екологічних наслідків.

Енергія вітру менша, але все-таки велика, вона заслуговує на серйозну увагу, проте непостійна в часі, і це утрудняє її використання.

Енергія річок є відносно помірною, її вже використовують значною мірою, причому як для рівнинних річок – з негативними наслідками, котрі свідчать про потребу в надзвичайно обачному ставленні до механізмів екології.

Можливість користатися з внутрішньої теплоти Землі має локальне значення: утилізують лише теплоту гарячих підземних вод. Безумовно, надалі конче слід орієнтуватися на одержання енергії з відновлюваних джерел. У цьому плані цікавими видаються перспективи енергетики з позиції теоретичної фізики.

Сонячне випромінювання на Землю – невичерпне джерело величезної кількості енергії – є екологічно нейтральним, оскільки процес його використання не спричиняє шкідливих викидів і майже не викликає додаткового нагрівання Землі. Остання завада є надто важлива, адже Земля як термодинамічна система перебуває у вкрай нестійкій рівновазі.

Енергію сонця одержують у такі способи:

- теплохімічним (нагрівання теплоносіїв),
- фотоелектричним (використання сонячних батарей),
- біологічним (фотосинтез рослин) з переходом у біотехнологічний при поєднанні з водневою енергетикою.

Основне значення мають фотоелектричний і біотехнологічний способи.

Теплотехнічний спосіб застосовують (досить рідко) для одержання теплоти. Якщо електроенергію виробляють за допомогою турбогенераторів, він є нераціональним.

Фотоелектричний спосіб колись був надто дорогим.

Донедавна фотоелектричні сонячні батареї внаслідок своєї високої вартості застосовувалися лише в окремих випадках, наприклад у космонавтиці, і мали доволі невелику потужність, вимірювану сотнями ватів; проте завдяки розробці нових способів одержання кремнієвих сонячних елементів їх вартість швидко знижується.

Біологічний (біотехнологічний) спосіб ґрунтовано на фотосинтезі.

Процес фотосинтезу рослин має неабияке значення для життя на планеті, оскільки з його допомогою неорганічні речовини переробляються в органічні, харчові, за рахунок енергії Сонця. Крім того, рослини забезпечують планету киснем. Для деяких країн фотосинтез може стати переважним способом одержання енергії.

Лісова біомаса – це посадки (спеціально для енергетичних цілей) швидкорослих дерев з деревиною, що має достатньо високу теплоту згорання (тополя). Щорічно використовують декілька відсотків масиву посадок з подальшим засівом площі вирубки. Шкідливість продуктів згорання деревини мінімальна, зола – відмінне добриво. Звичайно, для великої промислово розвиненої держави таке рішення не придатне.

Біотехнологічний спосіб і воднева енергетика нині теж є досить вагомими.

Водень – екологічно чисте паливо, яке можна зберігати і транспортувати трубами, воно цінне і для технологічних процесів, і для автотранспорту. У процесі згорання водень перетворюється на воду, не виділяючи жодних шкідливих речовин.

Заслуговує на увагу *біофотоліз води* – використання механізмів фотосинтезу для її розкладання під впливом сонячного світла з метою дістати водень і кисень у вільному стані. Для здійснення цього процесу застосовують біохімічну систему, засновану на взаємодії двох мікроорганізмів: мікроскопічної водорості й термостійкої ціанобактерії, наділеної особливими властивостями. Клітини водоростей під впливом світла виробляють у процесі фотосинтезу органічні вуглецеві сполуки і вільний кисень. Фоторозкладання води, що відбувається, забезпечує постійне виділення кисню та водню.

Таким чином сонячна енергія прямо перетворюється в паливо і, як наслідок, виникає перспектива створення нової галузі енергетики (біотехнологічної), що забезпечує одержання молекулярного водню як високоякісного та екологічно чистого палива.

Перспективи використання нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії.

Установлена потужність електростанцій, що використовують нетрадиційні й відновлювані джерела енергії, дорівнює 33 млн кВт. Це становить 1,04 % від загальної встановленої потужності всіх електростанцій у світі (3 180 млн кВт). У США частка таких електростанцій становить 2,32 %, у Бразилії – 3,0, в Данії – 7,7, Німеччині – 2,8, Італії – 1,2, Іспанії – 2,2, Індії – 1,0, Японії – 0,4 і на Філіппінах – 17 % від загальної встановленої потужності.

В Україні для виробництва електроенергії з відновлюваних джерел використовують тільки енергію вітру. За станом на початок 2000 р. встановлена потужність вітроенергетичних електростанцій (ВЕС) дорівнює 12,5 МВт; у 1999 р. вони виробили 3,83 млн кВт·г. Коефіцієнт використання встановленої потужності становив 0,031 при проектному коефіцієнті 0,19. Окрім цього, було споруджено і введено в експлуатацію Акташську ВЕС (0,6 МВт), Чорноморську ВЕС (0,6 МВт), другу чергу Новоозовської ВЕС (1,6 МВт) і ряд вітроенергетичних електростанцій малої потужності (25–45 кВт).

З нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії в Україні у виробництві електроенергії можна використовувати:

- ✓ енергію вітру,
- ✓ геотермальну енергію,
- ✓ коксовий, доменний,
- ✓ некондиційний природний газ.

Аналіз ресурсної бази цих видів енергії, а також досвід зарубіжних країн дають підставу твердити, що встановлена потужність електростанцій, які використовують ці ресурси, становитиме 2,5–3,0 % від загальної потужності електростанцій України.

2. Геліоенергетика.

Сонце – центральне тіло Сонячної системи, розжарена плазмова куля, типова зірка-карлик. Його маса дорівнює $2 \cdot 10^{30}$ кг, радіус – 696 000 км, середня густина – $1,41 \cdot 10^3$ кг/м³, ефективна температура поверхні (фотосфери) – близько 6 000 °К.

Хімічний склад: водень – 90 %, гелій – 10 %. Температура всередині Сонця (центральна частина) становить понад 10 млн градусів за шкалою Кельвіна. Вона є такою великою, що вможливило синтез водню і гелію, унаслідок чого вивільняється енергія у вигляді високочастотного електромагнітного випромінювання, яке, перевипромінюючись, поступово доходить до поверхні світла. Енергія, що доходить до Землі, формується в межах тонкого поверхневого шару Сонця (фотосфери). Вважають, що Сонце виділятиме енергію ще впродовж близько 2 000 млрд років. Електромагнітне випромінювання фотосфери Сонця поширюється в космічному просторі зі швидкістю 300 000 км/с у вигляді променів, що розходяться. Земля дістає трохи не 2 мільярдні частки від загального випромінювання Сонця. Загальна кількість сонячної енергії, що досягає поверхні Землі за рік, у 50 разів перевищує всю енергію, яку можна було б одержати з усіх відомих запасів викопного палива і приблизно в 30 000 разів перевершує нинішнє щорічне споживання енергії у світі. Потужність сонячного потоку енергії становить $4 \cdot 10^{23}$ кВт.

З давніх-давен люди прагнули навчитися використовувати сонячну енергію, про що свідчать стародавні літописи і книги єгиптян, греків, римлян.

Великий італійський художник і винахідник Леонардо да Вінчі 1515 р. склав один з найперших планів застосування енергії Сонця в промисловості (малюнки гігантського дзеркала “для поставки тепла для будь-якого бойлера на фарбувальній фабриці”).

Проте першим винахідником концентрації сонячного світла вважають Архімеда (212 р. до н. е.), хоча це не доведено.

Наприкінці XVIII ст. французький хімік Антуан Лавуазьє винайшов сонячну піч, у якій можна було плавити платину за температури 1 780 °С.

Перший у світі сонячний колектор створено швейцарським ученим Горацієм де Соссюром (1767 р.).

У США розвиток сонячної енергетики почався після Громадянської війни (з 1880-х роках.) завдяки роботам інженера Джона Еріксона.

Під 2000 р. у США в самому лише штаті Каліфорнія (пустеля Моява) один з найбільших у світі комплексів сонячних батарей, розміщений на площі близько 750 га, виробляє понад 400 МВт електроенергії, що є достатнім для забезпечення нею майже 18 000 будинків.

У Європі найбільша геліостанція споруджена на Мозелі. Тут понад 300 тис. сонячних елементів сполучене у 8 тис. модулів, що на першому шаблі дають потужність 340 кВт.

В колишньому СРСР Україна працювала над створенням, випробуванням і впровадженням сонячних кондиціонерів, теплових установок, термоелектричних перетворювачів, водопідігрівачів, опріснювачів.

Провідним науковим центром у галузі виробництва сонячних теплових установок і термоелектричних перетворювачів був Енергетичний інститут ім. Г. М. Кржижанівського. Існувало спеціальне видання – всесоюзний журнал «Геліотехніка».

У пострадянських країнах витрати на виробництво побутового геліообладнання є нижчими, ніж у країнах Заходу, тому сонячну енергетику тут вважають *перспективною*.

Дехто припускає, що потенційно застосовними в пострадянських країнах будуть *три технології*:

- сонячні колектори для забезпечення будинків гарячою водою;
- сонячні фотоелектричні батареї (особливо в сільській місцевості);
- сонячні теплові електростанції (у далекому майбутньому).

Переваги енергії сонячної радіації порівняно з традиційними видами палива полягають у наступному:

– джерело енергії практично невичерпне;

– можливість використання енергії сонячної радіації на більшості ділянок поверхні Землі як місцевого енергетичного джерела;

– можливість безпосереднього перетворення енергії сонячної радіації в електричну;

– можливість отримання високих температур (500 С);

– можливість прискорення дії у фотохімічних процесах.

В сонячній енергетиці можна виділити два основних практичних напрями використання сонячної енергії:

1) перетворення сонячної енергії в електричну енергію, в тому числі:

- фотоелектричний метод перетворення (електромагнітне випромінювання оптичного діапазону Сонця перетворюється в електроенергію постійного струму);
- термодинамічний метод перетворення (сконцентрована сонячна енергія використовується для одержання пари, яка, обертаючи турбогенератор, виробляє електроенергію);

2) перетворення сонячної енергії в теплову енергію, в тому числі: опалення; гаряче водопостачання.

Основні базові елементи сонячного енергетичного устаткування, що використовуються при освоєнні сонячної енергії.

При **виробництві** електроенергії застосовуються фотоелектричні перетворювачі (ФЕП), або сонячні елементи (СЕ), або фотоелементи (ФЕ) при застосуванні фотоелектричного методу перетворення.

Сонячні електростанції (СЕС) функціонують при застосуванні термодинамічного методу перетворення. При застосуванні термодинамічного методу енергія сонячної радіації концентрується на котлі, пара з якого надходить на турбіну з електрогенератором.

У процесі **перетворення сонячної енергії** в теплову радіаційне сонячне випромінювання сприймається *сонячним колектором* (СК) – це об’ємна конструкція, через яку циркулює теплоносіє, а її зовнішня сторона (обернена до джерела випромінювання) має чорну поглинаючу поверхню.

Основним технічним елементом сонячних теплових геліоустановок є сонячні геліоприймачі різних типів або сонячні колектори.

Системи на основі сонячних енергетичних установок, що перетворюють енергію сонячної радіації в теплову, поділяються на дві основні групи:

– пасивні; приймачем служать самі об’єкти, що нагріваються. Використання енергії Сонця проводиться за рахунок планувального та архітектурно-будівельного розташування споруд;

– активні – енергія сприймається, накопичується і транспортується в спеціальних пристроях. Основним елементом є геліоприймач. Як теплоносіє може виступати газ (повітря) або рідина (вода, розчин солей). В залежності від виду теплоносія будується подальша конструкція теплової сонячної енергоустановки.

Для *низькопотенційних установок* найбільш розповсюдженим типом геліоприймача є плоский. Він побудований у вигляді ящика, всередині якого розташований колектор, конструктивно виконаний у вигляді трубопроводу різної конфігурації з гофрованою або чарунчастою поверхнею. Колектор має покриття з великою поглинаючою спроможністю. Стінки ящика обкладені тепловою ізоляцією. Один із боків має прозоре покриття, яке може бути одно-, дво- чи тришарове.

За *призначенням* теплові сонячні енергоустановки в основному *застосовують* для гарячого водопостачання та кондиціювання як індивідуальних споживачів, так і групових, або будують централізовані системи.

Для надійності енергопостачання до сонячних енергоустановок додають акумулюючі пристрої з короткочасною або довгостроковою акумуляцією.

Крім того, вони можуть мати дублюючий (резервний) нагрівач (наприклад, електронагрівач, що живиться від центральної мережі).

За *характером руху* теплоносія системи можуть бути з вільним або вимушеним режимом теплообміну, а за числом контурів теплообміну – одно-, дво- або багатоконтурними.

Таким чином, сонячні енергоустановки входять у фізичну систему узгодження енергопотоків надходження енергії сонячної радіації та потреб споживача, що діє протягом певного нормативного часу. В даних системах вхідними змінними є надходження енергії сонячної радіації та енергія від резервного (традиційного) джерела, вихідними – потреби об’єкта в теплоті. Реалізація узгодження потоків від джерела до споживача здійснюється технічними засобами, що побудовані за блочним принципом і містять первинні перетворювачі (сонячні нагрівачі), систему накопичення (теплові акумулятори), допоміжне та резервне обладнання (насоси для циркуляції теплоносія, електронагрівач, електронний регулятор, датчики).

Варіанти структурних схем енергозабезпечення об’єктів від енергії сонячної радіації можуть бути різними, основними з них є наступні:

- ✓ сонячна енергоустановка складається із сонячних нагрівачів та акумулятора;
- ✓ в акумуляторі сонячної енергоустановки проходить поєднання двох потоків енергії – від сонячних колекторів і від теплоелектричного нагрівача;
- ✓ використовується насос для циркуляції теплоносія, що впливає на процес теплообміну в сонячному колекторі;
- ✓ в акумуляторі сонячної енергоустановки проходить поєднання двох потоків енергії – від сонячних колекторів і від теплоелектричного нагрівача;
- ✓ використовується насос для циркуляції теплоносія та поєднання двох потоків енергії – від сонячних колекторів і від теплоелектричного нагрівача;
- ✓ використовуються двоконтурні системи, застосування яких проводиться в тих випадках, коли пряме використання теплоносія неможливе (наприклад, при використанні в першому контурі розчинів з антикорозійними присадками).

В Україні, як найбільш перспективні на даний час, визначено такі напрями використання сонячної енергії:

- ✓ сонячна електроенергетика або пряме перетворення сонячної енергії в електричну енергію постійного струму за допомогою фотоперетворювачів;
- ✓ сонячна теплоенергетика або безпосереднє перетворення сонячної енергії в низькопотенційну теплову енергію без попередньої концентрації потоку сонячної радіації (для гарячого водопостачання об’єктів, комунально-побутового та технологічного теплопостачання, потреб сільського господарства).

2.1. Перетворення сонячної енергії на теплову.

Теплову енергію Сонця через пряме нагрівання (будинки, теплиці, водні резервуари та ємкості) використовують двома методами: *пасивним й активним*.

Пасивна система геліопідігріву вловлює сонячне світло прямо всередині приміщень і трансформує його в низькотемпературне тепло для обігрівання простору. Енергоефективні вікна, оранжереї, сонцезловлювальні поверхні розташовують у максимально вигідному відносно сонця положенні. Стіни, підлогу, стелі виготовляють із добрих теплоізоляційних матеріалів (перероблених відходів, автомобільних шин, пористих бетонів, шлаків та ін.). Удосконалюються технології й підвищується ефективність використання пасивної системи геліообігріву.

Обладнання будинків геліоустановками пасивного типу здорожує будівництво лише на 5–10 %, зате експлуатація споруд обходиться на 30–40 % дешевше, а окупність становить 3–7 років (**рис.2**).

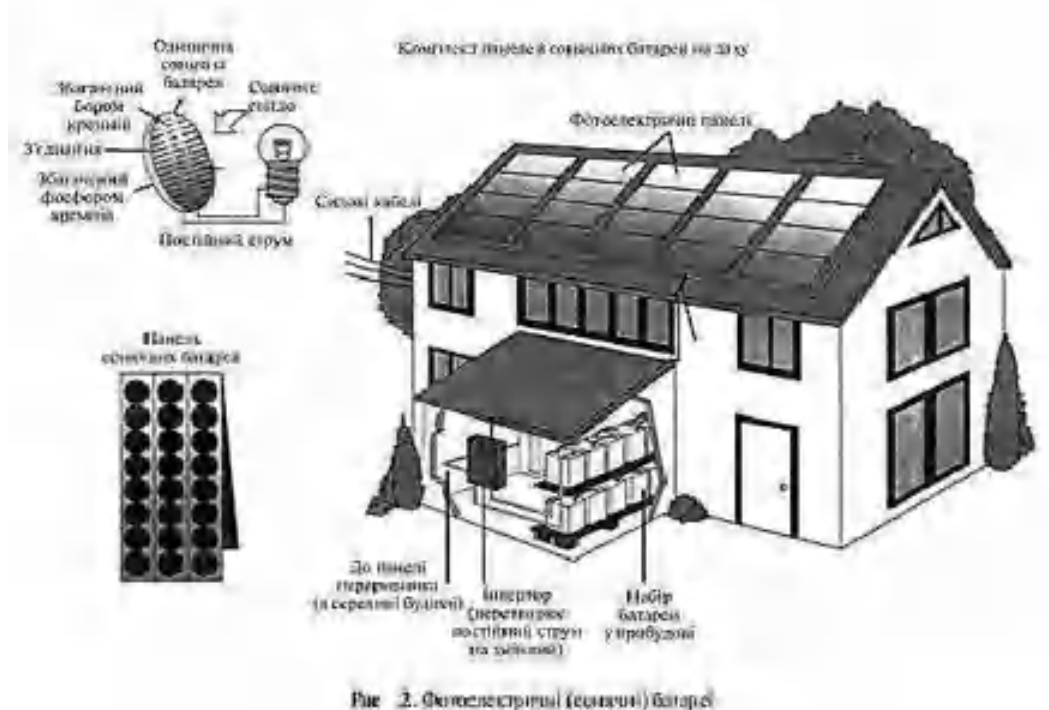


Рис. 2. Фотоелектричні (сонячні) батареї

Фотоелектричні (сонячні) батареї можуть забезпечувати будинки електрикою. Малі на розмір і легко розтяжні панелі здатні без великих електростанцій або силових кабелів виробляти електрику для селищ міського типу у всьому світі. Масивні комплекти таких батарей можуть виробляти стільки електрики, скільки виробляє мала електростанція.

Стіни Трома – сонячні колектори, що є частиною самого будинку. Це велика панель із вікнами, зверненими на південь. Чималі вікна пропускають сонячне проміння, що потрапляє на розташовану на незначній відстані від вікон бетонну стіну, забарвлену в чорний колір. За стіною – житлові приміщення будинку. Стіна сильно нагрівається, нагріваючи й повітряний простір навколо, через отвори у верхній частині чорної стіни тепле повітря надходить у житлові приміщення, сама стіна також тривалий час зберігає тепло завдяки щільній бетонній структурі. Цей пристрій має великі перспективи.

Системи активного геліообігріву – то є спеціально сконструйовані колектори-поглиначі сонячної енергії в комплекті з насосом або феном, що розгонить тепло по трубах і батареях внутрішнього парового опалення. Декілька з'єднаних колекторів, виготовлених із металевих труб, укладені в ящики зі скляним або прозорим пластмасовим покриттям зверху (зверненим до сонця), розташовано на даху в місці з максимальною освітленістю. Частина тепла може бути використана безпосередньо, інша – накопичена в теплоізольованих ємкостях, що містять воду, щебінь або теплопоглинальні хімічні речовини. Потім у разі потреби нагромадженою енергією можна буде скористатися.

Активні сонячні колектори можуть бути використані і для розігрівання води в баку всередині будинку з подальшим розподілом гарячої води по трубах опалення в приміщеннях. На Кіпрі та в Йорданії системами активного геліообігріву забезпечено 25–65 % будинків. Близько 12 % будинків Японії, 37 % Австралії та 83 % Ізраїлю також використовують цю систему.

Високотемпературні геліосистеми — це такі ефективні нагромаджувачі й перетворювачі сонячної радіації, які виробляють високотемпературне тепло (0,32 – 3 тис. градусів і більше) та входять у систему з парогенераторами й електродвигунами. Є декілька типів високотемпературних сонячних систем: сонячні енергетичні (силові) вежі, сонячні термальні станції, сонячні печі, сонячні куховарки, оптичні сонячні концентратори тощо.

У деяких системах сотні тисяч дзеркал, контрольовані й регульовані комп'ютерами (геліостати), уловлюють і сфокусовано відбивають сонячне проміння на розташовану в центрі вежу–нагромаджувач тепла (рис.3).

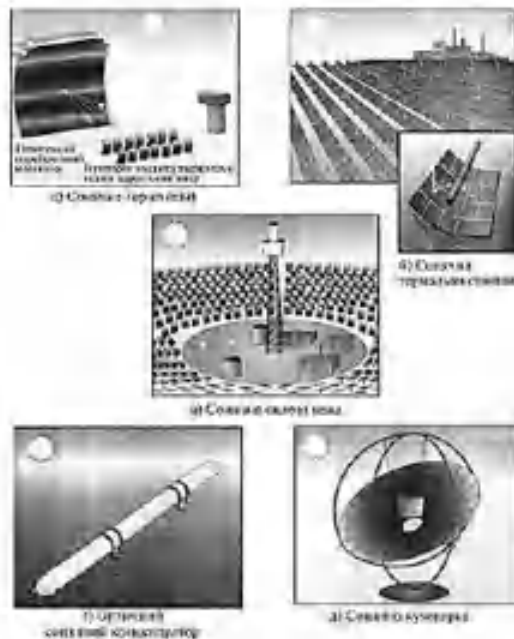


Рис. 3. Використовувані методи
осередження і концентрування сонячної енергії
для виробництва високотемпературного тепла та електроенергії

Нині станції а), б) і в) використовують здебільшого для того, щоб забезпечити надійність роботи за денних пікових рівнів електричного навантаження, особливо в сонячних районах. В інших системах сонячна енергія збирається і фокусується на трубах, наповнених нафтою і вміщених посередині увігнутих сонячних колекторів. Концентроване в цих системах сонячне світло генерує надзвичайно високі температури, що їх можна використати в промисловому виробництві для одержання пари, яка обертає турбіни й відтак виробляє електроенергію.

Найбільшою енергетичною сонячною вежею є «Солар-1» (США, Каліфорнія, пустеля Мохаве), де геліоагрегати розташовані на 52 га. З 1982 р. вона дає 10 МВт електроенергії, її будівництво коштувало 140 млн дол США, що 20 років тому було майже в 10 разів дорожчим за вартість традиційної енергії. Вежа й досі працює.

Більшість подібних сонячних електростанцій працює за таким принципом: поле дзеркал-геліостатів «стежить» за сонцем і відбиває його проміння на приймач-ресивер, установлений на високій вижі.

Ресивер – це сонячний котел, у якому виробляється водяна пара середніх параметрів, і ця пара потім прямує в парову турбіну. За робоче тіло в колекторах править вода, а в зимовий період – водно-спиртовий розчин. Ефективність використання проміння, що падає на приймач, становить 20...35 %, вироблена електроенергія – 10...30 % ефективного падаючого випромінювання. Принципова схема такої установки наведена на **рис.4**.

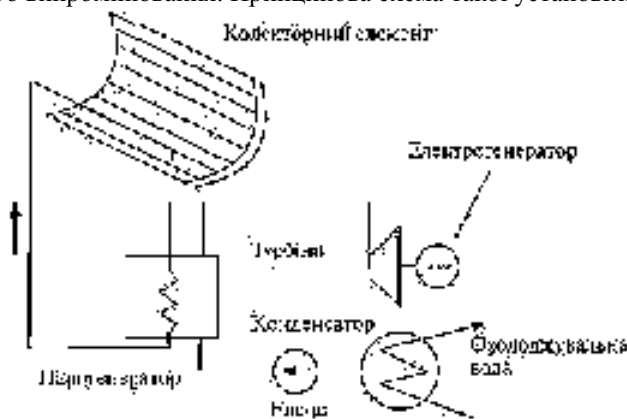


Рис. 4. Принципова схема сонячної електростанції

2.2. Пряме перетворення сонячної енергії на електричну.

Сонячне світло може бути перетворено безпосередньо на електрику за допомогою *фотовольтажних елементів (осередків)*, що їх, як правило, називають сонячними елементами.

За основу сонячних елементів слугують пристрої, виготовлені з кремнію й названі напівпровідниковими приладами. Саме вони зробили революцію у виробництві комп'ютерів.

Сонячний елемент (система) – це дві тонкі пластинки кристалічного кремнію (монокристалічні або полікристалічні), з'єднані між собою (як два прозорі аркуші паперу). Сонячне світло, падаючи на верхню пластину, вибиває з кристала кремнію електрони, посилюючи їх в іншу пластинку. При цьому утворюється постійний електричний струм, який конче треба перетворювати на змінний. В окремій пластинці струм буває досить малої потужності, тому велику кількість пластинок об'єднують у панелі, що виробляють 30–100 Вт. Потім

кілька панелей з'єднують кабелями в блоки, які встановлюють на дахах, підставках або полицях, де сонячного світла щонайбільше.

Перевагою сонячних елементів (батареї, станції) є їхня безшумність, невичерпність джерела енергії, брак рухомих деталей, бездефіцитність матеріалів, з яких вони виготовляються (кремній, скло, пластик та ін.), простота і швидкість установлення, обслуговування, заміни, розширення (збільшення кількості блоків), простота догляду.

Скільки завгодно сонячних елементів можна встановити в пустелях, на околицях міст, уздовж автотрас і залізниць, уздовж трубопроводів, на дахах тощо. Їх можна використовувати на невеликих енергетичних станціях (для електроживлення водопідіймальних насосів, телекомунікаційних систем, катодного захисту трубопроводів, у домашньому господарстві та ін.), комбінуючи виробництво електрики в сонячні дні – за допомогою геліоблоків, а в надто похмурий час – за допомогою газових турбін.

Сонячні батареї практично не забруднюють довкілля, не порушують землю, можуть працювати і в хмарні дні. Їхню ефективність (ККД) уже прирівнюють до ефективності АЕС і ТЕЦ.

Потужність сонячних батарей, що серійно випускаються промисловістю, становить 50...250 Вт. На сонячних фотоелектричних станціях (рис.5) сонячні батареї використовують у процесі складання фотоелектричних генераторів.

Термін служби такої станції – 20...30 років, експлуатаційні витрати є мінімальними.

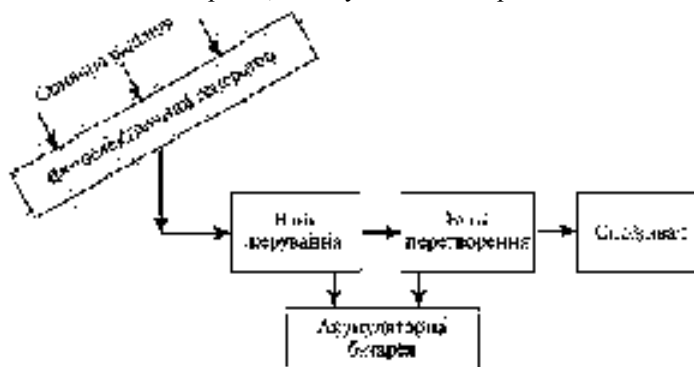


Рис. 5. Сонячна фотоелектрична установка

Єдиною *вадою* сонячних батарей поки що залишається їх порівняно висока вартість (8–12 центів за кВт·г), але багато компаній ведуть роботи зі здешевлення вартості виготовлення сонячних елементів. Одна німецька компанія успішно випробувала геліоелектричне вікно, інші ж розробляють технології установки сонячних елементів на фасадах будівель і споруд.

Комплекси сонячних елементів – ідеальна технологія для електрифікації сільських місцевостей. В Індії сонячні батареї встановлено в 38 000 сіл, у Зімбабве – у 2 500 сіл. На дахах будинків у Південній Африці, Шрі-Ланці, Домініканській Республіці та інших слаборозвинених країнах встановлено понад 200 000 комплексів сонячних елементів, у Норвегії – 50 000, у США – близько 100 000. Фахівці припускають, що до 2050 р. сонячні елементи даватимуть близько 30 % (у деяких країнах, зокрема США – до 50 %) від загальної електроенергії, що виробляється у світі. Кращі технології з виробництва сонячних елементів розроблено в Німеччині, Японії, Італії.

Найбільш високоякісні з високим ККД фотоелектричні сонячні елементи застосовують у космонавтиці. Вони – найдорожчі, оскільки виготовлені з монокристалічного кремнію. Дешевші виготовляють із полікристалічного кремнію та широко застосовують для наземних потреб.

У колишньому СРСР перша дослідна геліовежа («Сонячна електростанція» – СЕС-5) була збудована в Криму, в районі п-ова Казантип (смт. Щолкіне), в 1985 р. Її потужність становила 5 МВт і вартість споруди була дуже високою, як і «Solar-1» у США. Станція ефективно пропрацювала 6 років, припинивши своє існування після розпаду СРСР.

Дедалі частіше сонячні елементи використовують для електродвигунів в автомобілях (США, Німеччина, Японія), на яхтах, невеликих літальних апаратах на зразок планерів.

Лекція 10. Альтернативна енергетика. Ч.2.

План.

3. Вітроенергетика і мала гідроенергетика.
- 3.1. Потенціал і перспективи розвитку вітроенергетики.
- 3.2. Мала гідроенергетика.
4. Біоенергетика.

3. Вітроенергетика і мала гідроенергетика.

3.1. Потенціал і перспективи розвитку вітроенергетики.

Людство з давнини послуговувалося енергією вітру. Ще первісні люди використовували видовбані човники з вітрилами. Стародавні перси задовго до голландців мололи зерно за допомогою вітряків, причому їхні вітряні млини оберталися на вертикальній осі. Чимало століть тому голландці вже застосовували вітряки не тільки для перемелювання зерна, а й для відкачування води з обвалованих понижень ландшафту, на яких обробляли сільськогосподарські культури. Довжина лопатей у голландських вітряках сягала 12 м. Багато вітряних млинів Голландії, яким нині понад 500 років, усе ще в робочому стані. У 50-х роках. XIX ст. у США був винайдений новий тип вітряків – багатолопатевого, а вже до середини XX ст. близько 6 млн багатолопатевого вітряків на території США качали воду з криниць і першими забезпечували електрикою американських фермерів, мололи зерно, давали світло й тепло, допомагали сільським районам підключатися до радіо. У віддалених від промислових центрів і міст фермах та селищах, куди нерентабельно або дуже складно тягнути лінії електропередач, і тепер – не лише в США, а й в інших країнах Європи та Азії – вітряки ефективно використовуються як малопотужні енергоустановки (для відкачування води з колодязів, свердловин, для освітлення, живлення електроогорож тощо).

До революції 1917 р. у Росії понад 200 000 вітряних млинів виробляли близько 95 % борошна, десятки тисяч вітряків функціонували в Україні, ефективно використовуючи енергію вітру. Згодом в Україні налічувалося близько 30 тис. вітряків, які виробляли до 200 тис. кВт·г енергії. З початком колективізації їх число значно зменшилося, а до 1988 р. – залишилося всього 15!

Перший вітроагрегат у колишньому СРСР було побудовано 1931 р., він мав потужність 100 кВт і пропрацював до 1941 р.

Вітроенергетика є похідною від впливу активності Сонця на земну атмосферу. На сучасному етапі це одна з найперспективніших галузей нетрадиційної енергетики. За наявними прогнозами вже на початку XXI ст. вітрова енергетика задовольнятиме від 1...2 % до 10...15 % електроенергетичних потреб у різних країнах Європейського Союзу. Загальна потужність вітроенергетичних установок під 2005 р. становитиме 8,0 млн кВт.

Найефективнішими вважають ВЕУ потужністю 100 – 200 кВт.

Існує позитивний досвід роботи вітроустановок потужністю 300...1 500 кВт з вітроколесами діаметром 40 – 60 м.

У Європі провідне місце належить Данії, де побудовано 3 600 ВЕУ, що вже тепер виробляють 3 % від загального об'єму електроенергії країни. Причому 3 218 вітроагрегатів сполучені між собою загальною мережею встановленою потужністю 418 МВт, яка виробляє 740 млн кВт·г на рік. Активна робота з використання енергії вітру проводиться у Великобританії, де екологічні й метеорологічні умови є сприятливими. Потенціал ВЕУ, споруджуваних на узбережжі, на ізольованих островах і плавучих платформах, становить тут 220·106 кВт·г на рік (20 % електропостачання Великобританії). Термін окупності ВЕУ середньої потужності за швидкості вітру 8 м/с становить 5...7 років, а термін служби – 15...20 років.

Україна має величезні ресурси вітрової енергетики. Відомо, що енергію вітру можна використовувати за $v > 3$ м/с, а максимальної ефективності досягають у районах, де $v > 5$ м/с.

До таких районів належить Азово-Причорноморська зона, Донецька, Луганська, Запорізька області, район Карпат. Тут спостерігається максимально можливе використання енергії вітру, бо час роботи вітродвигуна дорівнює близько 600 г/місяць. Мінімальна енергія вітру припадає на середню течію Дніпра й північно-західну частину України (січень – 500 годин). Нескладні розрахунки показали, що в приморській зоні України, в Донбасі та Південній частині степів ВЕУ працюватимуть 180...200 повних робочих днів за швидкості вітру $v = 5$ м/с.

Сумарна площа, на якій доцільним є одержання електроенергії від вітроустановки, становить близько 20 % всієї площі України, а можливий річний енергетичний потенціал ефективного використання ВЕР – 300...600 млрд кВт·г електроенергії.

Отже, використання вітроустановок для виробництва електроенергії є найефективнішим і найпривабливішим способом утилізації вітрової енергії. Тим самим вона сприятиме зменшенню негативного впливу традиційної енергетики на екологію окремих регіонів, зокрема таких напружених, як Донбас, на екологію курортних зон Криму і, взагалі, Чорноморського й Азовського узбережжя.

Сумарну кінетичну енергію вітру над планетою оцінюють у приблизно в 2,43·10¹⁵ кВт·г, що в 5 разів перевищує сучасне світове споживання електроенергії. Технології його використання стають усе ефективнішими, екологічність вітроустановок, порівняно з ТЕС й АЕС, є досить значною, перспективи вітроенергетики оцінюються високо: до 10–12 % від загальної електроенергії, що виробляється у світі (під 2050 р.) і до 10–25 % – від електрики, яку використовують у США.

За розрахунками фахівців, у 2000 р. сумарна потужність вітроелектростанцій США досягла 50 млн кВт, в Україні – 2 млн кВт. Нині європейські уряди витрачають на дослідження щодо розвитку вітроенергетики в 10 разів більше коштів і планують у найближчому майбутньому виробляти в 2 рази більше електрики за допомогою вітру, ніж у США.

До 2000 р. вартість вітроенергетики практично зрівнялася з вартістю атомної й теплової енергетики.

Особливості конструкцій вітродвигунів.

Енергія вітру має свої особливості: невелику концентрацію, віднесену до одиниці об'єму повітряного потоку, випадковий характер зміни швидкості.

Енергія виробляється, коли лопаті вітродвигуна обертаються під натиском вітру. Величина енергії, що виробляється при цьому, залежить від розмірів, форми, кількості лопатей, від сили вітру і зростає пропорційно квадрату довжини лопаті й кубу швидкості вітру.

Кількість лопатей у роторі може бути різною: 1, 2, 3, 4, 8, 18, 30 тощо. Кінетичну енергію вітрового потоку обчислюють за формулою:

$$A = mV^2/2,$$

де m – маса рухомого повітря, кг; V – швидкість вітру, м/с.

Потужність вітрового потоку визначається як

$$P = \rho FV^3/2,$$

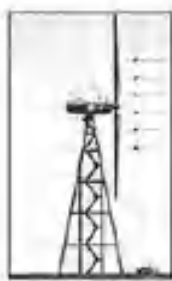
де ρ – густина повітря, кг/м³; F – площа, що її перетинає вітровий потік, м².

Теоретичний ККД ідеального вітрового колеса (критерій Бетца), який характеризує перетворення потужності повітряного потоку, що проходить крізь площу його перерізу, в потужність на валу колеса, становить $16/27=0,59$. Проте, реальний ККД не перевищує 0,45. Наприклад, вітрове колесо з лопаттю в 10 м завдовжки при швидкості вітру 10 м/с може мати потужність на валу не більшу від 85 кВт.

Нині існує багато різних конструкцій вітроагрегатів – не тільки пропелерного типу, а й у формі щитів, що гойдаються під натиском вітру (з горизонтальною і вертикальною віссю обертання).

Сучасні вітродвигуни – це складні автоматизовані електромеханічні системи з перетворення енергії вітру на електроенергію заданої якості.

Головними елементами вітроагрегату є ротор (лопаті), генератор, коробка передач, струмозбирачі, електрокабелі, щогла (рис.6).



Вітровоагрегат



Рис. 6. Вітроагрегати

Вітрові турбіни можна використовувати, для виробництва електрики індивідуально або в кластерах, які ще називають вітряними станціями. Тепер якнайширше використовуються турбіни, що мають три скловолоконні лопаті 20–30 метрів (66–98 футів) в діаметрі. Вітряні станції, більшість з яких автоматизовані, дають приблизно 1 % електрики для Каліфорнії — цього досить, аби забезпечити нею 280 000 будинків.

Залежно від потужності генератора, вітроустановки поділяють на класи, параметри і призначення яких наведено в табл.7.

Таблиця 7.

Класифікація вітроустановок				
Клас установок	Потужність, кВт	Діаметр лопатей, м	Кількість лопатей	Призначення
Малої потужності	15–50	3–10	3–5	Забезпечення енергії, наприклад, для будинків
Середньої потужності	100–500	25–44	1–2	Енергетика
Великої потужності	1000–4000	54–5	2	Енергетика

Більшість великих вітродвигунів розраховано на роботу при швидкості вітру 17—58 км/г, оскільки вітер зі швидкістю менше 17 км/г дає обмаль корисної енергії, а швидкість понад 58 км/г загрожує роботі агрегату й може спричинити його зіпсуття. Великі пропелерні лопаті схильні до “втомлюваності”.

Як правило, двигуни встановлюють на високих щоглах (вежах) – від 30—40 до 60—70 м таким чином, аби лопаті були відкриті сильнішим вітрам, що дмуть на значних висотах.

Високі щогли потребують особливої міцності конструктивних матеріалів. Оскільки швидкість вітру варіює, суттєво змінюється в короткі проміжки часу і веде до різкої зміни числа обертів генератора за секунду, то змінний струм, що виробляється у процесі обертання осі, випрямляють, тобто перетворюють на постійний (електронний перетворювач встановлюють у великих вітродвигунах, акумуляторні батареї – в малих).

Акумуляторні батареї є доконечно потрібними для накопичення електроенергії на періоди, коли немає вітру. Як свідчить досвід експлуатації вітродвигунів за останні 20 років, гігантські вітротурбіни (на зразок MOD-2, США, вежа 61 м заввишки, лопаті робочого колеса турбіни мають загальну довжину 92 м, вага кожної – 80 т, потужність – 2,5 МВт) будуть нерентабельні, надто складні й ненадійні.

Значно перспективнішою вважають розробку вітродвигунів потужністю **50, 100, 200 і 500 кВт** для забезпечення електрикою міст, муніципальних підприємств і **8–50 кВт** – для забезпечення нею сільських районів, фермерських господарств.

Термін окупності вітроенергетичної установки залежно від місцевості, наявності комунікацій, потужності самого обладнання тощо становить **3—8 років**. Питомі капітальні витрати для станції малої потужності дорівнюють **800–1 000 дол США за 1 кВт** установленної потужності та знижуються зі збільшенням потужності установки.

Так, капітальні витрати на вітроенергетичну станцію потужністю 250 кВт (Данія) становлять 40 тис. дол США при терміні окупності 6—7 років.

Рівні виробництва електроенергії за рахунок вітроустановок у країнах ЄС ілюструє **рис.7**.

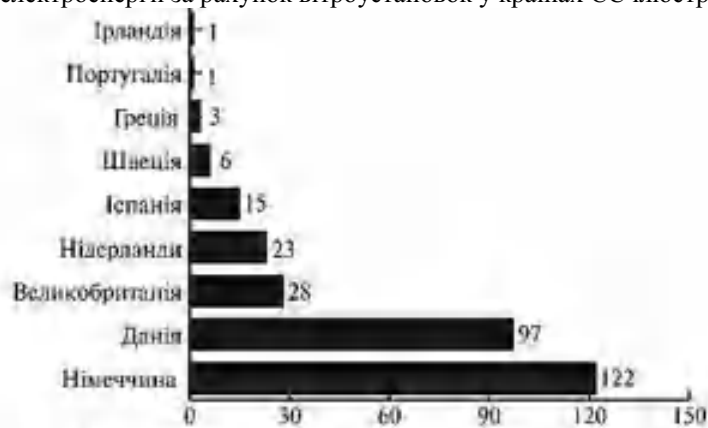


Рис. 7. Виробництво електроенергії за рахунок вітроустановок у країнах ЄС.

Прикладом ефективного використання вітроенергетики може слугувати “вітряний парк” (Західне узбережжя, Шлезвіг-Гольштайн, Німеччина). Наприкінці 1987 року недалеко від Бронсбюттеля на узбережжі Північного моря запрацювала перша в Європі велика вітрова станція. На площі 21 га рівнинного ландшафту на греблях було встановлено на бетонних і сталевих вежах 32 вітродвигуна середньої потужності.

Поблизу Вільгельмсхафена (Нижня Саксонія) наприкінці 1989 р. також установили 3 шістдесятиметрові вежі з лопатями 28 м завдовжки (однолопатеві). Ці вітротурбіни виробляють по 640 кВт електроенергії, здатної задовольнити потреби 1 600 домашніх господарств. В Індії ледве чи не 3 000 середніх вітротурбін уведено в експлуатацію останніми роками.

1993 року в Україні, в районі затоки Доузлав (Крим) запустили вітростанцію, побудовану за співпраці американських та українських фахівців. Її потужність становить 500 МВт (53 агрегати USW-56-100).

Успішно функціонує Актаська ВЕС (11 ВЕУ АВЕ-250 виробництва НВО «Південне»).

Вітроелектростанції Криму з початку експлуатації й до кінця століття виробили близько 10 млн кВт·г.

Згідно з комплексною програмою будівництва ВЕС в Україні до 2010 р. передбачено спорудити в Криму п'ять ВЕС загальною потужністю до 200 МВт (Сакська, Джанкойська, Міновська, Прісноводненська, Східно-Кримська – найбільша, складається з 150 ВЕУ загальною потужністю 150 МВт).

Перевагу надано тихохідним установкам, розрахованим на швидкість вітру від 3 до 12—15 м/с. Українські ВЕУ виробляють у 1,5 рази дешевшу електроенергію, порівняно з американськими.

3.2. Мала гідроенергетика.

Поки що немає загальноприйнятих критеріїв для класифікації гідроелектростанцій на великі, середні, малі тощо.

У країнах колишнього СРСР на практиці користувалися таким поділом ГЕС (за розміром їх потужності):

- мікрогідроелектростанції – ГЕС потужністю менше 0,1 МВт;
- малі ГЕС – потужністю 0,1—30 МВт;
- 30—1 000 МВт – середні ГЕС;

- 1,0—6 і більш ГВт – великі ГЕС (Красноярська ГЕС – 6 ГВт, Саяно-Шушенська – 6,4 ГВт, ГЕС на р. Гурі – 10 ГВт та ін.).

Відповідно до державного стандарту (ДСТУ 17.1.1.02-77. Гідросфера, класифікація водних об'єктів) *до малих річок* належать ті, площа водозбору яких не перевищує 2 000 км² або довжина становить до 100 км незалежно від площі водозбору.

Тепер *до малої гідроенергетики* зараховують усі об'єкти, що виробляють електроенергію коштом падаючої або рухомої води, мають потужність від декількох кВт *до 1–12 МВт* і розташовані не тільки в руслах малих або у верхів'ях великих річок, а й також на водосховищах, каналах, системах комунально-побутового водопостачання.

Фахівці вважають, що мала енергетика зараз переживає ніби друге народження. За минулі 30–40 років після спорудження десятків чималих ГЕС у світі (особливо в колишньому СРСР) на великих річках, гостро постало питання про доцільність спорудження великих ГЕС, адже, з одного боку, були затоплені величезні площі родючих заплавлених земель, знищені сотні тисяч гектарів ефективних сільськогосподарських угідь, садів, лісів, були порушені гідралічні та гідрохімічні режими великих і середніх річок, спровоковані до деградації екосистеми цих водних об'єктів і, з другого – частка електроенергії, що виробляється цими потужними ГЕС, у загальному об'ємі електроенергії, продукуюваної за допомогою ТЕС й АЕС, виявилася мізерною.

Неабияка вартість, наявність порівняно незначної кількості регіонів, географічно придатних для будівництва, великий екологічний збиток від затоплення земель, підтоплення територій, замулювання, загибель риб-мігрантів, цвітіння водосховищ, збільшення сейсмічної активності та ін. спричинили те, що й у США, і в країнах колишнього СРСР, а також в інших регіонах світу завершилася ера великих і гігантських ГЕС. Винятком залишаються Китай і Бразилія, де до кінця ХХ ст. спостерігався істотний приріст електроенергетики за рахунок створення та експлуатації надпотужних ГЕС (ГЕС Ітайпу в Бразилії – 12,6 ГВт, ГЕС «Три Горджес» у Китаї – 13 ГВт).

Китай поки що є лідером і будівництві малих ГЕС – у країні налічують понад 90 000 гідротурбін, що обслуговують електроенергією сільські місцевості. Останнє десятиліття минулого століття ознаменувалося тим, що промислово розвинені країни значно активізували відновлення і будівництво малих ГЕС. Це характерно для США, Японії, країн Скандинавії, Німеччини, Польщі. У Польщі, наприклад, триває реставрація 640 малих гребель, у Канаді – 570. Річний приріст випуску устаткування для малих ГЕС (гідротурбін потужністю 0,5...11 кВт) у країнах СНД становив близько 700 штук (1995—1996 рр.).

Малі ГЕС у СНД технічно можуть освоїти десь 500 млрд кВт·г (приблизно 23 %). Велику ефективність малої гідроенергії в колишньому СРСР та інших країнах підтвердили 40—50-і роки, коли в експлуатацію було введено тисячі малих ГЕС, що забезпечували дешевою й екологічно прийнятною електроенергією чимало колгоспів, радгоспів, сел, ферм, окремих промислових підприємств, заводів, робітничих селищ.

Проте в 60—70-х роках у результаті швидкого розвитку в усьому світі великої енергетики, що базувалася на великих теплових і атомних електростанціях, потужних і надпотужних ГЕС, у процесі будівництва яких цілком нехтували екологічними наслідками, багато тисяч малих ГЕС були виведені з експлуатації, законсервовані або знищені. Україна в цьому плані не стала винятком.

На початку 20-х років ХХ ст. в Україні налічувалося 84 гідроелектростанції загальною потужністю 4 000 кВт, а в кінці 1929 р. – уже 150 станцій загальною потужністю 8 400 кВт. 1934 року було введено в експлуатацію Корсунь-Шевченківську ГЕС (1 650 кВт), яка за своїми технічними характеристиками була однією з кращих станцій того часу. У цей, а також у післявоєнний період електрифікація сільського господарства ґрунтувалася на збільшенні потужності й поліпшенні техніко-економічних показників малих ГЕС, кількість яких до початку 50-х років становила 956 одиниць загальною потужністю 30 тис. кВт. З розвитком електрифікації країни та централізованого енергопостачання на базі тепло- і гідроелектростанцій будівництво малих ГЕС було припинене. Досвід інших держав і різке змінення економічної, енергетичної та екологічної ситуації в країні (висока вартість і дефіцит ПЕР, намічена тенденція до децентралізації енергопостачання, перехід до ринкових відносин) примусили знов повернутися обличчям до малої гідроенергетики.

Проведене обстеження технічного стану обладнання і споруд малої гідроенергетики показало, що на території України зберіглося 150 малих ГЕС, серед яких діють лише 49 одиниць.

Усі малі ГЕС, достоту як і гідроресурси загалом, розподілені по території України нерівномірно: більшість – у центральному і західному регіонах. Сумарна потужність становить 119,2 тис. кВт (248,9 млн кВт·г), з яких 75 % припадає на діючі ГЕС.

Загальні потенційні ресурси 202 основних річок України оцінено в 4 880 МВт, а потенційні ресурси приток великих річок, середніх і малих річок – близько 2 600 МВт. На них уже споруджено понад 20 тис. малих і великих водосховищ. Близько 260 водосховищ мають місткість 10...100 млн м³, і на них можна спорудити малі ГЕС з напорами 5...10 м (одиночної потужністю 0,5...2,0 МВт).

Мала енергетика України, маючи незначну питому вагу (до 0,2 %) у загальному енергобалансі, не може істотно впливати на умови енергозабезпечення країни, проте дає змогу виробляти близько 250 млн кВт·г електроенергії. Це відповідає щорічній економії до 75 тис. т дефіцитного органічного палива. Міні- й мікро-ГЕС можуть стати масовими, рівномірно розподіленими по території України.

Розвиток малої гідроенергетики слід розглядати як один з напрямів політики енергозбереження і поліпшення екологічної обстановки в Україні. Останнім часом відроджені й відбудовані малі ГЕС різняться великим ступенем автоматизації. Сьогодні в Європі функціонує більше як 45 тис. малих ГЕС потужністю 60–5 000 кВт, в Азії – понад 150 тис. (здебільшого в Китаї та Японії). У Швеції, Норвегії та Швейцарії мала гідроенергетика дає близько 90 % електроенергії.

У вдосконалення гідротурбін для малої гідроенергетики вагомий внесок зробили французькі інженери (фірма «Нейрпик»). Вони винайшли новий різновид *турбіни грушоподібної форми*, яка універсальна і може виробляти енергію просто за рахунок *швидкоплинної води*; для неї не потрібна гребля, вона може бути встановлена у вузьких місцях, нижче за потоки від скидної споруди.

Перспективною вважають також розроблену французами (1978–80 роки) мініатюрну гідроелектростанцію «Гідролек» (фірма «Лерой-Сомер»), яка спроможна давати до 4 кВт енергії за різниці в рівнях річкової води всього в 0,9 м, якщо швидкість потоку перевищує 266 л/с.

Сприятливим чинником для розвитку малих ГЕС є незначний час, потрібний для досягнення проектної потужності (близько 1 року, для АЕС – 10-12 років), невелика вартість, екологічність, широкі можливості для спорудження за наявності розгалуженої річкової мережі, каналів.

4. Біоенергетика.

Стан розвитку та енергетичний потенціал.

Майже третина населення Землі (приблизно 2 млрд чол.) ще й досі використовує біомасу у вигляді деревини як основне джерело палива.

Біомаса (БМ) – термін, який вживають на позначення сукупності живої і неживої, рослинної і тваринної матерії на нашій планеті.

У це поняття також включено органічні залишки, відходи – гній, викиди м'ясо- й молококомбінатів, гнилі овочі, рештки сільськогосподарських культур на полях, органічні промислові й побутові відходи, відходи лісового господарства, боєнь, броварень, зернопереробних, текстильних, паперових заводів тощо.

У будь-якій формі біомаса є відновлюваним, єдиним доступним, простим і дешевим джерелом енергії для більшості сільських жителів планети.

В Ефіопії, Непалі, Танзанії, в Сибіру й Амазонії, в Північній Канаді та на островах Полінезії, Мікронезії, в Малайзії завдяки біомасі задовольняється 80–90 % потреб у паливі. Навіть у таких розвинених країнах, як США, Швеція, Норвегія, Канада, частка енергії, одержуваної з біомаси, в загальному обсязі енергії становить 4–10 %.

Біомаса є продуктом фотосинтезу – найважливішого процесу народження живої речовини за рахунок сонячної енергії. Одержання енергії з біомаси (деревини, деревних відходів, соломи, гною, сільськогосподарських відходів, органічної частини твердих побутових відходів) є галуззю, що динамічно розвивається в багатьох країнах світу.

Цьому сприяють такі *властивості біомаси* як палива:

- великий потенціал і відновлюваний характер,
- надійність систем енергопостачання, на ній базованих, можливість посутньо зменшити викиди CO₂ в атмосферу,
- значний внесок у розв'язання екологічних проблем завдяки використанню різних відходів, чим допомагають вирішенню соціальних питань та економічному розвитку регіонів.

Завдяки неабиякому потенціалу, стислим термінам окупності проектів, екологічним перевагам *біомаса вірогідно є одним з найпріоритетніших видів серед інших відновлюваних джерел енергії* в більшості країн.

Під кінець XX ст. загальний обсяг світових первинних енергоресурсів становив близько 8,5 млрд т н. е., з яких приблизно 7 млрд т н. е. припадає на частку викопного органічного палива. Водночас, енергетичний потенціал усієї рослинності нашої планети становить близько 70 млрд т н. е., тобто в 10 разів перевищує використання викопного палива.

Частка деревини, яку використовують для одержання енергії, становить:

- у Данії – 61 % від загального об'єму вивезеної з лісів деревини,
- у Франції – 56 %,
- Іспанії – 44 %,
- Швейцарії – 56 %.

Пересічно в Європі темпи її використання зростають на 7,3 % щороку (у Швеції – 10,2 % на рік, у Данії – 9,2 %, Франції – 8,9 %, Іспанії – 7,7 %).

Нині БМ покриває в середньому 15 % загального споживання первинних енергоресурсів у світі:

у країнах, що розвиваються, – 48 %,

у промислово розвинених країнах – пересічно 2-3 % (США – 3,2 %;

Данія – 6 %; Австрія – 12 %; Швеція – 18 %; Фінляндія – 23 %.

Як бачимо, ресурси біомаси є *ефективним відновлюваним джерелом енергії*, що його різні види наявні практично в усіх регіонах світу.

Отже, у кожному з них може бути налагоджена переробка біомаси в енергію і паливо. На сучасному рівні, використавши біомасу, можна покрити 6-10 % від загальної кількості енергетичних потреб промислово розвинених країн.

Біомаса, здебільшого у формі деревного палива, є основним джерелом енергії приблизно для 2 млрд чол. Для більшості мешканців сільських районів “третього світу” вона лишається єдиним приступним джерелом енергії.

Біомаса як джерело енергії відіграє надзвичайно важливу роль і в розвинених країнах. Навзагал вона дає сьому частину від світового обсягу палива, а за кількістю одержаної енергії спільно з природним газом посідає *третє місце*. З біомаси дістають у 4 рази більше енергії, ніж дає ядерна енергетика.

Стратегія розвитку біоенергетики істотно відрізняється в різних країнах ЄС. Так, Австрія та Італія зосереджують свої зусилля на будівництві теплових станцій потужністю 0,5...10,0 МВт, що використовуватимуть як паливо відходи лісової й деревообробної промисловості. У Фінляндії, Данії та Швеції близько 70 % одержаної з БМ енергії перетворюються в теплову й електричну енергію на великих теплофікаційних ТЕЦ, решта ж – на великих теплових станціях. У більшості випадків такі ТЕЦ мають потужність 10...80 МВт та як первинні енергетичні ресурси використовують БМ і традиційні палива. У США майже всі станції, що працюють на БМ, виробляють електроенергію.

Одним зі способів одержання енергії з біомаси тваринного і частково рослинного походження є її **анаеробне** (без доступу кисню) **зброджування**.

Для цього біомасу певний час витримують без доступу кисню, як правило, при температурі 30–37 °С або 55–60 °С. У цих умовах під дією бактерій частина органічних речовин розкладається і в результаті утворюється метан та вуглекислий газ, суміш яких і є *біогазом*. За нормальних умов роботи реактора (метантенка) одержаний біогаз містить 60–70 % метану, 30–40 % двоокису вуглецю, небагато сірководню (до 3 %), а також домішки водню, аміаку й оксиди азоту. Такий газ не має неприємного запаху, його теплота згорання досягає 25 МДж/м³, що еквівалентно теплоті згорання 0,6 л бензину, 0,85 л спирту або 1,7 кг дров.

Значною перевагою біогазових установок є те, що вони одночасно відіграють роль очисних споруд, що знижують бактерійне та хімічне забруднення ґрунту, води і повітря. Порівняно з малими ГЕС, вітро- й геліоенергоустановками, які є пасивно чистими (використовують екологічно чисті джерела енергії), *біогазові установки* – активно чисті, тобто усувають екологічну небезпечність продуктів, що застосовуються як джерела первинної енергії.

Тепер у Європі зосереджено 44 % світового об'єму установок для зброджування аероба, в Північній Америці – 14 %. 1994 року в країнах ЄС було зареєстровано 397 великих біогазових установок, зокрема промислових і централізованих сільськогосподарських. За своїм потенціалом і концепцією розвитку біоенергетики найближчою до України є, певно, Данія, адже обидві країни мають достатньо малу територію, покриту лісом (близько 14 %), і високорозвинутий сільськогосподарський сектор. У Данії експлуатується 50 теплових електричних станцій і 5 великих ТЕЦ, що застосовують деревину як паливо; працює 8 000 фермерських установок (0,1...1,0 МВт), 62 ТЕС (1...10 МВт) і 9 ТЕЦ, які спалюють солому; діють 18 централізованих біогазових установок, котрі щорічно виробляють 40–45 млн м³ (0,02 млн т н. е) біогазу. В цілому, завдяки застосуванню біогазу покривається 6 % потреби країни в енергоресурсах. Данія наочно демонструє Україні, яких результатів можна досягти в цьому перспективному напрямі.

Дійсно, в Україні на самих лише великих свинарських і птахівничих підприємствах щорічно утворюється понад 3 млн т органічних відходів як сухої речовини, а їх переробка дасть змогу одержати близько 1 млн т у. п. у вигляді біогазу, що еквівалентно 8 млрд кВт·г. електроенергії.

Крім того, існує майже 2 млн негазифікованих приватних обійсть. Досвід країн, не забезпечених природним газом, наприклад КНР, показує, що віддалені сільські місцевості доцільно газифікувати за допомогою малих біоустановок, які працюють на органічних відходах приватних садіб. Так, упровадження 2 млн. установок в Україні дало б змогу одержати близько 2 млрд м³ біогазу на рік (це дорівнює 13 млрд кВт·г енергії) і забезпечило б такі садиви органічним добривом у кількості 10 млн т на рік. Як засвідчив набутий практичний досвід виробництва біогазу є для України найперспективнішим напрямом використання енергії біомаси.

Головними потенційними джерелами, крім зауважених вище, є:

- міські комунальні очисні споруди,
- органічні відходи деяких промислових галузей,
- полігони твердих побутових відходів міст (звалища).

Попередні оцінки потенційних запасів біогазу в Україні свідчать, що (за максимального використання органічних відходів і впровадження сучасної техніки одержання біогазу) його частина в загальному використанні горючих газів може становити близько 10 %.

Потенціал анаеробної ферментації України дає змогу тваринницьким комплексам покрити 30 % їхньої потреби в енергії. При цьому окрім біогазу будуть одержані високоякісні *добрива*. Якщо загалом енергетичні ресурси нетрадиційних енергетичних джерел в Україні становлять 78,2 млн т у. п./р., то з них на частку біоенергетики припадає 21,2 млн т у. п./р., (27 % потенціалу НВДЖЕ).

У наш час біомасу все ширше використовують для вироблення біогазу та подальшої його переробки з метою виробити електроенергію, добрива, тепло.

Біогаз одержують із рідкої маси, що містить 95 % води, тому на практиці його вихід визначити досить важко.

Істотною перевагою переробки біомаси в метантенках (біогазових агрегатах) є те, що у відходах біомаси хвороботворних мікроорганізмів міститься значно менше, ніж у початковому матеріалі.

Одержання біогазу є економічно виправданим і вигідним у разі, коли переробляють постійний потік відходів (стоки тваринницьких ферм, боєнь, потік рослинних відходів тощо). Його економічність полягає у тому, що немає потреби заздалегідь збирати відходи й керувати їхньою подачею. При цьому видно, коли і скільки буде одержано відходів.



Рис. 8. Процес одержання біогазу

Біогаз можна одержувати в установках різних розмірів. Особливо вигідно використовувати біогаз в агропромислових комплексах, де можливий повний екологічний цикл.

Його застосовують для освітлення, опалення, приготування їжі, для надання руху різним механізмам, транспорту, електрогенератору.

Послідовність процесу зображена на рис.8.

На першому етапі складні органічні полімери (клітини, білки, жири та ін.) під впливом різних видів анаеробних бактерій розкладаються на простіші сполуки: леткі жирні кислоти, нижчі спирти, водень та оксид вуглецю, оцетову і мурашину кислоти, метиловий спирт.

На другому етапі бактерії перетворюють органічні кислоти на метан, вуглекислий газ і воду. Температура значною мірою впливає на перебіг процесу анаеробного зброджування органічних речовин.

Найбільш сприятливою є температура 30—40°C (розвиток мезофільної бактерійної флори), а також 50—60°C (розвиток термофільної бактерійної флори). Вибір мезофільного або термофільного режиму роботи визначається аналізом кліматичних та економічних умов. Окрім температурних умов на процес метанового зброджування і на кількість одержуваного газу впливає час обробки відходів.

Під час експлуатації реакторів конче треба контролювати показник рН, оптимальне значення якого — 6,7—7,6. Регулювання цього показника здійснюється через додавання вапна. Біогаз містить 50—80 % метану, має теплоту згорання 5 340—6 230 ккал/кг (6,21—7,24 кВт·год/кг) і може ефективно використовуватися як паливо для газогенераторів і газотурбін з ККД до 80 %, для подальшого вироблення електрики (33 %) або тепла (50 %).

Мікробіологічні технології користаються зі здатності метанових бактерій розщеплювати в безкисневому середовищі органічні речовини рослинного походження й утворювати з них біогаз. З однієї тонни сухих органічних речовин метанові бактерії продукують 200—600 м³ біогазу, що еквівалентно енергоємності 0,5 — 0,6 кг бензину або 0,77 кг у. п. (тобто 5-6 кВт·г електроенергії). У процесі мікробіологічної переробки відходів, використовуваних як дешева енергохімічна сировина шляхом розщеплювання, не забруднюється довкілля, оскільки створюється замкнутий кругообіг речовин й енергії. При цьому досягають 90 % ступеня перетворення енергії органічних відходів на біогаз. Це в 3—4 рази перевищує даний показник, що його дістають під час спалювання рослинного палива в печах.

Сучасні біогазові установки мають найрізноманітніші розміри: від малих, продуктивністю 3—8 м³ до середніх (25—170 м³) і великих (250—500 м³ та більше).

Провідне місце у виробництві біогазу посідає Китай, де будівництво невеликих біогазових установок почалося з 70-х років ХХ ст. Щороку тут виробляли до 1 млн установок і до 1996 р. їх налічувалося вже понад 17 млн (об'ємом 8-10 м³). У Китаї також побудовано більше як 40 000 великих біогазових агрегатів, а це дає змогу переробляти до 230 млн т відходів на рік і при цьому продукувати близько 110 млрд м³ газу, що еквівалентно використанню природного газу в Україні.

До початку ХХІ ст. кількість біогазових установок у Китаї перевищила 30 млн. Вони перероблятимуть близько 1 млрд т відходів, продукуючи до 500 млрд м³ газу, що дорівнює 350 млн т у. п.

Друге місце за показниками розвитку біоенергетики належить Індії — більше 1 млн біогазових установок. Швидкому розповсюдженню біотехнології в Китаї та Індії сприяло те, що держава надала субсидії й пільги на придбання будівельних матеріалів для спорудження біогазових установок.

Батьківщиною першого промислового метантенка є Англія. Тут біогазові установки досить ефективно використовують у сільському господарстві: ще 1990 року за допомогою біогазу були покриті всі енерговитрати в сільському господарстві. У Лондоні функціонує один з найбільших у світі комплексів з переробки побутових стічних вод і виробництва біогазу — до 92 млн м³ на рік.

Паливо для дров'яних печей екологічно є досить чистим, його потенційна енергія велика. Воно не зменшує ресурсів лісу, якщо виробляється з відходів лісопромисловості, з повалених дерев, з продуктів розчищення лісу.

Якщо ж на паливо вирубують гарні лісові масиви і при цьому не відновлюють лісовий фонд, то природі завдається непоправної шкоди. Звичний хвойний, хвойно-буковий або хвойно-дубовий ліс відновлюється через 25—100 і більше років. Швидкоросла тополя, західний і кленолистий каштан, що дає високі врожаї, можуть допомогти розв'язати проблему швидшого відновлення лісових масивів, але далеко не скрізь.

Використання органічних відходів має потрійний позитивний ефект:

- дає енергію,
- зменшує кількість відходів,
- сприяє збереженню довкілля.

Тому в ряді країн інтерес до біомаси зріс не тільки як до палива, а і як до сировини, що з неї можна виробляти *паливний спирт для автомобілів*. У Бразилії понад 2 млн автомобілів працюють на гідролізованому спирті, 8 млн – на суміші бензину і спирту (спирту – до 20 %). Цей досвід усе більше поширюється в США, Швеції, Кенії, Зімбабве, Малайзії, на Філіппінах.

У країнах СНД переробку біомаси в паливо здійснюють за трьома напрямками:

- **біоконверсія** – розкладання органічних речовин рослинного або тваринного походження без доступу повітря завдяки спеціальним видам бактерій та, як наслідок утворення біогазу (метану) або/і рідких палив (етанолу, бутанолу й ін.). Одержання теплової енергії у процесі мікробіологічного окиснення аероба органічних речовин (біопідігрів, компостування городних і садових відходів) також належать до цього напрямку;

- **термохімічна конверсія (піроліз, газифікація, синтез)** твердих органічних речовин (дерево, торф, вугілля) у метанол, штучний бензин, деревне вугілля, що її частіше називають термічною газифікацією. Вона вірогідно є процесом нагрівання біомаси в камері з контрольованою подачею повітря. При цьому виділяються леткі гази, що є основою твердої біомаси (соломи, деревини тощо). Так, під час газифікації деревини утворюються: азот – 50–54 %, оксид вуглецю – 20–22 %, водень – 12–15 %, двоокис вуглецю – 9–12 %, метан.

Паливо перетворюється на газ у результаті хімічних процесів: висушування, піролізу, спалювання (окиснення), і відновлення.

На **рис.9** показана схема противоточної газифікації, основні хімічні реакції й потоки, рівні температур та зони реакцій;

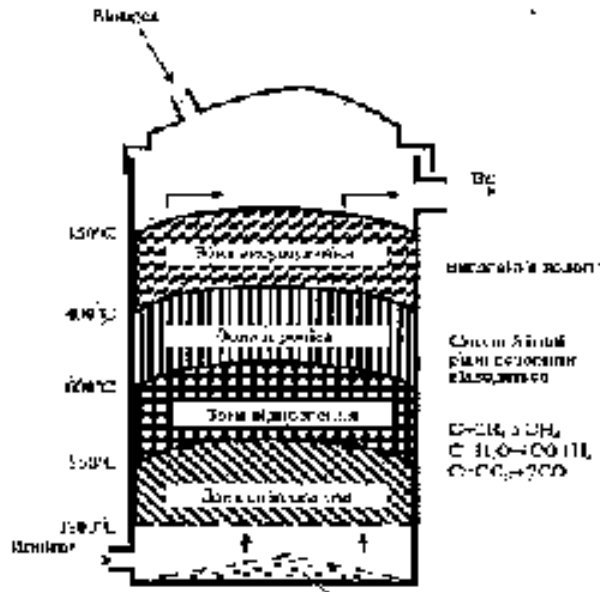


Рис. 9. Схема противоточної газифікації біомаси

- **спалювання відходів** (макуха, щепи, лігнін та ін.) у котлах спеціальної конструкції, в печах, на вогнищах. До цього напрямку належить і спалювання дров у побутових печах.

Найперспективнішим та екологічно безпечним вважають перший напрям – біоконверсію. Вона передбачає значне скорочення відходів тваринництва, птахівництва і, відтак, менше забруднення ними ґрунту, води, повітря, оскільки ці відходи цілком ідуть на переробку. У процесі біоконверсії одержують високоякісні добрива, адже під час анаеробного зброджування азот і фосфор у ґної зберігаються повністю, а за традиційного вивезення ґною на поля втрачають до 30–40 %. Біоконверсія дає також якісні кормові добавки і препарати. У процесі переробки всіх відходів тваринництва й рослинництва в Росії (близько 20 млн т сухої речовини) можна одержати близько 35 млрд м³ біогазу (тобто приблизно не 60 млн т у. п.), а в Україні – майже 3,5 млрд м³ метану.

Основною причиною досить повільного впровадження БЕУ у виробництво й використання їх в агропромислових комплексах СНД є цілковитий брак державної підтримки підприємствам, що виготовляють такі установки, надто висока ціна на них і відсутність пільг на придбання та експлуатацію БЕУ. Цим країни СНД відрізняються від, скажімо, Сполучених Штатів чи Китаю.

Проте за розмаїттям, ефективністю та оригінальністю останні розробки БЕУ в Росії й Україні (1992–1998 рр.) є цілком конкурентоспроможними. Є установки для інтенсивного вирощування мікроводоростей і їхньої переробки на гліцерин та рідкі вуглеводні (розробник – Московський державний університет).

Розроблено проекти комплексів на базі ставків-охолоджувачів атомних і теплових електростанцій, які виробляють рідке паливо й поставляють рибу; розроблено біореактори для індивідуальних невеликих господарств (об'єм метатенка 3 м³) і дачних ділянок (розробка Київського ін-ту УкрНДІАгропроект). Ще з 1965 р. біля Києва в с. Бортничі діє біоустановка, що виробляє близько 10 млн м³ біогазу на рік з осади стічних вод Києва. Аналогічні установки функціонують у Харкові, Одесі, Кривому Розі. Розрахунки підтверджують доцільність прискореного розвитку біоенергетики як з економічного, так і з екологічного поглядів.

Лекція 11. Перспективна енергетика. Ч.1.

План.

1. Геотермальна енергетика.
2. Енергія Світового океану.

1. Геотермальна енергетика.

Геотермальна енергія – це енергія тепла, яка виділяється із внутрішніх зон Землі впродовж сотень мільйонів років. За даними геолого-геофізичних досліджень, температура в ядрі Землі досягає 3 000–6 000 °С, поступово знижуючись у напрямку від центру планети до її поверхні. Виверження тисяч вулканів, рух блоків земної кори, землетруси свідчать про дію могутньої внутрішньої енергії Землі. Учені вважають, що теплове поле нашої планети зумовлено радіоактивним розпадом у її надрах, а також гравітаційною сепарацією речовини ядра.

Головними джерелами розігрівання надр планети є уран, торій і радіоактивний калій. Процеси радіоактивного розпаду на континентах відбуваються, здебільшого, у гранітному шарі земної кори на глибині 20–30 і більше км, в океанах – у верхній мантії. Припускають, що в підшві земної кори на глибині 10–15 км імовірне значення температур на континентах дорівнює 600–800 °С, а в океанах – 150–200 °С.

Людина може використовувати геотермальну енергію тільки там, де вона виявляє себе близько до поверхні Землі, тобто в районах *вулканічної та сейсмічної активності*. Нині геотермальну енергію ефективно використовують такі країни, як США, Італія, Ісландія, Мексика, Японія, Нова Зеландія, Росія, Філіппіни, Угорщина, Сальвадор. Тут внутрішнє земне тепло підіймається до самої поверхні у вигляді гарячої води й пари з температурою до 300 °С і часто виринає назовні як фонтануючі джерела (гейзери), приміром, знамениті гейзери Еллуостонського парку в США, гейзери Камчатки, Ісландії. Геотермальні ресурси підрозділяють на суху гарячу пару, вологу гарячу пару і гарячу воду.

Свердловину, яка є важливим джерелом енергії для електричної залізниці в Італії (поблизу м. Лардерелло), з 1904 р. живить суха гаряча пара. Два інші відомі в світі місця з гарячою сухою парою – поле Мацукава в Японії та поле гейзерів біля Сан-Франциско, де також давно й ефективно використовують геотермальну енергію. *Найбільше в світі джерело вологої гарячої пари* знаходиться в Новій Зеландії (Вайракей), геотермальні поля трохи меншої потужності – у Мексиці, Японії, Сальвадорі, Нікарагуа, Росії.

Таким чином, можна відокремити чотири основні типи ресурсів геотермальної енергії:

- поверхнєве тепло землі, використовуване тепловими насосами;
- енергетичні ресурси пари, гарячої й теплої води біля поверхні землі, які нині використовують у виробництві електричної енергії;
- теплота, зосереджена глибоко під поверхнею землі (можливо, за відсутності води);
- енергія магми і теплота, що накопичується під вулканами.

Запаси геотермальної теплоти (~8·10³⁰ Дж) у 35 млрд разів перевищують річне світове споживання енергії. Лише 1 % геотермальної енергії земної кори (глибина 10 км) може дати кількість енергії, що в 500 разів перевищує всі світові запаси нафти й газу. Проте сьогодні може бути використана лише незначна частина цих ресурсів, і це зумовлено насамперед економічними причинами.

Початок промислового освоєнню геотермальних ресурсів (енергії гарячих глибинних вод і пари) було покладено 1916 року, коли в Італії ввели в експлуатацію першу геотермальну електростанцію потужністю 7,5 МВт. За час, що минув, накопичено чималий досвід у сфері практичного освоєння геотермальних енергоресурсів. Загальна встановлена потужність діючих геотермальних електростанцій (ГеоТЕС) дорівнювала: 1975 р. – 1 278 МВт, 1990 року – 7 300 МВт. Найбільшого прогресу в цьому питанні досягли США, Філіппіни, Мексика, Італія, Японія.

Техніко-економічні параметри ГеоТЕС змінюються в досить широких межах і залежать від геологічних характеристик родовища (глибини залягання, параметрів робочого тіла, його складу тощо). Для більшості введених в експлуатацію ГеоТЕС собівартість електроенергії є подібною до собівартості електроенергії, одержуваної на вугільних ТЕС, і становить 1 200...2 000 дол США/кВт.

В Ісландії 80 % житлових будинків обігрівается за допомогою гарячої води, добутої з геотермальних свердловин під містом Рейк'явік. На заході США коштом геотермальних гарячих вод обігрівають близько 180 будинків і ферм. На думку фахівців, між 1993 і 2000 рр. глобальне вироблення електрики за допомогою геотермальної енергії мало зрости більш ніж удвічі й бути використане в 40 країнах. Запасів геотермального тепла в США існує так багато, що воно може, теоретично, давати в 30 разів більше енергії, ніж її зараз споживає держава.

У перспективі можливе використання тепла магми в тих районах, де вона розташована близько до поверхні Землі, а також сухого тепла розігрітих кристалічних порід. В останньому випадку свердловини бурять на кілька кілометрів, закачують униз холодну воду, а назад одержують гарячу.

За допомогою геотермальних ресурсів електрику можна виробити трьома способами (**рис. 10**):

- А – за наявності сухої пари, її можна примусити безпосередньо обертати турбіну;
- Б – за наявності перегрітої води, частини струменя гарячої води під тиском виходять на поверхню і перетворюються на вологу пару, яку після сепарації крапель води спрямовують на обертання турбіни;
- В – використання бінарного циклу: нагрівання робочої рідини (ізобутану або фреону) до пароподібного стану й обертання турбіни за допомогою одержаної пари.

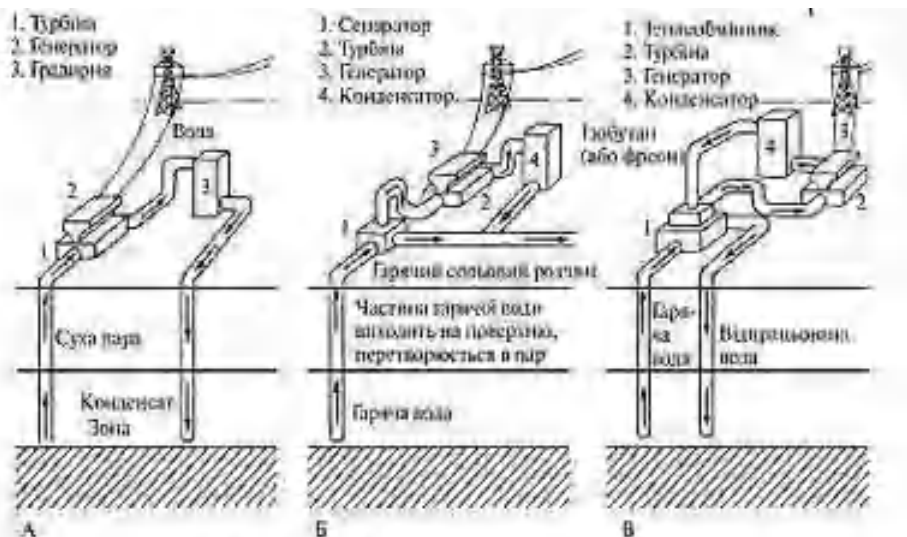


Рис. 10. Виробництво електроенергії

Якщо неможливо прямо використати пару з огляду на агресивність води, гідротермальну енергію віддають теплоносієві за допомогою пароутворення і водяного теплообмінника (рис.11).

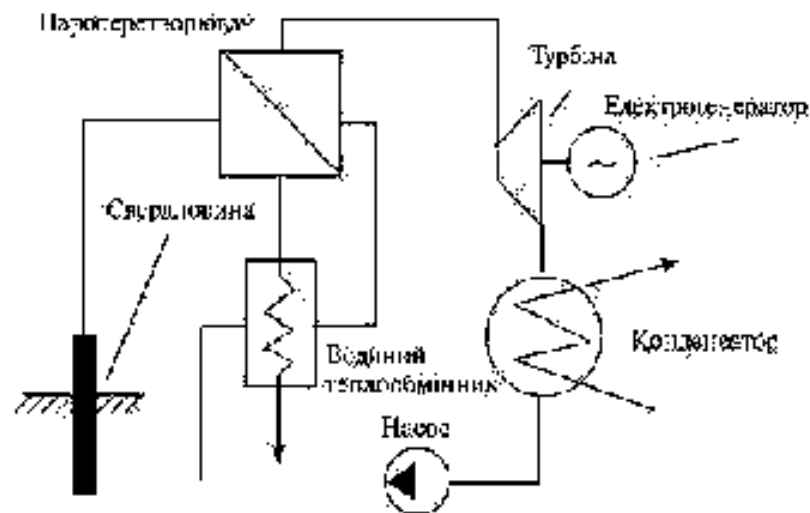


Рис. 11. Принципова схема геотермальної електростанції

Найбільша електростанція в світі, яка працює на вологій парі, розташована в Новій Зеландії (Вайракей). З 1958 року вона виробляє до 192 МВт на рік. У США перша електростанція, що працює на гарячій вологій парі, була запущена в 1980 р. (м. Бролі, Каліфорнія). Її потужність – близько 10 Мвт. В Альбукерке (м. Нью-Мексико) діє аналогічна станція потужністю 50 МВт.

У США, Японії, колишньому СРСР проводили дослідження щодо використання гідротермальних вод у бінарному циклі, коли гаряча вода нагріває аж до перетворення на пару іншу рідину, що її температура кипіння є нижчою, ніж у води (наприклад, ізобутан). Пара другої рідини обертає турбіну й після охолодження повертається до теплообмінника для нового кипіння і роботи. Геотермальний потенціал США, Японії, Італії, Ісландії, Російської Камчатки, Сахаліну є досить великим.

Україна також має значні ресурси геотермальної енергії, потенційні запаси якої оцінюють у 1022 Дж. Це відповідає запасам $3,4 \cdot 10^{11}$ т у. п. Потенційна потужність ГеоТЕС з урахуванням вилучності запасів і ККД перетворення енергії становить 230 ГВт. Пріоритетними районами, де щонайперше слід розпочати будівництво є Керченський півострів, Прикарпаття (Львівська область), окремі родовища в Харківській, Полтавській і Донецькій областях. Значними ресурсами геотермальної енергії наділено Крим, де спостерігають найбільші геотермічні градієнти, а температура гірських порід в окремих районах на глибині 3,5...4 км сягає 160...180°C.

У центральній частині України тільки на глибині 1 400 м можна віднайти води з температурою вище 20°C. Проте у зв'язку з малим дебітом вони не мають практичного значення. Частково термальні води України використовують для систем геотермального постачання тепла в різні об'єкти агропромислового комплексу. Особливий інтерес у цьому плані становлять термальні води Криму. За попередніми оцінками, використання потенціалу самого лише Сивашського водосховища з температурою 65°C дасть змогу заощадити 1 млн т у. п. Наявність у Закарпатті зон з температурою води 200°C і пластовим тиском 45 МПа на глибині 4 тис. м ініціювала дослідження щодо використання тепла сухих гірських порід і будівництво Закарпатської ГеоТЕС.

Інститут технічної теплофікації НАН України розробив систему геотермального теплоносія (рис.12), що має такі показники:

- теплова потужність модуля, МВт – 5;

- зокрема: теплопостачання, МВт – 3;
- гаряче водопостачання, МВт – 2;
- температура води на виході зі свердловини, °С – 60-80;
- температура в опалювальній системі, °С – 50;
- тиск води у свердловині, МПа – не < 1,5;
- габарити будівлі – 6,5×15×6.

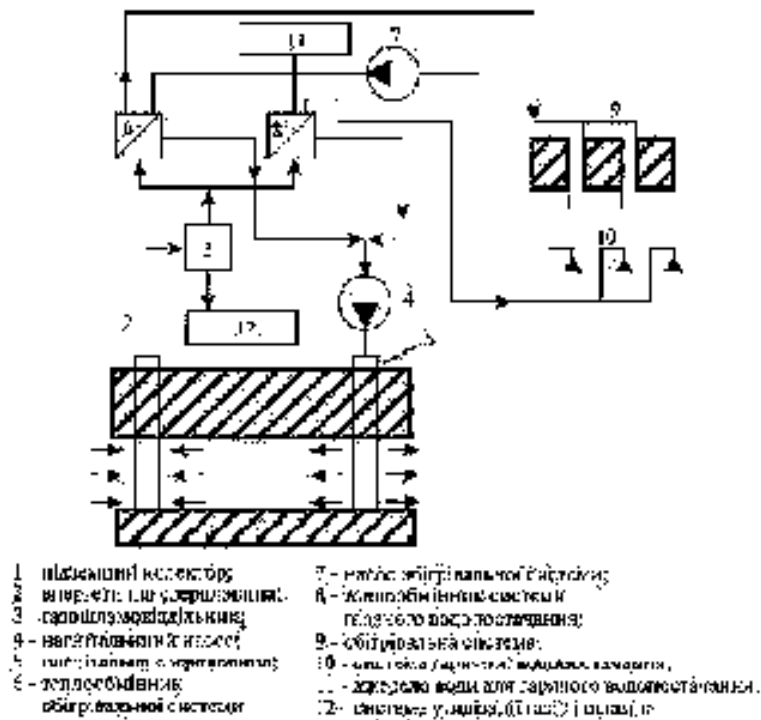


Рис. 12. Схема системи геотермального теплопостачання.

Сумарна потужність ГеоТЕС України, що їх планують збудувати, становить:

- 2000 р. (уведення в експлуатацію) – 60 МВт,
- 2005 р. – 270...280 МВт,
- а 2010 р. – 620...650 МВт.

Економія органічного палива за експлуатації ГеоТЕС має дорівнювати:

- у 2000 р. – 150 тис. т у. п.,
- 2005 р. – 460 тис. т у. п.,
- 2010 р. – 1 млн т у. п.

З представлених даних видно, що залучення геотермальних джерел до системи енергопостачання сприяє поліпшенню паливно-енергетичного балансу, а також зниженню негативного впливу традиційної енергетики на екологічну обстановку, зокрема найбільш напружених регіонів України. Фахівці підрахували, що для забезпечення електроенергією міст із населенням 1 млн осіб потрібна геотермальна електростанція потужністю 1 000 МВт. Проте будівництво геотермальних електростанцій може мати серйозні несприятливі наслідки, перш за все екологічні (теплове, сольове, газове забруднення довкілля).

2. Енергія Світового океану.

Ще 20 років тому російські вчені підраховали: якщо ефективно використовувати енергію, що міститься у Світовому океані, то можна розв'язати енергетичну проблему нашої цивілізації на найближче сторіччя, бо в океанських хвилях, течіях, припливах і відпливах, у температурних полях приховані величезні запаси енергії.

Проблема полягає у тому, що добувати цю енергію і трансформувати її в електрику поки що дуже складно і дорого, з технічного боку.

Нині виокремлюють *п'ять основних відновлюваних джерел енергії Світового океану*:

- ✓ течії (потенційний запас енергії – близько 0,05 ТВт (тобто $0,05 \cdot 10^{12}$ Вт);
- ✓ хвилі – 2,7 ТВт;
- ✓ припливи – 0,03 ТВт;
- ✓ температурний градієнт – 2,0 ТВт;
- ✓ градієнт солоності – 2,6 ТВт.

Нагадаємо, що сумарна потужність усіх електростанцій земної кулі становить приблизно 1 ТВт (на сьогодні). До початку ХХІ ст. найефективніше навчилися використовувати хіба що **енергію припливів**.

Припливні електростанції (ПЕС).

Енергію припливів використовували завжди, про це свідчать припливні млини, споруджені на узбережжі Англії, Франції, Іспанії, Росії, Канади, США тощо. Відомий Вудбріджський млин побудовано ще в ХІІ ст.

Ці млини споруджували таким чином: перекривали загатами невеличкі бухти, внаслідок чого утворювався спеціальний басейн, і розміщували в ньому млинові колеса, які досягали 6 м у діаметрі й рухалися в період відпливу. В Англії така установка, розташована під арками Лондонського моста, від 1580 р. протягом 250 років качала прісну воду для потреб міста.

Особливістю припливних електростанцій є використання ними природно відновлюваної енергії морських припливів, природа яких пов'язана з припливотворною силою, що виникає під час гравітаційної взаємодії Землі з Місяцем і Сонцем. Для водної оболонки Землі практичне значення має лише горизонтальна складова припливотворної сили. Оскільки Місяць є ближчим до Землі, розмір припливу, зумовленого його дією, в 2,2 раза більший від сонячного. На узбережжі морів та океанів найчастіше трапляється півдобовий приплив, себто за місячну добу (24 г 50 хв) максимальна хвиля припливу надходить двічі.

Величину припливу A визначає різниця в рівнях води під час максимального підйому і мінімального зниження за період припливу. Максимальне відхилення від середнього рівня моря називають амплітудою припливу, і вона дорівнює $0,5 A$. Амплітуди і форми припливно-відпливних хвиль на різних узбережжях Світового океану істотно відрізняються, а це пов'язано з такими чинниками, як глибини, конфігурація берегової лінії та ін.

Нерівномірність припливних коливань протягом місячного місяця характеризується зміною величини припливу від $A_{\text{макс}}$ (сизигія) до $A_{\text{мін}}$ (квадратура). Закономірність зміни припливів усередині місяця, викликана рухом Місяця і Сонця, залишається практично незмінною для всіх місячних місяців року. Середнє значення величини припливу для всіх однойменних діб місячного місяця також є практично незмінною в річному й багаторічному розрізах. Енергія припливної хвилі вірогідно є функцією від величини припливу. Відмітною особливістю припливної енергії постає незмінність величини середньомісячної енергії для будь-якого року.

Величини припливів на морських узбережжях є різними. Так, максимальну величину припливу, що становить $A_{\text{макс}}=19,5$ м, спостерігали в Канаді в затоці Фанді на узбережжі Атлантичного океану; $A_{\text{макс}}=16,3$ м – у Англії у гирлі р. Северн, $A_{\text{макс}}=14,7$ м – на півночі Франції, $A_{\text{макс}}=11,0$ м – у Росії в Пенжинській затоці Охотського моря.

Для створення ПЕС необхідні сприятливі природні умови, які включають:

- ✓ великі припливи ($A > 3\text{--}5$ м);
- ✓ контур берегової лінії (бажано з утворенням затоки), який дає змогу відділити від моря басейн для роботи ПЕС за мінімальної довжини і висоти загати,
- ✓ сприятливі геологічні умови для будівництва.

Енергетичні параметри ПЕС із півдобовим припливом визначають як:

$$E = 1,97 A^2 c_p F, \quad N = 225 \cdot 10^{-6} A^2 c_p F,$$

де E – вироблення енергії, кВт·г на рік; N – середня потужність, кВт; A_{cp} – середньоквадратична амплітуда за місячний місяць, м; F – середня площа поверхні басейну в межах припливних коливань рівня, м².

Реальні умови створення і заповнення басейну протягом тривалого часу за умов перепадів, менших від A_{cp} істотно відрізняються від ідеальних, а фактичні величини N і E будуть меншими в 2-4 рази порівняно з одержаними відповідно до наведеної формули.

Загальний потенціал припливної енергії в усьому світі за потужністю оцінюється орієнтовано в майже 1 млрд кВт, а за виробленням енергії у 1 240 млрд кВт·г, зокрема в Росії – близько 200 млрд кВт·г.

У Франції в естуарії р. Ранс, (м. Сен-Мало) з 1967 р. працює припливна електростанція потужністю 240 МВт (висота припливу 10 м), яка виробляє 60 МВт енергії, в Росії з 1968 р. діє Кислогубська ПЕС потужністю 0,4 МВт, у Канаді з 1984 р. – ПЕС Аннаполіс потужністю 20 МВт тощо.

Припливні електростанції можна спорудити лише в 24 точках світу, тобто цей енергоресурс досить обмежений. Мова йде про деякі райони Ла-Маншу, Ірландії, узбережжя Північної Америки, Австралії, кілька ділянок узбережжя Білого й Баренцового морів.

Найбільші перспективи для спорудження припливної електростанції має узбережжя Канади в затоці Фанді, де висота припливу досягає 16,2 м (можлива потужність – близько 3 800 МВт). Американські вчені вважають, що в океані міститься близько 3 ТВт енергії припливів, але тепер практично можна використовувати лише приблизно 0,03 ТВт.

За цілком можливе визнають використання океанських течій (Гольфстрім в Атлантиці, Куросіо в Тихому океані), швидкість яких становить 1—2,5 м/с, а теоретична потужність – від 15 ГВт (Гольфстрім) до 50 ГВт (Куросіо). Припускають, що загальна потужність океанських течій дорівнює не менше 100 ГВт.

Найперспективнішим і найліпше освоєним джерелом океанської енергії постає, енергія градієнта солоності, тобто енергія, що виділяється в процесі змішення солоних морських вод із прісними дощовими й річковими водами. Різниця осмотичного тиску між прісною і солоною водою становить близько 24 кг/см², що за концентрації енергії еквівалентно тиску стовпа 240 м заввишки. Натомість у Мертвому морі, де вода є суперсолонною, концентрацію енергії градієнта солоності можна порівняти з тиском водяного стовпа 5 000 м заввишки. Запаси цієї енергії визначають за швидкістю випаровування води з поверхні океану й подальшого її випадання назад в океан. З поверхні океану за рік випаровується шар води 1,3 м завтовшки. Об'єм води (Q), що випаровується, становить $1,2 \cdot 10^7$ м³/с.

За осмотичного тиску $\pi=24 \cdot 10^4$ кг/м² потужність цього джерела енергії визначають як:

$$P = \pi \cdot Q = 30 \text{ ГВт.}$$

Оскільки багато великих міст розташовано в гирлах річок, використання градієнтів солоності як джерела енергії має неабиякі перспективи.

Теплова енергія океану (температурний градієнт) у майбутньому також може ефективно використовуватися за допомогою термоелектричних генераторів, що працюють на перепадах температур. Різниця температур поверхневих і глибинних вод є особливо присутньою в районах теплих течій і може досягати 20–22 °С.

Першими теплову енергію океану запропонували використовувати французькі науковці. 1881 року за проектом фізика Д'Арсонваля на Кубі, в затоці Матансас, сконструювали й апробували *океанську теплову енергетичну станцію (ОТЕС)*). У 1929 р. учень Д'Арсонваля Жорж Клод створив іншу систему і випробував її, але незабаром станцію було зруйновано.

Робота ОТЕС ґрунтується на принципі поперемінного використання шарів води з різною температурою для кип'ятіння і конденсації **робочої рідини**, наприклад, рідкого аміаку або пропано-фреону, коли в проміжках пара цієї рідини має обертати турбіну при високому тиску (рис.13).



Рис. 13. Схема океанської теплової енергетичної установки із замкнутим циклом

Теплу поверхневу воду застосовують для перетворення робочої рідини на пару, що обертає турбіну з електрогенератором. Для конденсації пари в іншому теплообміннику використовують подану насосами холодну воду з глибини океану. Конденсована рідина далі знову подається в перший теплообмінник, нагрівається, перетворюється на пару – і цикл повторюється, йде безупинне вироблення електроенергії. Оскільки процес відбувається в морі, проблемою може стати прокладання й утримання електрокабелів на дні океану, а також те, що труба для станції потужністю, наприклад, 10 МВт має бути занурена на декілька сотень метрів углиб океану, а її діаметр – становити близько 15 м. Утримати такий агрегат у стійкому положенні, захистити його від поштовхів і тиску хвиль і течій буде досить складно.

Проте в США впродовж останніх десятиліть ведуться серйозні дослідження з розробки і вдосконалення різних океанських теплових енергетичних станцій. Два експериментальні проекти пристрою ОТЕС-1 (Ocean Thermal Energy Conservation) діють із 1982 р. в районі Гавайських островів. Один із пристроїв змонтовано на колишньому танкері ВМС США “Чепачет”; він має потужність 1 МВт, складається з трьох трубопроводів холодної води (діаметром – 1,2 м), що підіймають воду з глибини 640 м, і насосної групи.

Розроблено ще декілька проектів ОТЕС:

- ✓ установка біля м. Кіе-Уест (Флорида) для вироблення 50 МВт електроенергії та 2 млн л прісної води щоденно;
- ✓ установка поблизу о. Оаху (Гаваї) потужністю 40 МВт й інші, потужністю від 12,5 до 400 МВт.

Якщо на дослідження і проектування у сфері ОТЕС 1972 р. в США було виділено 85 тис. дол, то вже 1980 року – 46 млн дол. До кінця ХХ ст. США планували створити 25 установок ОТЕС потужністю 400 МВт кожна.

Існує думка, що на базі ОТЕС можуть бути створені плавучі заводи з енергоємними електрохімічними процесами – виробництвом аміаку, алюмінію, водню, кисню, метанолу.

Окрім США, роботи зі створення ОТЕС проводяться в Японії, Великобританії, Індії, а також, у рамках європейської програми «Євроушен», 26 компаніями Франції, Нідерландів, Швеції та Італії.

У країнах СНД, порівняно зі згаданими державами, масштаби досліджень у галузі створення і використання ОТЕС видаються дуже скромними.

Функціонування ОТЕС спричинює негативні екологічні наслідки, серед яких можна назвати:

- ✓ неспокій,

- ✓ перешкоди, а іноді й руйнівний вплив станцій, устаткування, трубопроводів та електропроводів, якщо їх скупчено в місцях мешкання людей чи на шляхах міграції риб та інших гідробіонтів у шельфових зонах океанського узбережжя,
- ✓ забруднення водного середовища побутовими відходами електрокомплексу;
- ✓ станції не займають землі на суходолі, але охоплюють значні площі в морі, і це дається взнаки там, де життя в прибережній зоні активне й багатоманітне.

Нарешті, для виробництва електроенергії може бути використана енергія океанських хвиль. За підрахунками фахівців, в океанських хвилях міститься близько 3 ТВт енергії. Пересічна хвиля Північного, Японського морів або Біскайської затоки містить 40 кВт енергії на кожен літр. Але таких районів, де хвилі активні і їх можна ефективно використовувати для перетворення на електроенергію, у Світовому океані є обмаль – біля берегів Англії, Японії, Камчатки, дещо менше – в Чорному морі. Енергозапаси хвиль оцінюють на підставі багатьох вимірювань параметрів хвилювання за допомогою спеціальних приладів – хвилеграфів.

Океанографи Росії та США, побувавши в морських експедиціях, дістали підтвердження фактам, на які зважили стародавні мореплавці, зокрема Джеймс Кук, а саме, що висота штормових хвиль у Північній Атлантиці може досягати 20–25 м. Іноді моряки (танкер «Романо», США, 1933 р.) стикалися з хвилями 36 м заввишки! Такі хвилі, згідно з підрахунками проф. Н. В. Вершинського, на 1 м свого фронту містять до 70 МВт енергії, тобто власне стільки, скільки виробляє середня електростанція.

Для Чорного моря питома потужність становить 8, для Каспійського – 11, Баренцового – 29, Охотського – 20, Балтійського – 8 кВт/м. Новітні методи вимірювань параметрів хвиль, окремо за допомогою стереофотозйомки і дистанційної зйомки, показують, що висота найбільших хвиль не перевищує 25-30 м в океанах і 15-20 м – в окремих морях.

Перший у світі патент на пристрій, що використовує енергію хвиль, здобули французи – батько і син Жерари в 1799 р. Першу діючу установку запустили американці 1889 року, на узбережжі неподалік від Нью-Йорка. Вона давала електрику для насосів, що закачували воду у водонапірну башту. До середини 20-х років ХХ ст. було зареєстровано понад 1 000 заявок на способи перетворення енергії хвиль і відповідну апаратуру, зроблено чимало доповідей і повідомлень на міжнародних конференціях.

Тепер *найпоширенішим* є тип хвильових електростанцій, що працюють на принципі “осцилюючий водний стовп” (автор – японський морський офіцер І. Масуда, 1965 р.). 1978 року під керівництвом І. Масуди в Японії був створений великомасштабний макет установки «Каймей». Ця установка розміщена на баржі водотоннажністю 500 т. Вона близько 80 м завдовжки і 12 м завширшки. У днищі баржі зроблено ряд отворів для проходження хвиль у 22 повітряні камери. На борту – 10 пневмохвильових електрогенераторів різних типів (8 – японських, 2 – англійських) потужністю по 125 кВт, а також двонаправлений пневмохвильовий електрогенератор «Мак-Кормік» (США, професор Морської академії М. Мак-Кормік). Нині у США ведуться інтенсивні випробування різних модифікацій установок на зразок «Мак-Кормік», аналогічні розробки мають Норвегія, Ірландія, Японія.

У колишньому СРСР перші випробування хвильових насосів було здійснено 1936 року (інж. О. Г. Блінов). Пізніше виконувалися розробки із застосуванням лінійних індукційних генераторів, гнучких оболонок, п'єзоелементів. Наразі в СНД ці роботи і випробування практично призупинені.

Лекція 12. Перспективна енергетика. Ч.2.

План.

3. Воднева енергетика.
4. Штучний місяць.

3. Воднева енергетика.

3.1. Напрями та перспективи розвитку водневої енергетики.

Поняття «воднева енергетика», що застосовується для позначення нової області техніки і природних наук, яка виникла на стику хімії, хімічної технології, фізики, енергетики і машинобудування, з'явилося у середині 70-х років нашого століття.

Воднева енергетика розглядає цілий комплекс питань, пов'язаних із отриманням, зберіганням і використанням водню як енергоносія, у тому числі в енергосистемах з автономним енергозабезпеченням. Передбачається, що в майбутньому такі енергосистеми, основані на використанні енергії відновлюваних джерел, відіграватимуть помітну роль в енергетичному балансі країн.

Основними перевагами використання водню в якості джерела енергії можна віднести наступне:

- водень універсальний екологічно чистий енергоносіє і може бути отриманий із екологічно чистих джерел енергії;
- водень може зберігатись, транспортуватись і використовуватись різноманітними способами;
- водень може замінити викопне паливо в різних галузях народного господарства та на транспорті;
- для виробництва водню можуть бути використані внутрішні ресурси, забезпечуючи енергетичну незалежність держави.

Відповідно до прогнозів, економічна вартість переходу на водень у найближчому майбутньому не буде надзвичайно високою, якщо враховувати екологічні фактори. Сучасні дослідження показують, що водень може перекрити до 85 % всіх енергетичних потреб у секторі індустрії і 92 % потреб побутового сектору і сектору індивідуальних споживачів.

Він може замінити природний газ для побутових та інших потреб:

- бензин та дизельне паливо – у двигунах внутрішнього згоряння,
- спеціальні види пального – у ракетній техніці,
- ацетилен – у процесах зварювання металів,
- кокс – у металургійних процесах,
- метан – у паливних елементах.

Розвиток водневої енергетики передбачає побудову ефективної та економічної інфраструктури постачання споживачів воднем, що використовується у якості енергоносія. Роботи щодо розвитку водневої енергетики зараз виконуються у більшості країн світу. У США, Японії і ЄС технології водневої енергетики включені під першим номером у список критичних технологій, від успіху реалізації яких залежить економічна безпека цих країн. У розвитку водневої енергетики ці країни, спільно із транснаціональними компаніями, вкладають сотні мільярдів доларів. Національні стратегії розвитку водневих технологій та їх інтеграція у життєво важливі галузі економіки – енергетичну, транспортну та галузь житлово-комунального господарства приймають уряди країн практично всього світу. Воднева тематика стає все більш популярною не тільки в країнах, які займаються цим питанням вже десятки років (США, Японія, Південна Корея, Канада) але й у країнах, що стрімко розвиваються – Австралія, Перу та Марокко.

Тільки в цьому місяці Німеччина оголосила власний національний план розвитку водневих технологій із бюджетом на 7 млрд євро. Наприкінці травня 2020 року у Брюсселі віце-президентом Єврокомісії презентовано план розвитку водневої галузі до 2030 року. План розроблено на основі досліджень про попит на споживання водню (FCH JU Hydrogen Roadmap Europe) та досліджень про обсяги його виробництва до 2030 року («Зелений водень Європи», «2x40 ГВт «зеленого» водню для Європейської зеленої угоди»). Загальний обсяг інвестицій до 2030 року оцінюється в 430 мільярдів євро, а необхідна підтримка – 145 мільярдів євро. Зокрема, на виробництво водню планується витратити 220 млрд євро, із яких 160 буде спрямовано саме на отримання водню за рахунок сонячних та вітрових станцій. 120 млрд євро буде використано на будівництво водневої інфраструктури та проєктів із зберігання водню. Ще 90 млрд євро буде спрямовано на створення допоміжних для водневої галузі виробництв – балонів, необхідної газової арматури, паливних комірок тощо. До 2030 року загальний обсяг інвестицій у водневу галузь складе 575 млрд євро. Головним провідником у фінансуванні водневих проєктів Єврокомісією призначено Європейський інвестиційний банк.

Уже понад 20 країн і понад 50 корпорацій розробили довгострокові програми розвитку водневих технологій. Ці програми реалізуються за державної підтримки через надання пільг, бюджетне фінансування та міжнародну технологічну кооперацію. Не тільки Євросоюз у цілому, але й окремі його країни затвердили на урядовому рівні власні водневі стратегії (Франція, Німеччина, Нідерланди, Норвегія, Великобританія), не кажучи вже про США, де водневі технології розвиваються останні 20 років.

Більшістю країн водень у суміші з природним газом розглядається як головна можливість для декарбонізації газопровідних поставок. Експерти з Міжнародного енергетичного агентства підрахували, що додавання лише 20 % водню у європейську газову мережу призведе до скорочення викидів CO₂ на 60 млн тонн на рік (цей обсяг можна порівняти з викидами вуглекислого газу Данії за такий самий період).

В інтегрованій енергетичній системі водень може забезпечити декарбонізацію таких енергоємних секторів як транспорт, промисловість, енергетика тощо. У Європейській Водневій Стратегії розглядається питання яким чином втілити цей потенціал у реальність за рахунок інвестицій, законодавчих і ринкових механізмів та світових інновацій. Стратегією запропонований поетапний підхід, який передбачає, що в 2020-2024 роках у ЄС має бути встановлено як мінімум 6 ГВт водневих електролізерів, які вироблятимуть до 1 млн тонн водню з ВДЕ. У 2025-2030 роках пропонується вийти на рівень 40 ГВт електролізерів, завдяки яким виробництво досягне 10 млн тонн чистого водню. До 2050 року ці технології мають широко використовуватися у всіх сферах діяльності. Для досягнення цієї мети буде створено Європейський альянс чистого водню (European Clean Hydrogen Alliance) у рамках якого будуть співпрацювати представники промисловості, влади, громадськості та Європейського інвестиційного банку для розвитку інвестиційних водневих проєктів.

У Великобританії планують до кінця 2020 року запустити перший інвестиційний фонд, орієнтований на водень, який матиме «Hydrogen One Capital». Стартовий капітал фонду становить 315 млн дол (250 млн фунтів), він надаватиме пріоритет інвестиціям у «зелений» водень, вироблений електролізом води із використанням ВДЕ (вітер, сонячна та гідроенергія). Аналітики Barclays очікують, що попит на водень до 2050 року зросте до 575 млн тонн на рік на ринку вартістю понад 1 трлн дол.

Австралійський уряд виділив 300 млн дол (194 млн дол США) для фінансування водневих проєктів та створив спеціальний фонд просування водню (The Advancing Hydrogen Fund). Фінансування буде здійснюватись урядовою корпорацією «Фінансова корпорація чистої енергії» (CEFC) і зосередиться на проєктах, які демонструють технічну та комерційну привабливість виробництва водню у великих масштабах. Відповідно до Національної дорожньої карти з водню станом на 2018 рік виробництво водню, в залежності від технології, коштувало приблизно від 5 до 7 доларів за 1 кг. У дорожній карті зазначено, що для забезпечення конкурентоспроможності з іншими джерелами енергії витрати на виробництво водню повинні скласти від 2 до 3 доларів.

LCOH, LCOE, LCOT – нормована вартість технологій виробництва водню, електроенергії та застосування на транспорті.

Європейська нова зелена Угода представляє унікальну можливість для України створити та розвивати галузь, яка потенційно може зробити Україну енергетично незалежною з експортно орієнтованою економікою. Передумовою цього є наявність в Україні другого в Європі потенціалу енергії відновлюваних джерел. Так, тільки чотири регіони нашої країни здатні забезпечити половину потреб країн Євросоюзу в енергії. Найбільш перспективними є Одеська (4 ГВт сонячної енергії та 34 ГВт вітрової), і, відповідно, Миколаївська (3/30), Херсонська (3/34) та Запорізька (3/33). У більшості цих областей проєкти опрацьовані та готові для будівництва. Всі ці дані підтверджено річним звітом IRENA (Міжнародна асоціація з відновлюваної енергетики) щодо потенціалу країн світу з виробництва енергії з відновлюваних джерел. Це дозволить у найкоротший термін розпочати реалізацію проєктів, спрямованих на генерацію та експорт «зеленого водню». Також проведено дослідження, щодо можливого використання газотранспортної системи України для транспортування виробленого «зеленого» водню до країн Європи, які показали, що є можливість транспортувати газову суміш із вмістом водню до 25 %, а це 16 млрд м³ зараз або 10 млрд м³ протягом наступних 4-х років. Відповідно до «Green Hydrogen Initiative 2x40 gigawatt» та плану виходу з кризи COVID 19, на Україну виділено створення 10 ГВт нових потужностей з виробництва «зеленого» водню. Це нові робочі місця, подальший розвиток відновлюваної енергетики без навантаження на тариф для кінцевих споживачів. А головне – це вихід з існуючої енергетичної кризи, яка зараз ставить під загрозу інвестиційну привабливість України як держави та окремих її галузей відповідно. Сумарно це близько 20 млрд євро інвестицій в економіку України. Важливість розвитку водневої енергетики та позитивний ефект від впровадження водневих технологій у сучасну електроенергетику України показано нижче.

Енергетична ефективність:

- реновація зношеного обладнання ТЕС і АЕС;
- зняття системних обмежень на розвиток відновлюваної енергетики; - зменшення втрат електроенергії в процесі передачі;
- підвищення надійності постачання електроенергії споживачам (SAIDI, хв).

Показник SAIDI – це середня тривалість відключення для кожного клієнта. Зазвичай використовується як показник надійності електропостачання клієнтів. Розраховується як відношення сумарної тривалості відключень за звітний період до загальної кількості клієнтів; чим нижчий показник, тим вищий рівень надійності.

Політична ефективність:

- позбавлення політичного тиску РФ на Україну при закупівлі енергоносіїв, обладнання і послуг;
- демонополізація генерації і передачі електроенергії;
- унеможливлення корупції у паливній складовій собівартості електроенергії;
- формування позитивного іміджу України як сумлінного виконавця своїх міжнародних зобов'язань щодо розвитку відновлюваної енергетики та запобігання глобальному потеплінню.

Економіко-соціальна ефективність:

- зменшення витратної складової тарифу на електроенергію;
- зменшення фінансування розвитку РФ;
- економія валюти, сплаченої за імпортовані енергоносії, обладнання та послуги для ТЕС і АЕС;
- зниження середніх ринкових цін на електроенергію за рахунок участі ВЕС і СЕС у покритті пікових навантажень споживання;
- збільшення надходжень у місцеві бюджети;

- створення додаткових робочих місць у науці, енергетиці, промисловості, будівництві та ін.

Екологічна ефективність:

- зменшення до рівня європейських норм викидів речовин, шкідливих для здоров'я людей і довкілля;
- виконання зобов'язань України щодо обмеження процесів, що впливають на зміну клімату на планеті (Київський протокол, Паризька угода та ін.

3.2. Характеристики водню як енергоносія.

У вільному стані та при нормальних умовах водень – безбарвний газ, без запаху та смаку, густиною 0,084 кг/м³, тобто 1 кг водню займає об'єм 11 м³.

У таблицях 2 та 3 наведено основні паливні характеристики водню.

Таблиця 2. Склад відхідного газу при спалюванні метану і водню

Спалюваний газ				Склад відхідного газу, м ³			
Формула	Об'єм, м ³	Теплота згоряння		Витрати повітря на повне спалювання газу, м ³	CO ₂	H ₂ O	N ₂
		кДж/м ³	кВт-год/м ³				
CH ₄	1	38815	10,78	9,52	1	2	7,5
H ₂	1	12770	3,54	2,36	0	1	1,8

Як видно із наведених у таблиці даних, водень є єдиним паливом, при спалюванні якого не забруднюється оточуюче середовище.

Таблиця 3. Паливні характеристики водню

Показник	Значення показника
Питома теплота згоряння, кВт-год/кг / кВт-год/м ³	max
	min
Концентраційні межі займистості, %/об/	4,75
Стехіометричні співвідношення повітря-паливо по масі (21 % O ₂ , 78 % N ₂ , 1 % Ar)	34,5
Концентраційні межі займистості в кисні %/об/	4-95
Діапазон детонацій, %/об/	у повітрі
	у кисні
Максимальна нормальна швидкість поширення вогню, см/с	259
Температура, К: вогню в повітрі при стехіометричному складі суміші, самозагоряння стехіометричної суміші в повітрі	2300 510

Рідкий водень (при температурі 20 К) займає 1/700 об'єму в газоподібному стані. При тиску 80 МПа газоподібний водень практично дорівнює рідкому водню за показником питомого об'ємного енергетичного вмісту і значно поступається рідким паливам. 1 л рідкого водню містить стільки ж енергії, скільки 0,28 л бензину, 0,22 л дизельного палива або гасу, 0,4 л рідкого пропану і 0,54 л метанолу. Проте за питомим масовим енерговмістом рідкий водень майже в 3,5 рази перевищує даний показник нафтових видів палива. Це головна причина, за якою рідкий водень використовується як паливо у випадках, де високий енерговміст на одиницю маси має першорядне значення. Різниця між вищою Q_v і нижчою теплотою згоряння Q_n складає для водню 18,3, метану 10,4 і бензину 6,4 %.

3.3. Застосування водню у відновлюваній енергетиці.

Проблемами отримання водню із використанням відновлюваних джерел у якості первинних джерел енергії, зберігання водню в різних формах та використання водню в якості акумулятора енергії і моторного палива науковці Інституту відновлюваної енергетики НАН України займаються з 1980 року. Прикладом впровадження технологій водневої енергетики є створення українськими і данськими вченими першої в Європі вітроводневої станції і впровадження її у Фолькецентрі (Данія) у 1995 році, що стало реальною основою для розвитку цієї надзвичайно перспективної екологічно чистої галузі енергетики. На той час ніхто не поєднував роботу електролізера з вітроустановкою. Данська сторона надала вітроустановку та виконала будівельні роботи, українська – електролізер та виконала монтаж установки. Було також проведено спільні дослідження щодо роботи автомобіля на водні та розроблено ряд схем щодо комплексного використання водню для автотранспорту, для спалювання в котлах, у газових плитах, а також у паливних елементах, щоб перетворювати водень в електроенергію (рис. 1).



Рис. 1. Перша в Європі вітроводнева станція у Фолькцентрі

На основі аналізу науково-технічної інформації та практичних напрацювань у галузі водневої енергетики було створено ряд моделей екологічно чистих систем виробництва, зберігання і використання водню різної енергетичної ємності в залежності від потужності енергоустановок, визначено їх енергетичні параметри, економічні показники, технічне і технологічне забезпечення і створено технічні проекти на системи акумулювання водню такої установленної потужності: 24 кВт, 84 кВт, 290 кВт, 410 кВт. Системи акумулювання універсальні, можуть бути застосовані в енергосистемах на відновлюваних джерелах енергії (вітрова, сонячна та гідроенергія), при цьому енергія первинних джерел енергії використовується для одержання водню на електролізних установках. Схема однієї з енергосистем показана на **рис. 2**.



Рис. 2. Схема вітроводневої станції

Основою роботи систем є перетворення електричної енергії, виробленої відновлюваними джерелами, в хімічну енергію водню з наступним використанням її споживачами у вигляді електричної і теплової енергії залежно від потреб споживачів.

Основним елементом міжсезонної системи акумулювання на основі водню, на який орієнтовано розрахунок всіх її елементів, є установка для одержання водню. У свою чергу, вибір установки пов'язаний із енергетичною потужністю відновлюваних джерел енергії і знаходиться у прямій залежності від потужності електрогенеруючого обладнання.

Були досліджені різні *варіанти використання водню* в теплових установках, проведені розрахунки з урахуванням ККД установок. В умовах енергокомплексу на основі ВДЕ середньої потужності доцільно проводити спалювання водню в пальниках побутового і промислового призначення. При використанні водню для побутових потреб рекомендовано використання плит, оснащених водневими пальниками, наприклад, уніфікованих газових плит з деякими змінами в конструкції пальників.

Для забезпечення гарячого водопостачання і опалення будинків водень спалюється із застосуванням промислових пальників.

У процесі електролізу *основними продуктами* є водень і кисень, у промисловості кисень часто не використовується в повній мірі. У енергокомплексі на відновлюваних джерелах кисень для одержання електричної енергії було запропоновано використання паливних воденькисневих елементів, у яких водень і кисень використовуються у співвідношенні дві об'ємні частини до однієї відповідно.

3.4. Паливні елементи (ПЕ) або паливні комірки (ПК).

Паливні елементи (ПЕ) або паливні комірки (ПК), – це хімічні джерела струму, в яких активні речовини, що приймають участь у струмоутворювальній реакції, у процесі роботи безперервно подаються зовні до електродів. Паливні елементи мають велику питому потужність та високий ККД, надійні в роботі і комплектуються доступними активними матеріалами, безшумні, в процесі роботи не виділяють отруйних речовин. Вода, що утворюється в процесі реакції, може бути використана надалі. Для отримання 1 кВт·год

електроенергії на паливному елементі необхідно витратити 0,371 нм³ або 33,12 г водню та 0,186 нм³ або 133,03 г кисню (ККД ПЕ $\approx$ 0,8), при окисленні 1 нм³ водню звільняється енергія в кількості 3,37 кВт·год.

Вартість паливних елементів досить висока: 1 кВт встановленої потужності у кращих зразках коштує 1-3 тис. дол. США. Потрібно знизити вартість 1 кВт до 100 дол., щоб зробити їх конкурентоспроможними для транспорту. Розробки електрохімічних енергоустановок на основі ПЕ з твердополімерним електролітом активно здійснюються у США, Німеччині, Росії, Японії, Канаді та багатьох інших країнах.

Особливо актуальним нині є впровадження паливних елементів на транспорті, який перетворює міста на великі «газові камери». Перед розвиненими країнами, зокрема перед багатьма країнами Європи, постало невідкладне завдання створення відповідної водневої інфраструктури, тобто достатньої кількості водневих заправних станцій. Вже зараз у деяких країнах створюються автономні заправні станції, які для отримання водню використовують енергію вітру та/або сонця, зберігають його, наприклад, у стисненому стані і подають для заправки транспортних засобів, силові агрегати яких використовують ПК.

Створено пілотні проекти вітро-водневих систем такими лідерами світової енергетики, як Vestas. У Німеччині та Франції компанією Alstom впроваджуються перші приклади регіональних потягів на водневому паливі. Широке використання водню, як високоефективного і екологічно прийнятного енергоносія, а також паливних комірок, здатних з мінімальними втратами перетворювати хімічну енергію водню в електричну, в останні роки розглядається як найбільш перспективний шлях до суттєвого скорочення шкідливих викидів в атмосферу.

3.5. Сучасні тенденції розвитку водневої енергетики та потенціал «зеленого водню» в Україні.

Потенційно можливий обсяг виробництва «зеленого» водню в Україні розраховано за результатами проведених наукових досліджень щодо потенціалу генерації електроенергії вітро- та фотоелектричними станціями. Для розрахунку потенційно можливого обсягу виробництва «зеленого» водню за допомогою електролізу води передбачено питоме споживання електроенергії 4,5 кВт·год/нм³ Н₂ або 50,56 кВт·год/кг Н₂.

Отримання водню має нульовий викид вуглецю при електролізі, водень може транспортуватися на великі відстані, що дозволяє розподіляти енергію між країнами, зберігає енергію протягом тривалих періодів часу, слугуючи необхідним системним буфером і забезпечуючи стійкість, дає змогу декарбонізувати широкий спектр кінцевого використання, забезпечуючи чисту генерацію і теплоту для транспортування та стаціонарних застосувань. Водень стане основним енергетичним вектором, який дозволить забезпечити «Європу з нульовими викидами».

Україна має значний науковий потенціал для впровадження водневих технологій. У останні роки в Інститутах НАН України в рамках відомчої програми, а також у рамках цільової комплексної програми НАН України «Водень в альтернативній енергетиці та новітніх технологіях», яка діє з 2011 року, проводяться роботи щодо створення новітніх матеріалів і технологій для потреб водневої енергетики, направлені на розробку ефективних методів отримання, зберігання та використання водню. Загальна кількість проектів цієї програми – 43, які виконують 17 установ.

4. Штучний місяць.

Нині вчені впритул наблизилися до практичного втілення фантастичної ідеї – створення космічних рефлекторів, що відкидають на Землю сонячне світло. Уперше цю ідею висловив німецький учений Г. Оберт 1929 року.

Так звані штучні місяці можуть по-різному бути застосовані в народному господарстві. Виведені на орбіту штучного супутника Землі, такі рефлектори зможуть подовжити світловий день на кілька годин, а це сприятиме підвищенню врожайності сільськогосподарських культур. Супутники-рефлектори здатні забезпечити високоякісне освітлення вулиць великих міст, транспортних магістралей, місць, де ведуться роботи в нічний час, наприклад великих будівництв, колгоспних і фермерських полів у період посівної і збиральної кампаній, районів стихійного лиха під час рятувальних операцій.

У загальних рисах дослідники вже розробили майбутній вигляд орбітальних освітлювальних систем. Такі системи нагадують упаковану парасольку, що автоматично розкривається після доставки на орбіту. Поверхнею, що відображає світло, стане, ймовірно, полімерна металізована плівка. За належної організації наукових досліджень і дослідно-конструкторських робіт перші зразки космічних рефлекторів можуть бути створені в найближчому десятилітті.

У Московському авіаційному інституті ім. С. Орджонікідзе створюють проект орбітального експерименту із супутником-рефлектором масою не більше 200 кг і площею 110 м². Такий експеримент має на меті перевірити технічні рішення, закладені в основу побудови космічного рефлектора майбутнього. Освітленість на наземному приймачі діаметром 10 км має бути в 7 разів інтенсивнішою, ніж уночі; коли світить повний місяць (близько 1,5 лк). Уже створено експериментальні наземні установки, що демонструють процеси розкриття супутника-рефлектора й управління формою його поверхні.

Утім, одночасно з розробками необхідно вивчати екологічні наслідки застосування космічних рефлекторів і виробити рекомендації щодо їхнього раціонального використання.

Існують проекти стосовно використання енергії блискавок, магнітного поля Землі, застосування для вироблення електрики сірководню, що у величезних кількостях міститься в так званій сірководневій зоні Чорного моря (пересічно від 150 м углиб і до самісінського дна). Але всі вони поки що далекі від реалізації в таких масштабах, як геліоенергетика, вітроенергетика, біоенергетика або енергія океану.

Лекція 13. Вплив енергетичних об'єктів на довкілля. Ч.1.

План.

1. Загальні питання взаємодії традиційної енергетики з довкіллям.
2. Взаємодія ТЕС із довкіллям.
3. ГЕС і їхній вплив на довкілля.

1. Загальні питання взаємодії традиційної енергетики з довкіллям.

Під традиційною енергетикою ми розуміємо енергогенерувальні потужності, які є тепер і залишаться, як мінімум на найближчі 20–50 років, підвалиною існування та розвитку цивілізації.

Основна проблема пов'язана з енергогенерувальними установками:

- електростанціями (ТЕС, ГЕС, й АЕС),
- опалювальними та опалювально-виробничими котельними – головними джерелами енергопостачання.

Названі типи енергоустановок по-різному впливають на довкілля. Це наочно видно з **табл.1** та **рис.1**, де зображено узагальнену схему чільних видів дії енергетики на природне середовище і його компоненти. Узагальнюючи наведені в них впливи енергетичних об'єктів на біосферу, можна виділити кілька груп найважливіших взаємодій.

Ось найголовніші з них:

- Водоспоживання і водокористання, що зумовлює зміни в природному матеріальному балансі водного середовища (перенесення солей, живильних речовин тощо.)
- Осідання на поверхні води твердих викидів з атмосфери, викликаних продуктами згорання органічного палива; це змінює властивості води, її забарвлення, альbedo та ін.
- Випадання на поверхню продуктів викидів в атмосферу, зокрема кислот і кислотних залишків; металів і їхніх сполук, канцерогенних речовин у вигляді твердих частинок і рідких розчинів.
- Викидання безпосередньо на поверхню суші й води продуктів спалювання твердого палива (зола, шлаки), а також продуктів продувань, очищення поверхонь нагріву (сажа, зола тощо.).
- Викидання на поверхню води й суші рідкого і твердого палива під час транспортування, переробки, перевантаження.
- Викидання твердих і рідких радіоактивних відходів, що характеризуються умовами їхнього розповсюдження в гідрої літосфері.
- Викидання теплоти, наслідком чого можуть бути: постійне локальне підвищення температури у водоймищі; тимчасове підвищення температури; зміння умов льодоставу, зимового гідрологічного режиму; паводків; зміна в розподілах опадів, випаровувань, туманів.
- Створення водосховищ у долинах річок або з використанням природного рельєфу поверхні, а також створення штучних ставків-охолоджувачів, що спричинює: зміну якісного й кількісного складу річкових стоків, зміння гідрології водного басейну; збільшення тиску на дно, проникнення вологи в розломи кори та зміну сейсмічності; зміння умов рибальства, розвиток планктону і водної рослинності; зміну мікроклімату, відпочинку, спортивних занять, бальнеологічних та інших чинників водного середовища.
- Зміна ландшафту внаслідок спорудження різномірних енергетичних об'єктів, споживання ресурсів літосфери, зокрема: вирубка лісів; вилучення із сільськогосподарського обороту орних земель, луків; взаємодія берегів з водосховищами.

Таблица 1

Основні зазначені класу			
сперетичних об'єктів на елементи молекули			
Об'єкт			
TEC	AEC	TEC	Патент
Дисперсія			
1. Висота класу	1. Висота класу	1. Висота класу	1. Висота класу
2. Висота класу	2. Висота класу	2. Висота класу	2. Висота класу
3. Висота класу	3. Висота класу	3. Висота класу	3. Висота класу
Патент			
4. Висота класу	4. Висота класу	4. Висота класу	4. Висота класу
5. Висота класу	5. Висота класу	5. Висота класу	5. Висота класу
6. Висота класу	6. Висота класу	6. Висота класу	6. Висота класу
Дисперсія			
7. Висота класу	7. Висота класу	7. Висота класу	7. Висота класу
8. Висота класу	8. Висота класу	8. Висота класу	8. Висота класу
9. Висота класу	9. Висота класу	9. Висота класу	9. Висота класу
10. Висота класу	10. Висота класу	10. Висота класу	10. Висота класу

при цьому продукти згорання, передають основну частину теплоти робочому тілу енергетичної установки, частина теплоти розсіюється в довкілля, а частина потрапляє з продуктами згорання в димар – і далі в атмосферу. Залежно від початкового складу палива продукти згорання, що викидаються в атмосферу, містять оксиди азоту (NO_x), оксиди вуглецю (CO_x), оксиди сірки (SO_x), вуглеводні, водяну пару води та інші речовини в твердому, рідкому і газоподібному стані, які є головними забруднювачами довкілля (табл.2, 3).

THESE

Забруднювачі Mn/Zn	Джерело		Середньозважені концентрації в осадках, мг/кг	Водні	
	природне	антропо- генне		на поверхні	На донній частині
Пігмент Fe	1,70	120	0,04-0,4	Значення в лімі- тованій зоні	Пігмент, переважно в осадках, лімітованій зоні зустрічається в осадках, які мають різну, переважно середню концентрацію
Стронцій вільно- в'язний ^{90}Sr	150	150	0,05-0,1	Дуже низький	Найвищий в зоні, крім осадків лімітованої зони зустрічається в осадках, які мають різну концентрацію
Полоній ^{210}Po (^{210}Pb еквів.)	770	55	0,05-0,2	Високий в зоні	Найвищий в зоні, крім осадків лімітованої зони зустрічається в осадках, які мають різну концентрацію
Висхідна радіоактив- ність ^{226}Ra	50	150	1-50	Високий в зоні	Високий в зоні, крім осадків лімітованої зони зустрічається в осадках, які мають різну концентрацію
Вуглекислий газ CO_2	2400	40	1	1	Високий в зоні, крім осадків лімітованої зони зустрічається в осадках, які мають різну концентрацію
ПАР	—	100%	0,001	Найвищий в зоні	Пігмент, переважно в осадках, лімітованій зоні зустрічається в осадках, які мають різну концентрацію

Таблица 3.

Усереднені показники забруднення атмосфери ТЕС

Забруднювач, г/кВт·г	Вид палива			
	кам'яне вугілля	буре вугілля	мазут	природний газ
Двоокис сірки	6,0	7,7	7,4	0,003
Тверді частинки	1,4	2,2	0,7	—
Оксиди азоту	21,0	3,45	2,45	1,9
Фтористі сполуки	0,05	0,11	0,004	—

Забруднення атмосфери дрібними твердими частинками золи пов'язане, головним чином, з використанням вугілля, що заздалегідь подрібнюється в спеціальних млинах, як палива. Утім, за правильної організації процесу спалювання і застосування сучасних фільтрів з ККД 95-99%, їхня кількість може бути зведена до потрібного мінімуму. У процесі спалювання рідкого палива (мазуту) до атмосфери разом з викидами надходять: оксиди сірки й азоту, газоподібні та тверді продукти неповного згорання палива, сполуки ванадію. Під час спалювання природного газу в атмосферу також потрапляють оксиди азоту, але їх утворюється значно менше, ніж під час спалювання мазуту.

Це пояснюється не тільки властивостями самого палива, а й особливостями процесів спалювання. Очевидно, що природний газ сьогодні — найчистіший вид енергетичного палива.

Одним із чинників впливу вугільних ТЕС на довкілля є викиди систем складування, транспортування, пилеприготування і золовидалення (пилове забруднення, виділення продуктів окиснення палива).

По-різному впливають на довкілля системи видалення твердих компонент продуктів згорання — шлаків і золи, що видаляються з топки і створюють золошлаковідвали на поверхні літосфери. У паропроводах від парогенератора до турбоагрегату Т, як і в корпусах та ресиверах турбогенератора, відбувається передача теплоти навколишньому повітрю. У конденсаторі К, а також у системі регенеративного підігріву живильної води, що включає регенеративні водопідігрівачі РВП, конденсатні КН і живильні насоси ПН, теплота конденсації й переохолодження конденсату сприймається охолоджувальною водою, яку подають циркуляційними насосами ЦН. Перетворення механічної роботи на електричну енергію в електрогенераторі Г також супроводжується втратами, які зрештою обернуться теплотою, передаваною атмосферному повітрю.

Робота обертових механізмів, апаратів-змішувачів, трансформаторів пов'язана з розповсюдженням у довкіллі акустичних дій, а робота трансформаторних підстанцій ТП, ліній електропередач ЛЕП, як і всіх електричних машин, пов'язана зі впливом електромагнітних полів і тепловиділеннями в довкілля. Особливу групу вод, використовуваних ТЕС, становлять охолоджувальні води, які забирають з водоймищ на охолодження поверхневих теплообмінних апаратів - конденсаторів парових турбін, водо-, мастило-, газо- і повітреохолоджувачів. Ці води можуть привносити у водоймище велику кількість тепла.

Так, з конденсаторів турбін відводиться приблизно до двох третин усієї кількості тепла, одержуваного у процесі згорання палива. Це набагато перевершує суму тепла, що відводиться від інших охолоджуваних

теплообмінників. Тому з охолодженням конденсаторів звичайно пов'язують так звані “теплові забруднення” водоймищ скидними водами ТЕС й АЕС. Про кількість тепла, що відводиться з охолоджувальною водою окремих електростанцій, можна судити зі встановлених енергетичних потужностей. Середня витрата охолоджувальної води і кількість відведеного тепла, що припадає на 1 000 МВт потужності, становлять для ТЕС відповідно $30 \text{ м}^3/\text{с}$ і $4\,500 \text{ Гдж/г}$, а для АЕС з турбінами насиченої пари середнього тиску – $50 \text{ м}^3/\text{с}$ і $7\,300 \text{ Гдж/г}$. Окрім конденсаторів турбоагрегатів, споживачами охолоджувальної води є мастилоохолоджувачі МО, системи зливу на поверхню ґрунту або в гідросферу. Решта споживачів технічної води (системи золо- і шлаковидалення, хімводоочищення, охолодження і промивання устаткування) споживає близько 7% загальної витрати води. Водночас саме ці споживачі води вірогідно є основними джерелами домішкового забруднення. Під час промивання поверхонь нагріву котлоагрегатів у серійних блоках ТЕС потужністю 300 МВт утворюється до $10\,000 \text{ м}^3$ розбавлених розчинів соляної кислоти, їдкого натру, аміаку, солей амонію, заліза й інших речовин.

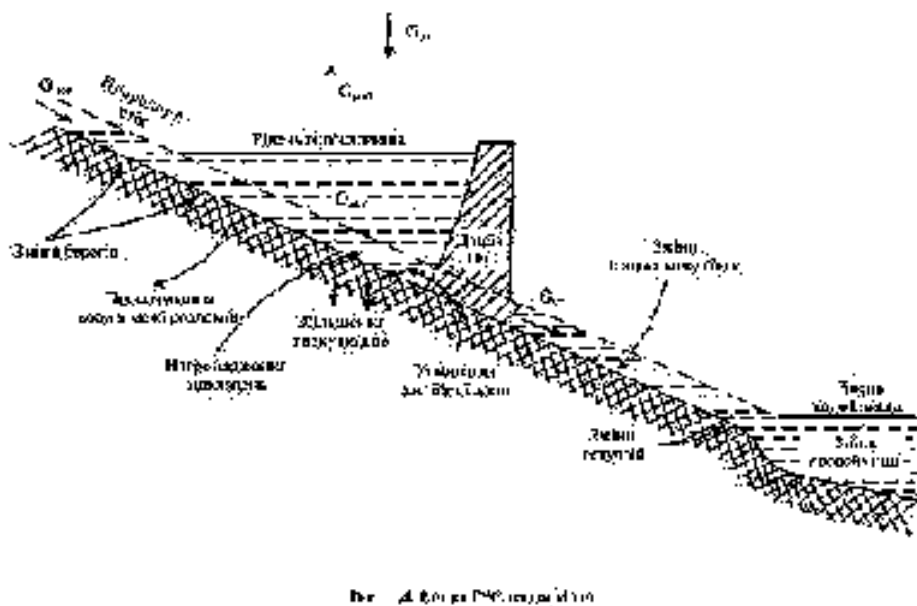
Одним з компонентів, що забруднюють довкілля, постає шумова дія. Енергетичне устаткування, як правило, є джерелом значного шуму. Проте, основні джерела шуму (парові котли, турбіни, генератори, редукційно-охолоджувальні пристрої) розташовані всередині приміщення ТЕС. Тому вони, зазвичай, посутньо не впливають на прилеглу до ТЕС територію. Від устаткування, розміщеного поза головним корпусом, шум може поширюватися за межі території станції.

Ця обставина, характерна для всіх типів електростанцій, найбільше значення має для ТЕЦ, які розташовані звичайно в міському масиві. Їхній вплив на райони житлової забудови може виявитися істотним. Джерелом постійного шуму, що неабияк діє на навколишній район, є тягодуттьові машини, газорозподільні пункти, трансформатори, градірні, місця забору повітря з атмосфери або на виході з димаря. Сильними тимчасовими джерелами шуму є скидання продувки пари в атмосферу.

3. ГЕС і їхній вплив на довкілля.

До початку 70-х років XX ст. у всьому світі було збудовано понад 315 великих водосховищ із площею дзеркала кожного більше 100 км^2 . Сюди входять і два найбільші в Україні водосховища: Кременчуцької ГЕС — $2\,500 \text{ км}^2$ і Каховської ГЕС — $2\,150 \text{ км}^2$. За наявними оцінками, об'єм водосховищ світу до 2000 р. мав досягти $10\,000 \dots 12\,000 \text{ км}^2$.

Усього кілька десятиліть тому надзвичайно поширилася думка, за якою ГЕС не можуть негативно впливати на довкілля. Проте з часом стало ясно, що у процесі будівництва й експлуатації ГЕС природному середовищу завдається неабиякої шкоди (рис.4).



Найбільшим лихом є саме водосховища, велику частину яких становить мілководдя. Площі мілководдя є особливо великими при зарегулюванні рівнинних річок, коли загати ГЕС споруджують у рівнинній місцевості, наприклад ГЕС Дніпровського каскаду. Вода мілководдя інтенсивно прогривається сонцем, а це створює сприятливі умови для розвитку синьо-зелених водоростей та інших евтрофікаційних процесів. Унаслідок створення водосховищ забруднюється територія, що дорівнює площі його дзеркала. Для акумуляції 1 км^3 води у водосховищах, споруджуваних на рівнинних річках, площа затоплення становить близько $300 \dots 320 \text{ км}^2$, на гірських річках – близько $80 \dots 120 \text{ км}^2$, а тому розвивати гідроенергетику краще в гірській місцевості. У результаті фільтрації води у водосховища навколо нього формується обширна зона підтоплення. Хвильові явища викликають перероблення берегів і їхнє обвалення, що збільшує площі мілководдя. Мілководдя і підтоплення сприяють заболочуванню територій, прилеглих до водосховища.

До найважливіших характеристик водосховища належать: розмір дзеркала водосховищ, наявність у них мілководдя, вплив на місцевий клімат, цінність земель, під них відведених, стан ґрунтів і рослинності, а також вплив на рибне господарство і водний (річковий) транспорт.

Найістотніші чинники впливу на локальні умови є такими: зміна ландшафту, рівня ґрунтових вод, переформовування берегів, а також зміна інших природних умов (ґрунту, рослинного і тваринного світу) як у районах водосховища, так і нижнього басейну ГЕС. Зміна гідрогеологічного режиму річок під час спорудження ГЕС характеризується: зміною перерозподілу стоку; зміною рівневого режиму і його залежності від вітрів; зміною режимів течій, хвильового, термічного й льодового режимів. Швидкості течії можуть зменшуватися в десятки разів, а в окремих зонах водосховища виникають цілком застійні зони. У мілководних частинах можна спостерігати різкі коливання температури води залежно від зміни температури повітря. Звідси, нерівномірність температур по поверхні водосховища.

Змінюється тепловий режим у нижньому б'єфі водосховища: восени надходить тепліша вода, нагріта у водосховищі за літо, а весною – холодніша на 2–4 °С унаслідок охолодження в зимові місяці. Ці відхилення від природних умов розповсюджуються на сотні кілометрів від греблі ГЕС.

Істотних змін зазнають гідрохімічний і гідробіологічний режими водних мас. У верхньому б'єфі маси води насичуються органічними речовинами, що надходять разом з річковим стоком і вимиваються із затоплених ґрунтів. У нижньому, навпаки, збіднюються, оскільки мінеральні речовини внаслідок малих швидкостей течії осідають на дно. Як у верхньому, так і в нижньому б'єфі змінюється газовий склад і газообмін води.

Під тиском величезних мас води, накопичених у водосховищах, нерідко відбувається просідання земної поверхні, зіставне із землетрусами силою до 2–3 балів. У результаті зміни руслових режимів у водосховищах осідають наноси. Зарегулювання річкового стоку відображається на стані морського середовища.

Ураховуючи розмаїті дії водосховищ на довкілля, уже нині фахівці доходять висновку про спорудження надалі переважно середніх і малих водосховищ. Об'єктивна відповідь на питання про вплив ГЕС на довкілля залежить, здебільшого, від характеристики майбутнього водосховища з урахуванням усіх названих чинників. Доцільність будівництва кожної конкретної ГЕС слід розглядати індивідуально.

Лекція 14. Вплив енергетичних об'єктів на довкілля. Ч.2.

План.

4. Перспективи розвитку ядерної енергетики й екологічні проблеми.
5. Екологічні аспекти нетрадиційної енергетики.

4. Перспективи розвитку ядерної енергетики й екологічні проблеми.

4.1. Проблеми ядерної енергетики

Перспективи розвитку ядерної енергетики значною мірою залежать від доступності джерел енергії. Наявність конче необхідної енергетичної бази – основна передумова для розв'язання таких невідкладних проблем, як збільшення виробництва продовольства на основі зростання випуску добрив і підвищення рівня механізації, розширення видобутку важливих видів сировини й освоєння бідних або важкодоступних родовищ; виготовлення нових синтетичних речовин, зокрема для харчової промисловості та кормовиробництва, управління кліматом і запровадження інших вагомих змін природного середовища, які можуть виявитися доцільними для підвищення добробуту людей.

У ХХІ ст. *основними первинними джерелами енергії* неминуче стануть спочатку розщеплення ядерних матеріалів, а потім керований термоядерний синтез. Ядерна енергетика може бути базою для вироблення електроенергії, одержання промислового холоду і тепла, виробництва синтетичного рідкого й газового палива. Зі зростанням рівня життя неминуче збільшується кількість споживаної енергії. За розрахунками фахівців уже в цьому сторіччі традиційних ресурсів (гідроенергія, вугілля, нафта, газ) виявиться недосить. Тому постає завдання шукати й опановувати нові джерела енергії. Вихід, як це буває майже завжди, підказує наука.

Поняття “*ядерна енергія*” має асоціюватися не з військовою загрозою, а з енергетичним достатком. Досягнення науки надають для цього достатні підстави, причому управління реакцією синтезу – не єдина фізична можливість розв'язати енергетичну проблему. Надзвичайно поширеним є погляд, згідно з яким визначальна роль у розв'язанні цієї проблеми належить енергії ділення ядер урану. При цьому мають на увазі, що інші джерела (сонячні, геотермальні, термоядерні) не дають усеосяжного рішення.

Нині *найперспективнішою* видається гілка атомної енергетики, пов'язана з реактором на швидких нейтронах, де йде розподіл ізотопу урану-236, запаси якого є доволі великі. Проте і тут наявна низка труднощів, насамперед тому, що такі реактори працюють у режимі відтворення плутонію – основи ядерної зброї. Розвинена на цій засаді світова енергетика введе в міжнародний обіг багато сотень тонн плутонію. Можливість його витоку не сприяє зміцненню безпеки і запобіганню ядерній війні. За умови, що ці труднощі будуть подолані, уранова енергетика здатна відсунути кризові явища на 100 і більше років. Керований термоядерний синтез не тільки зніме небезпеку витоку плутонію, а й розв'яже проблему “вічного” енергетичного достатку.

До керування термоядерним синтезом учені різних країн прямують двома різними шляхами.

Перший з них історично пов'язаний з методом “повільного” нагрівання плазми певної густини, утримуваної магнітним полем досить тривалий час. Провідне місце в цій сфері належить установкам “Токмак”.

Інший шлях – імпульсні інерційні системи, в яких реакцію злиття ядер важких ізотопів водню викликають за допомогою оптичних квантових генераторів (лазерів). У цій галузі науковці зосередили свій пошук на шляхах одержання енергії термоядерного синтезу малими порціями. За одну мільярдну частку секунди тверда кулька розміром у кілька міліметрів і масою в кілька міліграмів – кулька, що складається із суміші дейтерію і тритію, спалахне та зникне, залишивши після себе мільярд джоулів енергії. Таку високу енергоємність (близько 100 млрд Дж/г) має реакція термоядерного синтезу. Приблизно така ж кількість енергії виділяється під час вибуху близько 250 кг вибухівки.

Ядра дейтерію і тритію не вступають у реакцію синтезу самі по собі, оскільки під час їхнього зближення починають діяти електричні сили відштовхування. Щоб подолати такий енергетичний бар'єр, потрібно розігнати ядра до достатньо великих швидкостей. Можливий шлях для здійснення умови, що дає змогу не деяким, а багатьом ядрам вступати в реакцію синтезу, – одержати нагрітий до надто високих температур (не менше 100 млн °С) газ, що складається з ядер дейтерію і тритію. Одержання такої плазми і лежить в основі керованого термоядерного синтезу.

Один з можливих шляхів вирішення цього завдання полягає у сферично-симетричному опромінюванні твердих кульок з дейтерієво-тритієвого льоду короткими (приблизно в 1 мільярдну частку секунди) і потужними імпульсами лазерного випромінювання. Утворений внаслідок цього згусток термоядерної плазми встигає за мізерний час свого існування згоріти у “термоядерному вогні”. Такий імпульсний процес вірогідно є термоядерним мікробибухом. Він і становить підґрунтя лазерного напрямку в проблемі керованого синтезу – так званий лазерний термоядерний синтез, запропонований 1963 року у фізичному інституті ім. П.Н.Лебедева РАН.

Висока потужність лазерів забезпечує миттєвий нагрів і стиснення малих порцій термоядерної речовини. На цій засаді створюються умови для термоядерного мікробибуху. Виниклий під дією лазерного випромінювання тиск у згустку утворюваної термоядерної плазми досягає 1010 атм (це лише в 10 разів менше, ніж тиск у надрах Сонця). Густина гарячої плазми в момент, що передусь термоядерному мікробибуху, може становити 100 г/см³. Для ефективного термоядерного спалаху необхідна енергія лазера 1-10 МДж при тривалості лазерного імпульсу 1 нс. Сама по собі ця величина енергії невелика й відповідає згоранню 25-250 г бензину. Проте така енергія, зосереджена у вузькому промінні і виділяється протягом досить короткого часу, спроможна дати людству світло й тепло на практично необмежений термін.

У нашій країні і за рубежом (у США, Франції, Японії та ін.) уведено в дію та й далі будуються багатоканальні лазерні комплекси з енергією випромінювання 104 -105 Дж. На цих установках уже зафіксовано густину термоядерної плазми 10-30 г/см³, температуру в десятки мільйонів градусів, а рекордне число утворених нейтронів дорівнює 30 млрд. На нинішньому етапі справа полягає в тому, щоб досягти так званого фізичного порогу термоядерних реакцій, тобто одержати енергію, за своєю величиною рівну енергії випромінювання лазера. Розв'язання цієї задачі уможливило перехід з галузі фізичних досліджень у сферу інженерного конструювання. Щоб досягти цього порогу, вихід нейтронів необхідно підняти до величини 1016-1017 част. /імп. Може здатися, що до мети ще досить далеко, однак фізика термоядерного синтезу така, що “дефіцит” у 6-7 порядків по нейтронному виходу можна ліквідувати, збільшивши масу, густину і температуру мішені лише в кілька разів. Для цього, як показують розрахунки, енергія падаючого випромінювання має бути збільшена в багато разів. Лазерні установки з енергією 105 Дж – це величезні технічно насичені споруди, які важко порівняти з будь-чим. Проте, вони є лише інструментами для фізичних досліджень. На сьогодні основне завдання полягає у виборі типу лазера для демонстраційного експерименту й у розробці на цій підставі комерційної системи “лазер-термоядерний реактор”. Серед перспективних варіантів – газові лазери на вуглекислому газі, так звані ексімерні лазери, наприклад криптон-фторовий, та ін. Паралельно розробляються проекти імпульсних термоядерних реакторів-пристроїв, що перетворюють енергію термоядерного мікробибуху на зручний вид енергії, скажімо, на електрику.

Лазерний термоядерний реактор — це своєрідна камера, стінки якої “збирають” енергію, одержану під час мікробибуху, і перетворюють її спочатку на тепло, а потім на електрику. Нині складно назвати терміни практичного використання результатів фундаментального дослідження. Проте існує спокуслива можливість наблизити цей час. Вона пов'язана з так званими гібридними реакторами, в яких одночасно використовують реакції синтезу і розподілу.

Ось як працює ця установка. Сфокусовані на мішені лазерні пучки викликають термоядерний спалах. Унаслідок цього виникає імпульсне точкове джерело нейтронів, потік яких стрімко падає на уранову оболонку камери. Під дією одного термоядерного нейтрона в природному урані відбувається один поділ і утворюються 3 - 4 атоми плутонію. Плутоній, нагромаджуючись із часом, підвищує розмножувальні властивості уранової оболонки так, що один нейтрон викликає вже 10-20 поділів за цілковитої ядерної безпеки. При цьому розміри вибухової камери можуть бути невеликі –десь близько метра. Весь цикл такого реактора – нагромадження плутонію, достатньо повне (до 50 %) випалювання урану – вдається провести приблизно за 30 років.

Унаслідок того, що (плутоній спочатку накопичується, а потім витрачається, задовільні розмножувальні властивості підтримують протягом майже всього терміну, не добуваючи й не піддаючи хімічній переробці елементи, що виділяють тепло. Гібридні реактори втрачають головну перевагу суто термоядерних установок, проте вони набагато простіше розв'язують проблему енергетичного балансу. Цілком прийнятний вигляд мають габарити станції, а її будівництво можна істотно прискорити порівнянно із суто термоядерними. Гібридний реактор, що посідає проміжне місце між стаціонарними ядерними реакторами і термоядерними системами, буде, ймовірно, першим етапом практичного застосування керованого термоядерного синтезу.

Існують також інші ідеї, які можуть стати основою проектів імпульсних термоядерних реакторів. Наприклад, проекти реакторів, у яких напрацьовується ядерне паливо для атомних електростанцій або хімічне паливо, зокрема водень.

Перевагу термоядерної енергетики, заснованої на лазерному синтезі, можна продемонструвати наступним прикладом. Пересічна теплова електростанція потужністю 1 млн кВт споживає 2,1 млн т вугілля (або 10 млн барелей нафти) на рік, атомна електростанція такої самої потужності – 30 т уранової руди, а термоядерна електростанція – 600 кг термоядерного пального.

Інша її перевага полягає в надзвичайно низькій ціні дейтерієво-тритієвого палива і високій якості одержуваної енергії. Можливість створити термоядерний реактор, що працює в режимі одержання водню, у принципі означає революцію в системі виробництва і постачання енергії. Теплові електростанції працюватимуть на водневому паливі, транспорт замість дорогого бензину споживатиме дешевий водень. При цьому немає потреби зберігати водневе паливо в посудинах великої місткості, що пов'язане з небезпекою вибуху. Наявна тепер технологія виготовлення сферичних оболонок з діаметром близько 100 мкм і товщиною стінок у кілька мікрометрів (лазерних термоядерних мішеней) розв'язує проблему вибухобезпечності під час зберігання і розподілу водневої енергії. Міцність цих капсул є такою, що газовий водень можна зберігати в них і тоді, коли тиск сягає сотень і тисяч атмосфер.

Кінцевою метою термоядерних розробок є створення проекту джерела енергії, що буде технічно здійсненним, економічно рентабельним, безпечним для людей і довкілля. За оцінками фахівців, створення першої лазерної термоядерної електростанції коштуватиме 30–50 млрд дол, а кожної наступної – знизиться до 1-2 млрд дол. Термоядерна енергетика стане рентабельною в разі, коли за своїми масштабами вона наблизиться до звичайної енергетики, тобто по тому, як у неї буде вкладено близько 104 млрд дол.

Із цією величезною цифрою пов'язано декілька життєво важливих аспектів нашої цивілізації.

По-перше, буде створене невичерпне джерело енергії.

По-друге, величезний обсяг роботи (близько 500 млн людино-років), пов'язаний із зазначеними капіталовкладеннями на десятки років, забезпечить зайнятість багатьом мільйонам людей.

По-третє, таке грандіозне перетворення світової енергетичної системи неможливо здійснювати без міжнародної кооперації вчених, інженерів, техніків, робітників. Тому вже сам процес розв'язання цього фізико-технічного завдання сприяє поліпшенню життя людей, об'єднує їх, веде до зміцнення миру на планеті Земля. Принципово нова технологія виробництва енергії не тільки спричинить нову революцію в промисловому

виробництві, а й дасть змогу різко підняти рівень повсякденного життя. Створення термоядерної енергетики ліквідує реальне підґрунтя сучасної боротьби за енергію, знецінить військово-політичні доктрини і концепції, що ставлять собі за основу мету оволодіння енергетичною сировиною. Це створить можливість значно пом'якшити політичний клімат на планеті і відтак послабити навіслю над людством військової загрози, створити сприятливіші умови для поступального розвитку людської цивілізації.

Таким чином, виготовлення контрольованого термоядерного джерела енергії стане найбільшим досягненням людства і його значення важко переоцінити. Натомість застосування сучасного ядерного знаряддя для вирішення будь-яких конфліктів є не тільки жакхливим злочином, а й безглуздом з погляду формальної логіки, позаяк воно означає кінець існування на Землі людського суспільства. Проте не лише термоядерна війна, а й кожен військовий конфлікт незалежно від засобів, до яких удається напасник, за сучасних умов таїть у собі глобальну катастрофу. За іронією долі, така вразливість нинішньої цивілізації пов'язана з бурхливим розвитком атомної енергетики. Цілковита руйнація атомної промисловості (неможлива в мирний час) викличе радіоактивне зараження величезної території та спричинить, за висловом знаного радянського фізика-ядерника Л.П. Феоктістова, ситуацію, коли людині в буквальному сенсі слова нікуди буде подітися.

4.2. Аварії на АЕС.

Аварії на АЕС відрізняються від аварій на звичайних ТЕС тим, що результатом їх може бути викид у довкілля значної кількості радіоактивних речовин. У процесі реакції поділу ядер утворюється велика частина радіоактивних продуктів, основна кількість яких (98%) залишається в активній зоні доти, доки працює реактор. Лише радіоактивні гази ксенон і криптон, що не вступають у хімічні реакції, можуть потрапляти в атмосферу. Вони є меншою загрозою для населення порівняно з іншими радіоактивними ізотопами. Усі викиди регламентовані відповідними рекомендаціями МАГАТЕ.

Інші радіоактивні продукти виділяються після видалення відпрацьованих твелів.

Для нерегламентованого викидання радіоактивних речовин за межі активної зони остання має бути сильно нагріта і значною мірою пошкоджена, а оболонки твелів –розгерметизовані.

Перегрів зони може відбутися у разі, коли інтенсивність тепловиділення в ній перевищує інтенсивність тепловідведення. Це буває за аварій з утратою теплоносія першого контуру або за перехідних процесів, наприклад, у випадку збільшення потужності реактора. Кожен перехідний процес може бути або очікуваним (імовірним), або неочікуваним. З очікуваними (проєктними) аваріями система безпеки станції справляється, і це унеможливорює викид активності та, природно, екологічну катастрофу.

Проте, відбуваються, хоча й досить рідко, неочікувані перехідні процеси. У табл. 4 наведено кілька таких найвідоміших аварій.

Таблиця 4.

Деякі аварії на ядерних енергетичних установках

Рік	Станція	Причина	Результат
1957	Віндскай-1, Англія	Помилка персоналу. Відсутність системи герметизації.	Пожара втф-радіац. 2-х пилів в активній зоні (уран-графіт). Вихід продуктів. Питога забруднення – 520 км ² .
1966	Феррі, США, 60 МВт (ед.)	Проектні помилки.	Повшкодження активної зони.
1969	Сен-Лоран, Франція, 300 МВт (ед.)	Помилка персоналу.	Повшкодження активної зони.
1974	Вюртемберг, ФРН, 630 МВт (ед.)	Помилка персоналу. Відмова теплообмінника. Проектиза помилка.	Повшкодження захисної оболонки.
1975	Белуш-Орні, ІІН, США, 1100 МВт (ед.)	Помилка персоналу.	Повшкодження обвладко устаткування.
1979	Олбра-Март, США, 900 МВт (ед.)	Помилка персоналу. Відмова устаткування. Проектиза помилка.	Повшкодження активної зони.
1979	Ойстер-Крик, США, 670 МВт (ед.)	Відмова устаткування. Приєднання напруги.	Вихід не-критичних ядерних матеріалів.
1986	Чернобиль, Україна, 1000 МВт (ед.)	Проектні помилки. Помилка персоналу.	Пожара. Руїнація активної зони. Вихід великої кількості радіоактивних речовин.

До Чорнобильської катастрофи найвідомішими були аварії у Віндскейлі (Англія) та на острові Три-Майл (США), що супроводжувалися несанкціонованими викидами радіоактивних речовин.

У Віндскейлі в активній зоні одного з уран-графітових реакторів, які використовували для одержання плутонію, виникла пожежа, під час якої відбувся викид радіоактивних продуктів у довкілля. Пожежа тривала близько 2 діб. Найбільший рівень радіоактивності на відстані 1,5 км від реактора становив майже 4 мР/г. Радіоактивна хмара була виявлена навіть у Німеччині й Норвегії.

На острові Три-Майл помилки персоналу і несправності в роботі устаткування спричинили втрату теплоносія в реакторі, перегрів активної зони, пошкодження твєлів і зумовили обмежений вихід радіоактивних газів та йоду за межі станції.

Перегрів зони обумовив виникнення водневого пузиря внаслідок взаємодії цирконію з водою. Саме таким є очікуваний результат розвитку аварії в разі перегріву активної зони. Оскільки в зоні бракувало кисню, небезпеки вибуху не було. Довкілля від аварії практично не постраждало. Невеликі дози (3-5 бер) дістали співробітники станції. Проте цей інцидент мав широкий резонанс у суспільстві та значною мірою підірвав довіру до ядерної енергетики в США.

Порівняно великі викиди радіоактивного йоду мали місце раніше на Генфордському ядерному комплексі (штат Вашингтон, США), побудованому в 1943 р. для виробництва збройового плутонію. Сукупна активність викидів йоду-131 за три місяці 1944 року становила $5,44 \cdot 10^{-2}$ МКі, за 1945 рік – $3,44 \cdot 10^{-1}$ МКі, за 1946-1947 роки – $14 \cdot 10^{-1}$ МКі. 2 грудня 1949 року внаслідок порушення правил технологічного процесу стався викид радіоактивних речовин: йод-131 – $7,784 \cdot 10^{-3}$ МКі, ксенон-133 – $24 \cdot 10^{-2}$ МКі. Радіоактивне забруднення було зафіксоване в багатьох населених пунктах на відстані 112 км від Гендфордського комплексу. Понад 20 тис. дітей постраждали в результаті споживання молока, забрудненого радіонуклідами. Протягом перших 20 років діяльності атомного комплексу сильного забруднення зазнала річка Колумбія, в яку скидали радіоактивні відходи (наприклад, 1957 року щодоби в середньому скидалося до $54 \cdot 10^{-2}$ МКі). На перших трьох реакторах Гендфорда вироблявся плутоній, яким була начинена атомна бомба масою 4,08 т, що її 6 серпня 1945 року скинули на японське місто Нагасакі.

Як відомо, не буває безвідмовної складної техніки. 1957 року у Росії на Киштимському комплексі стався вибух, унаслідок якого відбулося радіоактивне забруднення території площею 23 тис. км². Сумарна активність викиду дорівнювала близько 20 МКі.

Усе це, як з'ясувалося, було лише прелюдією до аварії на Чорнобильській атомній електростанції (ЧАЕС), яка сталася о 1 год 23 хв 40 сек 26 квітня 1986 року. Аварія на ЧАЕС – найбільша за всю історію людства екологічна катастрофа. У майбутньому ще не одне покоління людей, само не усвідомлюючи того, зіткнеться з наслідками цієї вселенської трагедії в багатьох країнах і куточках Земної кулі.

Окрім країн СНД, істотне радіоактивне забруднення спостерігалось і в державах Східної Європи, у Швеції, Італії, Ірландії, Норвегії, Фінляндії, Австрії, Греції, Туреччині, Ізраїлі, Сирії, Канаді, на Тайвані, в Японії. Загальний об'єм викиду близько 450 типів різних радіонуклідів оцінюють у десятки тисяч Хіросим. Сумарна активність аварійних викидів орієнтовно дорівнює 500 МКі.

За оцінкою академіка А. Сахарова, сумарна довготривала дія радіації адекватна вибуху десятимегатонної водневої бомби або 500 двадцятикілотонних атомних бомб. Японський учений М. Танока, директор Національного центру досліджень у сфері атомної енергетики, зазначив, що в результаті вибуху атомної бомби над Хіросимою сумарний викид радіоактивності становив 0,74 кг, а під час аварії на ЧАЕС – 63 кг. Особливість цієї аварії полягає у тому, що викид радіонуклідів із четвертого блока тривав близько 2 тижнів. За даними академіка Д. Гродзінського, маса деяких радіонуклідів, викинутих з реактора аварійної ЧАЕС, становила: йоду-131 – 59 г (сумарна активність викиду – 7,3 МКі), стронцію-90 – 1,496 кг (сумарна активність викиду – 0,22 МКі), цезію-137 – 11,8 кг (1 МКі), плутонію-239 – 11,41 кг ($0,74 \cdot 10^{-3}$ МКі). Усього лише 59 г йоду-131 завдали непоправної шкоди десяткам тисяч людей. Невелика маса ізотопу має високу радіоактивність і відіграє вирішальну роль у його шкідливій дії.

Згідно з оцінками українських і зарубіжних фахівців, аварія на ЧАЕС завдала самій тільки Україні збитків на 200 млрд дол. Натомість шкоду, заподіяну Україні та всьому людству, оцінити практично неможливо. А аварії на станціях не припиняються, і не лише на території країн СНД. Остання з відомих – пожежа на АЕС Чугоуку (Японія) 18 квітня 2001 року. Добре, що її вдалося загасити через 20 хв, але лихо в тому, що таке стало взагалі можливим. Станцію обслуговують люди, а їм властиво помилятися.

І останнє. Як зазначав академік В. Легасов, залишкова активність після аварії на АЕС із часом стає вищою, ніж забрудненість після атомного вибуху, за рахунок нагромадження довгоживучих елементів.

Аварія на четвертому блоці Чорнобильської АЕС.

Аварія трапилася під час випробувань, які слід було проводити протягом нормально запланованої зупинки реактора. Випробування проводили з метою перевірити можливість електропостачання механізмів власних потреб за рахунок енергії механічного вибігу ротора турбоагрегату (коли частота і напрям струму генератора безперервно зменшуються) за умови цілковитої втрати зв'язку з енергосистемою та невідкнення автономних джерел електропостачання. За еквівалентне навантаження було вибрано по два головні циркуляційні насоси (ГЦН) на кожній половині контуру охолодження реактора.

У реальній ситуації втрата зв'язку з енергосистемою спричиняє зупинку блока і заглушення реактора. Енергія “вибігаючого” турбогенератора може бути використана для подальшої роботи механізмів власних потреб, що беруть участь в аварійному розхолодженні зупиненого реактора.

Живлення ГЦН від вибіглого турбогенератора не передбачено, оскільки після вимкнення струму насоси можуть упродовж 4-5 хв підтримувати циркуляцію води в контурі за рахунок механічної енергії своїх обертових частин, і спеціального маховика.

Потім аварійне відведення залишкових енерговиділень заглушеного реактора може провадитися завдяки природній циркуляції води в контурі охолодження реактора.

Стрижні управління і захисту пішли в активну зону, але дійшли лише до 3–3,5 м. Під час руху поглиначів униз (в активну зону) щільність нейтронів перерозподіляється по висоті реактора – збільшується в нижній частині та зменшується у верхній. Оскільки витискувач стрижнів управління конструктивно виконаний не по всій висоті активної зони, а канал у верхній і нижній частині зайнятий водою, то під час руху стрижня вниз ефект зменшення поглинання нейтронів нижнім стовпом води починає превалювати над ефектом поглинання нейтронів стрижнем. Особливо цей ефект стає вагомим тоді, коли з активної зони виведено велику кількість стрижнів. Усе це спричинило до збільшення реактивності й раптове зростання потужності (реактор потрапив у нерегульований режим роботи). Через чотири секунди потужність перевищила номінальну в 100 разів, стався вибух.

Конструктивними причинами аварії були:

- Позитивний паровий коефіцієнт реактивності – у процесі збільшення вмісту пари в активній зоні коефіцієнт розмноження реактора зростає (за абсолютним значенням стає тим більшим, чим нижчим є рівень потужності). У цьому режимі будь-яке збільшення потужності призводить до підвищення паровмісту, збільшується коефіцієнт розмноження і, як наслідок, потужність зростає далі. Реактор йде в розгін. На номінальній потужності реактора це явище не спостерігається.

- Унаслідок недоопрацювання конструкції органів регулювання на малому рівні потужності й низькому запасі реактивності (мізерна кількість поглиначів в активній зоні) аварійний захист виявився неефективним. На етапі введення поглиначів під час задіювання аварійного захисту коефіцієнт розмноження не зменшився, а став зростати. У принципі, цього ефекту можна було уникнути, якби в конструкції реактора передбачалися стрижні-поглиначі, що їх уводять в активну зону від верху до низу.

Нині на всіх реакторах типу РБПК проведено відповідну реконструкцію з метою усунення описаних технічних прорахунків. Реактори ВВЕР позбавлені таких вад.

4.3. Стан і перспективи розвитку ядерної енергетики.

За рубежем перші атомні електростанції з'явилися 1956 року. Через 20 років експлуатувалося вже більш як 150 АЕС загальною встановленою потужністю понад 80 000 МВт (електричних), що дорівнювало ~7,5% потужності всіх електростанцій. Середньорічний приріст установленої потужності АЕС у період 1965–1975 рр. дорівнював ~35%. Особливого підйому ядерна енергетика зазнала на початку 70-х років, коли річне число замовлень на будівництво АЕС перевищило 50. 1978 року АЕС діяли в 18 країнах, а їх будували і планували ще в 26. Швидкий розвиток ядерної енергетики обумовив зростання її ролі в загальному виробництві електроенергії. Стрімке зростання потреб в енергії ставить перед людством питання про обмеженість і вичерпність природних ресурсів палива. Як уже наголошувалося, структура наявних природних ресурсів нині абсолютно не відповідає структурі їхнього споживання. Якщо становище не зміниться, то всі розвідані запаси нафти можуть бути вичерпані протягом кількох десятиліть.

Отже у найближчому майбутньому слід чекати на зміни в структурі енергоспоживання.

Останнім часом за рубежом намітилися три основні енергетичні стратегії:

- *економія енергії*, тобто раціональніше її використання і підвищення ефективності її перетворення та передачі. Згідно з оцінками, економія енергії може знизити темпи зростання енергоспоживання до 3,2–3,6% на рік замість 4% очікуваних раніше.

- *“вугільна стратегія”*, тобто інтенсивніша розробка досить великих запасів вугілля;

- *“ядерна стратегія”*, тобто ширше використання ядерної енергії.

Значну увагу приділяють також пошуку альтернативних джерел енергії (сонячної, геотермальної) й термоядерному синтезу. Аналіз прогнозованого світового паливно-енергетичного балансу показує, що реалізація якої-небудь однієї стратегії не дасть змоги забезпечити конче потрібний рівень енергоспоживання. “Вугільна стратегія” викликає сумнів, оскільки, не згадуючи про досить серйозні екологічні проблеми, під питанням стоїть реальність видобутку і транспортування вугілля в необхідному обсязі (до 10 млрд т щорічно після 2000 р.). Розробка альтернативних джерел енергії поки що перебуває на початковій стадії, і, на думку більшості фахівців, ці джерела до 2010 р. зможуть внести в загальний енергобаланс не більш 10% енергії. Очікується, що перші дослідно-промислові термоядерні електростанції (ТЯЕС) будуть споруджені лише в середині ХХІ ст, а на їхнє промислове впровадження потрібно ще кілька десятиліть.

Роль ядерної енергетики у світовому паливно-енергетичному балансі оцінюють досить високо незалежно від реалізації окремих стратегій. Згідно з прогнозами, частка ядерної енергії в загальному енергоспоживанні (первинних видів енергії) під 2010 р. зросте до 12–17%; внесок АЕС у загальну встановлену потужність електростанцій збільшиться до 32–39%. Ядерна енергетика вже демонструє свою конкурентоспроможність: у 1978 р. вартість 1 кВт·г електроенергії, що її виробляли АЕС, ТЕС на вугіллі й ТЕС на нафті, в США дорівнювала 1,5; 2,3 і 4,0 центи відповідно. 1980 року в Європі ці показники становили 2,2; 2,7 і, залежно від гатунку вугілля, 3,3–4,4 центи відповідно. Слід, однак, віднотувати, що, попри зростання значення і конкурентоспроможність ядерної енергетики, з 1975 р. спостерігається уповільнення темпів введення нових АЕС і скорочення числа замовлень на них. Істотно змінилися і прогнози щодо розвитку світової ядерної енергетики.

До основних причин, які стримують розвиток ядерної енергетики за кордоном, слід зарахувати:

1. Економічні чинники:

а) економічний спад сприяв до зниженню і невизначеності майбутніх темпів приросту потреб в енергії й особливо в електроенергії.

Так, у 1973–1975 рр. щорічні темпи приросту потреб в електроенергії знизилися у США з 7,5 до 0–2,5%, а в 1975–1978 рр. становили пересічно 4%; у ФРН знизилися з 7 до 2%, у Японії – з 10 до 4,8%. Припускають, що в наступні 10 років темпи приросту потреб в електроенергії будуть приблизно на 2% нижчими;

б) капіталоємність і тривалі терміни окупності ядерно-енергетичного комплексу утруднюють фінансування ядерної енергетики, надто ж у період економічної депресії та невизначеності прогнозів;

в) вартість АЕС збільшилася не лише за рахунок інфляції, а й значною мірою тому, що продовжилися терміни їхнього будівництва (нині 9–10 років замість 5–6 років до 1974 р.). Останнє багато в чому пов'язане з ускладненням системи ліцензування, що, своєю чергою, зумовлено підвищенням вимог до захисту довкілля.

2. Організаційно-технологічні чинники:

а) координація та управління ядерно-енергетичним комплексом ускладнюються через надзвичайну роз'єднаність окремих ланок цього комплексу (85% світових запасів урану зосереджені всього лише в чотирьох країнах, майже 90% потужностей з розділення ізотопів урану – в США);

б) плановані виробничі потужності деяких ланок комплексу не відповідають майбутнім потребам; практично відсутня промислова база для переробки опроміненого (відпрацьованого) окисного палива;

в) експлуатаційні характеристики АЕС ще недосить високі (середній коефіцієнт використання потужності АЕС в 1978 р. становив ~66% замість 75% запланованих).

3. Суспільно-політичні чинники:

а) активна ядерна опозиція спричинює не тільки затримку з введенням в експлуатацію деяких об'єктів, а й у ряді випадків, перегляд ядерно-енергетичних програм окремих країн;

б) невирішеність низки актуальних питань (нерозповсюдження ядерної зброї, проблеми переробки відпрацьованого палива, радіаційної безпеки й остаточного видалення радіоактивних відходів тощо) потребує розгляду найрізноманітніших аспектів – технологічних, соціально-економічних, юридичних, екологічних – на міжнародному рівні.

Як наслідок маємо брак чіткого стратегічного напрямку розвитку ядерної енергетики, невизначеність у виборі другого покоління реакторів. Це викликало, зокрема, затримку розвитку реакторів-розмножувачів на швидких нейтронах.

Тим часом, саме атомна енергетика з огляду на свою малу матеріаломісткість здатна, у принципі, знайти вихід із зачарованого кола: підвищення рівня життя – зростання енергетики – деградація екології – деградація рівня життя. Доведення числа ядерних енергоблоків у світі з наявних сьогодні 400 до 2 500–3 000 здатне розв'язати проблему світових потреб в електроенергії.

Вирішення цього суперзадання потребує концентрації інтелектуальних, моральних та інженерно-технічних зусиль людства з таких причин:

- проблема зміни структури виробництва і споживання електроенергії має бути розв'язана впродовж 40–50 років;

- після Чорнобильської катастрофи у світовій спільноті різко посилилися антиядерні настрої й людство морально не готове до того, щоб прийняти запропонований стрибок у наросуванні потужностей атомних станцій. Рівень пропаганди атомної енергетики в наш час (окрім Франції) є значно нижчим за рівень 50–60-х років.

Конче треба забезпечити роботу понад 400 АЕС, що нині діють у світі, особливо, роботу новостворюваних атомних електростанцій. На наявних АЕС безпеки досягають за допомогою енергозалежних (активних) систем, і вона залежить від кваліфікації обслуги.

Нові АЕС використовують для забезпечення фундаментальні фізичні процеси, що відбуваються в устаткуванні без енергоприводу (пасивно) й не залежать від помилок персоналу.

Вирішення питань безпеки в проектах реакторів нового покоління, розроблених в організаціях Російської Федерації та США, пов'язане з:

- наявністю негативних температурних потужнісних і парових коефіцієнтів реактивності, що забезпечують самообмеження й самогасіння потужності реактора;

- наявністю розвинених пасивних систем відведення тепла і розхолодження ядерного реактора й устаткування;

- інтегральними компоновками першого контуру ядерного реактора, що локалізують увесь об'єм радіоактивного теплоносія в межах корпусу реактора;

- наявністю розвинених бар'єрів безпеки, які перешкоджають поширенню радіоактивності під час розгерметизації першого контуру (захисні оболонки, контейменти та ін.).

Перелічені заходи підвищують безпеку АЕС у 2–3 рази, що дає змогу говорити про нову якість створюваної техніки.

4.4. Взаємодія АЕС із довкіллям.

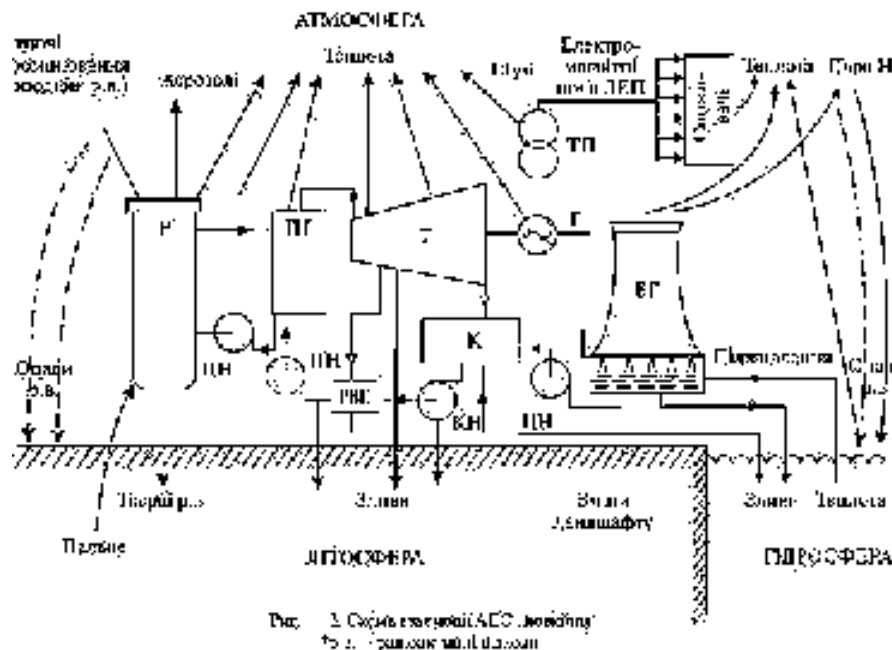
Особливістю атомної енергетики є мізерна витрата ядерного палива, що забезпечує виділення величезної кількості енергії (тепла). Для АЕС потужністю 1 млн кВт на добу потрібно всього лише 3 кг U235 замість 7 100 т у.п., як для ТЕС такої самої потужності.

Головна відмінність між ТЕС і АЕС полягає в тому, що у схемі останньої замість котла, який працює на органічному паливі, є атомний реактор, а також специфічний парогенератор особливої конструкції. Решта устаткування, а отже, і вплив цієї частини АЕС на довкілля, не відрізняється від устаткування ТЕС: парова турбіна, електричний генератор, конденсатор, водяний насос та ін.

Розвиток ядерної енергетики переважно базується на АЕС із реакторами, охолоджуваними водою під тиском, а також з каналними реакторами, охолоджуваними киплячою водою (реактори більшої потужності каналні — РБПК). Реактори типу ВВЕР дістали у світовій енергетиці найширше застосування (близько 60%). За останні 25 років конструкція реакторів практично не зазнала істотних змін. Експлуатовані в Україні АЕС обладнані блоками потужністю 440 МВт з ВВЕР і 1 000 МВт з ВВЕР і РБПК. Саме реактор ВВЕР спричинив Чорнобильську катастрофу.

Причиною аварії став надзвичайний збіг найнесприятливіших чинників і прикрих помилок експлуатаційного персоналу. Розроблено і вже вживаються заходи щодо підвищення безпеки водо-водяних реакторів. Концепція безпеки реакторів ВВЕР другого покоління практично виключає можливості серйозного пошкодження активної зони через плавлення ядерного палива або внаслідок неприпустимої швидкості виділення енергії.

Таким чином, проблема взаємодії АЕС із довкіллям, що виникла разом з атомною енергетикою, посіла й посідає важливе місце в ПЕК. На **рис.3.** подана узагальнена модель взаємодії АЕС із довкіллям. Виділення енергії в процесі регульованої ланцюгової реакції поділу атомів урану, торію і плутонію відбувається в ядерному реакторі (Р).



Перетворення кінетичної енергії уламків і продуктів поділу відбувається в активній зоні реактора, в якій майже вся енергія ядерної реакції передається теплоносію. Прямому виходу радіоактивних відходів (р. в.) ядерних реакцій у довкілля запобігає багатоступінчата система радіаційного захисту, що діє як в умовах нормальної експлуатації, так і в аварійних ситуаціях. За нормальної експлуатації АЕС радіоактивність контуру ядерного реактора обумовлена активізацією продуктів корозії та проникненням у теплоносії продуктів поділу. Наведеній активності піддають практично всі речовини, що взаємодіють із радіоактивним випромінюванням.

У схемах АЕС передбачено пристрої, потрібні для збору активних речовин і видалення їх у вигляді рідких, газоподібних або твердих відходів. Рідкі відходи містять радіоактивні ізомери стронцію, цезію, водню та інших елементів.

Радіоактивність рідких і газоподібних викидів у різних АЕС відрізняється на кілька порядків, але в переважній більшості випадків сумарні викиди значно нижчі за гранично припустимі рівні (ГПР).

Систематичні спостереження за дією АЕС на водне середовище у процесі нормальної експлуатації не виявили істотних змін природного радіоактивного фону. За встановлених припустимих рівнів впливу ядерної енергетики на гідросферу й наявних методів контролю над викидами діючі типи ядерних енергетичних установок не загрожують локальним і глобальним рівноважним процесам у гідросфері та її взаємодії з іншими складовими географічної оболонки Землі.

Відповідно до «Правил ядерної безпеки АЕС» МАГАТЕ, проекти всіх систем і компонент АЕС, що впливають на ядерну безпеку, мають містити докладний аналіз усіх можливих відмов складових елементів, виокремлювати небезпечні відмови й оцінювати їхні наслідки. Урахувавши поширення викидів під час аварій на АЕС, установлюються санітарно-захисні зони. Усі інші види дій АЕС на гідро- і літосферу, не пов'язані з радіоактивністю (вплив системи водопостачання, підвідних і відвідних каналів, фільтрів), якісно не відрізняються від аналогічних дій ТЕС.

Основне тепловиділення АЕС у довкілля, як і на ТЕС, відбувається в конденсаторах паротурбінних установок. Однак питомі тепловиділення в охолоджувальну воду в АЕС є значнішими, ніж у ТЕС, унаслідок більшої питомої витрати пари. Це визначає істотні питомі витрати охолоджувальної води. У зв'язку з цим на більшості нових АЕС передбачено встановити градирні, в яких теплота відводиться безпосередньо в атмосферу. Потім охолоджувальна вода надходить до ставка-охолоджувача, призначеного для забезпечення замкнутої

системи водопостачання АЕС. Споживання повітря на АЕС визначається потребами в розбавленні забруднюючих викидів і в забезпеченні нормальних умов життєдіяльності персоналу. Витрату повітря на АЕС з тепловими реакторами різні автори оцінюють у межах $(15-20) \cdot 106 \text{ м}^3/\text{рік}$ на 1МВт установлений потужності.

Найскладнішою екологічною проблемою у процесі експлуатації АЕС є поховання великотонажних радіоактивних відходів, що утворюються під час демонтажу елементів устаткування і є радіоактивними навіть після закінчення терміну служби або з інших причин, а також відпрацьованого ядерного палива.

Передбачено кілька варіантів поховання:

- ✓ можна помістити всі забруднені радіоактивністю елементи в шахтні виробітки;
- ✓ поховати тільки найзабрудненіші наведеною радіоактивністю елементи з повторним використанням інших за призначенням;
- ✓ періодично дезактивувати устаткування на місці, ховаючи концентровані відходи і змиви.

5. Екологічні аспекти нетрадиційної енергетики.

Оцінюючи перспективи розвитку нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії (НВДЖЕ), як правило, підкреслюють їхню екологічну чистоту. Це дійсно справедливо, але тільки для певних видів НВДЖЕ, хоча взагалі вони впливають певним чином на довкілля.

Утім, поза сумнівом, НВДЖЕ більш прийнятні з погляду впливу на екологію, ніж джерела традиційної енергетики (ТЕС, АЕС, ГЕС, ОПК, дизельні установки та ін.). Ширше використання НВДЖЕ пов'язане з освоєнням нових технологій перетворення енергії сонця, вітру, біомаси, гідроенергії й геотермального тепла землі.

Особливу роль в енергетичній структурі НВДЖЕ на тривалу перспективу відводять гідроенергетиці, яка нині є основним видом відновлюваних джерел енергії. Екологічні напрями застосування малих ГЕС лише в окремих аспектах збігаються з проблемами традиційної гідроенергетики і не піддаються жодному порівнянню з ними. Загальні негативні способи застосування НВДЖЕ пов'язані з проблемами землекористування, шуму, зміни ландшафту, використання нових матеріалів, виробництво яких в окремих випадках може негативно вплинути на довкілля (наприклад, одержання кремнію для сонячної енергетики), тощо. Необхідно враховувати, що характер взаємодії цих установок з довкіллям є принципово іншим за негативних дій, характерних для кожного виду НВДЖЕ.

Тому аналіз можливих наслідків повинен проводитися ще на етапі їхньої розробки і проектування. Це дасть змогу уникнути помилок, допущених під час опанування традиційних енергоустановок, коли спочатку були створені технологічні принципи і лише потім, у процесі експлуатації, розпочалися пошуки шляхів подолання негативних екологічних впливів. У процесі використання НВДЖЕ найхарактернішими з погляду дії на довкілля є такі аспекти.

Сонячна енергія. Низькотемпературні сонячні системи тепло- й водопостачання є найпоширенішими на цей час як в індустріально розвинених, так і в країнах, що розвиваються. В екологічному аспекті для експлуатації низькотемпературних систем характерні наслідки циклу видобутку початкових матеріалів та їхньої переробки; зниження негативних впливів на довкілля, що їх роблять викиди продуктів згорання заміщених традиційних котелень; зниження теплового забруднення. Середньо- і високотемпературні сонячні установки досі залишаються на стадії інтенсивної розробки. У світі створено декілька станцій (СЕС) з використанням розосереджених параболічних систем концентратів (загальною потужністю 400 МВт). Досвід їхньої експлуатації показав, що основним екологічним чинником для СЕС за термодинамічним циклом перетворення енергії є блокування устаткуванням значних земельних територій. Так, середню потенційну можливість СЕС такого циклу оцінюють у $30...40 \text{ МВт з } 1 \text{ км}^2$.

Вітроенергетика. Дотепер у світі нагромаджено величезний досвід щодо практичної експлуатації найрізноманітніших джерел енергії вітру. Як засвідчив досвід експлуатації, у наш час економічно доречнішими є ВЕС у діапазоні потужностей від 100 до 350 кВт. Більшість європейських країн підтримує створення ВЕС з урахуванням екологічних вимог до енергоустановок, а також проблем надійності й безпеки енергозабезпечення.

Дія вітроенергетики зумовлена такими найголовнішими екологічними чинниками, як: блокування земельних територій; шумові ефекти, що зростають із підвищенням потужності й числа вітродвигунів; висока металоємність вітроустановок, пов'язана з вимогами попереднього циклу видобутку і переробки металів; вібраційна дія на біоту; загибель великої кількості птахів під лопатями вібродвигунів. Максимальна потужність, яку можна одержати з 1 км^2 площі, коливається в широких границях залежно від району використання, типу станції й технологічних особливостей конструкції (середнє значення $\sim 10 \text{ МВт/км}^2$). Шумовий ефект у безпосередній близькості від ВЕС може досягати 50...80 дБ, тим часом як порогова витривалість людського вуха, прийнята на основі больових відчуттів, становить 180 дБ. Окрема екологічна проблема виникає від шумової дії установок значної потужності (понад 250 кВт), коли швидкості потоку повітря на кінцях лопаток вітроколіс великого діаметру є надзвуковими. При цьому з'являється інфразвуковий ефект, що негативно впливає на людину та інші біологічні суб'єкти.

Важливу роль відіграє показник витрат металу на одиницю потужності, він визначає об'єми циклу сировинної підготовки для виробництва. Залежно від рівня потужності цей показник для ВЕС орієнтовно змінюється в діапазоні $50...70 \text{ кг/кВт}$, причому потрібна значна кількість високоміцних матеріалів. У наш час існує тенденція замінювати елементи металевих конструкцій (насамперед, лопатей вітроколіс) на склопластики.

Отже, конче необхідний екологічний аналіз наслідків хімічного виробництва, пов'язаних зі створенням тих конструкційних матеріалів. За оцінками Всесвітнього конгресу Міжнародного товариства з проблем сонячної

енергії, що відбувся в Денвері (США), якщо брати до уваги екологічні чинники, то СЕС і ВЕС уже сьогодні більш економічні, ніж ТЕС й АЕС.

Геотермальна енергія. Екологічний вплив ГеоТЕС і геотермальних технологічних установок на довкілля зводиться: до дії мінералізованих геотермальних вод і пари; до опускання земної поверхні (іноді значному за розмірами), розташованої над геотермальним шаром, який розробляється; до підвищеної (порівняно з ТЕС однакової потужності) теплової дії ГеоТЕС на довкілля.

Таким чином, розвиток геотермальної енергетики пов'язаний з досить істотними негативними екологічними наслідками.

Перше – це надто висока вартість устаткування, що відбирає і перетворює геотермальне тепло, тобто висока вартість одержання енергії.

Друге – значний негативний вплив на довкілля – деградація лісів і екосистем навколо родовищ, значне просідання землі після відбору води й пари з глибин, виділення газів разом з парою, сильні забруднення ґрунтів, повітря і води в місцях відбору гідротерм, а це вимагає доволі серйозного контролю.

Крім того, часто гідротермальні родовища розташовуються у важкодоступних місцях. Використовують гідротермальну енергію двома способами: обігрівають будинки, теплиці, інші будівлі та виробляють електроенергію.

Це залежить від того, в якому вигляді енергія надходить із надр землі: чистої сухої пари без домішок крапельок води (у такому разі пару можна подавати безпосередньо в турбоагрегати, що виробляють електроенергію) або у вигляді суміші пари і гарячої води (водяних крапель), яку не можна прямо використовувати для виробництва електроенергії, оскільки удари крапель псують турбіну. Ба більше, геотермальна вода має підвищені корозійні властивості, а тому газо-водяну суміш, призначену для одержання електроенергії, треба заздалегідь розділяти на відцентрових сепараторах на суху пару і воду. Гарячу воду, що залишається, і відконденсовану пару також необхідно або закачувати назад у землю, або використовувати як засіб обігріву.

Утім, і тут залишається проблема мінералізації геотермальних вод: велика кількість солей, що містяться в них, забруднює будь-які водоймища, труби тощо. У складі вод, що виводяться на поверхню, знаходяться нітриди, хлориди і сульфіді деяких металів, а також небезпечні хімічні елементи (бор, арсен); сірководень (нешкідливий – у невеликих кількостях, токсичний – зі зростанням концентрації). За відсутності зворотного закачування у пласт виникає небезпека засолю ґрунтів у районі використання і падіння пластового тиску. Зміна тиску в пласті у процесі тривалої експлуатації свердловин впливає на рівень ґрунтових вод у цьому районі й може негативно позначитися на роботі артезіанських свердловин і водопостачання.

Енергія біомаси. Особливе значення джерела енергії цього типу мають для країн, що розвиваються. В енергобалансі африканських країн вони становлять пересічно до 60%, Латинської Америки – до 30%, азіатських держав – до 40%, деяких країн Європи, Близького Сходу й Північної Африки – до 10% від загального енергоспоживання. При цьому вагомого розвитку набула переробка біомаси, заснована на процесах газифікації, піролізу й одержанні рідкого палива.

У результаті процесу ферментизації під час переробки біомаси в етанол утворюються побічні продукти, зокрема промивальні води і залишки перегонки. Останні є серйозним джерелом екологічного забруднення довкілля. Їхня маса в кілька разів (до 10) перевищує масу вироблюваного продукту, тобто етилового спирту. Становлять інтерес технології, які дають змогу у процесі очищення цих відходів одержувати мінеральні речовини, що їх використовують у хімічній промисловості, а також як мінеральні добрива.

Різноманітним напрямом утилізації органічних відходів властива, перш за все, гостра екологічна скерованість. Значною мірою вона зорієнтована на переробку відходів. Ліквідація останніх і пов'язане з нею поліпшення екологічних та санітарно-епідеміологічних умов залюдненого середовища відіграють навіть більшу роль, аніж енергетичний ефект на основі використання цього виду сировинних ресурсів. Це особливо важливо для регіонів з вологим теплим кліматом і для великих міст. Саме тут надзвичайну роль відіграє технологія ліквідації відходів, яка дає змогу одночасно використовувати їхній енергетичний потенціал.

Міні- і мікроГЕС. Як наголошено в огляді Світової Енергетичної Ради, на основі цих установок можливе економічно рентабельне виробництво електроенергії на рівні 6,5% від наявного потенціалу гідроресурсів.

Найбільше для мініГЕС важить удосконалення гідротурбін, що працюють на малих напорах. Такі установки мінімально впливають на довкілля, оскільки не потребують будівництва загат, водосховищ, берегових споруд.

Як бачимо, екологічні дії НВДЖЕ годі порівняти з наслідками негативного впливу на довкілля традиційних джерел енергії. Оцінювати їхні екологічні дії слід, виходячи із системних позицій.

Треба враховувати весь комплекс різномірних чинників, характерних для різних видів НВДЖЕ:

- ✓ блокування територій; вплив на екологічний процес зайнятих і прилеглих територій; вплив на флору і фауну; вивільнення хімічних та інших матеріалів;
- ✓ можливості використовувати ці речовини або продукти їх переробки як сировину для подальшого виробництва.

Лекція 15. Енергетика й екологічна безпека.

План.

1. Енергопостачання та екологічна ситуація в Україні.
2. Енергетичні аспекти екологічної безпеки.

1. Енергопостачання та екологічна ситуація в Україні.

В Україні склалися досить напружені екологічні обставини.

З одного боку, вони пов'язані із загальним багаторічним нагромадженням великої кількості забруднюючих речовин, та надто небезпечних твердих відходів промислового виробництва.

З другого боку, незважаючи на існуючу останніми роками тенденцію до скорочення загального техногенного навантаження на довкілля, сумарно в атмосферу, гідросферу і літосферу нині викидають не менше 60 млн т твердих речовин (табл.1–3).

Практично на всій території України в атмосфері фіксуються десятикратні й більші перевищення ГПК окремих речовин. Техногенне навантаження на території України в 6—7 разів вище, ніж пересічно в розвинених країнах Європи. За оцінками Міжнародного інституту менеджменту довкілля (Швейцарія), якщо до 1989 року розміри щорічних утрат України від погіршення залюдненого середовища становили 15-20 % валового національного доходу, то під кінець ХХ ст., у зв'язку зі зниженням ВНД, перевищили 35 % і стали найбільшими у світі. Тільки на мінімізацію наслідків аварії на Чорнобильській АЕС Україна щорічно витрачає близько 1 млрд дол США.

Навіть без урахування наслідків Чорнобильської катастрофи питоме забруднення на одиницю території України є найбільшим в Європі.

Зони “екологічного лиха” охоплюють понад 15 % усієї території України: це Чорнобильська зона, Донбас, Кривбас, Придніпров'я, Придністров'я, Північний Крим, узбережжя Чорного й Азовського морів.

Таблиця 1.

Надходження шкідливих викидів у довкілля

Показник	1985	1990	1995	1996	1997
Надходження забруднюючих речовин, тис. т:					
в атмосферу	18 777	19 549	7 484	6 342	5 956
у поверхневі водоймища*	8 950	9 706	12 253	11 895	9 541
у земельні ресурси**	...	...	100 784	75 677	970 273
Надходження забруднюючих речовин, а саме:					
в атмосферу	371	302	147	126	118
у поверхневі водоймища	176	187	239	234	188
у земельні ресурси	...	...	1 903	1 487	19 139

* Забруднення поверхневих водоймів шкідливими речовинами обчислене за сумарним заміщенням.

** 1997 р. до 4 класу безпеки відносно відходи гірничодобувної промисловості Південного гірничо-облаштувального комбінату м. Кривого Рогу.

На території України можна вирізнити три екологічні зони (Донецько-Придніпровську, Південну і Південно-Західну), що істотно розмежовуються за своїм антропогенним навантаженням на повітряний басейн.

Максимальна кількість викидів на одиницю площі (~35 т/км² на рік) характерна для Донецько-Придніпровської (у Донецькій області – 110 т/км² на рік).

Південна та Південно-Західна зони – відповідно, 7,1 і 7,8 т/км² на рік. Кількість викидів в атмосферу для Києва й Севастополя становлять, відповідно 139,9 і 11,3 т/км² на рік.

Таблиця 2.

Основні показники захисту атмосферного повітря

Показник	1985	1990	1995	1996	1997
Кількість стаціонарних джерел викидів шкідливих речовин, тис. одиниць	349,4	287,9	339,0	333,0	366,3
Кількість викидів шкідливих речовин від стаціонарних джерел забруднення, тис. т	46 667,9	40 233,7	25 196,5	21 063,6	17 829,1
Удільний (7483) безшкодливої шкідливої речовини, тис. т	13 705,9	30 764,6	19 509,5	16 799,8	15 306,0
Кількість підприємств розміщених надходять до стаціонарних джерел забруднення, шт.	74	77	77	77	77
Удільні витрати шкідливих речовин, тис. т	15 699,9	16 081,9	5 917,6	4 177,2	3 543,5
Шкідливі речовини потрапляють у атмосферу від стаціонарних джерел забруднення	13 776,9	14 549,2	7 483,5	6 447,3	5 904,2
Кількість підприємств розміщених надходять до стаціонарних джерел забруднення	12 163,0	9 439,1	5 687,0	4 763,8	4 533,2
пересуванням засобами	6 613,9	6 110,1	1 796,5	1 578,5	1 433,0

До початку XXI ст. стаціонарні джерела і транспортні засоби України викидали в атмосферу приблизно 6 млн т шкідливих забруднюючих речовин, з яких приблизно 75 % (4,5 млн т) потрапило в повітряний басейн саме від стаціонарних джерел забруднення. Найбільший вплив на атмосферне повітря у великих містах мали промисловість і комунально-побутове господарство (табл.3). У 17 містах країни викиди шкідливих речовин збільшилися.

Із загальної маси викидів в атмосферне повітря, яка дорівнює майже 20 млн т речовин на рік, на частку підприємств енергетики України припадає до 53 %. Усереднений хімічний склад є таким: сірчистий ангідрид – 19 % (30 %), окис вуглецю – 42 % (37 %), оксиди азоту – 8 % (10 %), вуглеводневі сполуки – 7 % (8 %), легкі органічні сполуки – 4 % (4 %), інші – 20 % (11 %). У дужках названо відсотковий склад викидів лише від стаціонарних джерел.

Таблиця 3.

Викиди шкідливих речовин в атмосферу від стаціонарних джерел забруднення у різних районах парового господарства України (1997 р.)

Район	Кількість викидів шкідливих речовин від стаціонарних джерел забруднення, тис. т	Види шкідливих речовин в атмосферу, тис. т			Кількість викидів шкідливих речовин від стаціонарних джерел забруднення, тис. т	
		Сірчистий ангідрид	Окис вуглецю	Оксиди азоту	Вуглеводневі сполуки	Легкі органічні сполуки
Електроенергетика	10 588,9	1 325,3	3 720	3 981,2	620,4	620,4
Вугільна промисловість	1 526,7	643,7	920,0	142,1	125,2	125,2
Хімічна промисловість	1 677,1	1 400,7	1 752,9	4 996,5	1 677,1	1 677,1
Хімічна промисловість	75,3	473,2	117,1	471,2	275,2	275,2
Місцеве будівництво	94,1	35,0	73,7	76,5	6,4	6,4
Нафтогазовидобування і газова промисловість	222,3	181,5	454,9	76,8	76,4	76,4
Хімічне господарство	80,3	17,1	11,0	73,2	9,2	9,2
Сільське господарство і скотарство	106,4	110,2	128,3	122,4	128,6	128,6
Транспорт	51,1	42,6	43,2	35,5	20,6	20,6
Промисловість будівельних матеріалів	910,8	66,0	40,0	240,0	209,3	209,3
Бізнес, промисловість	2,0	3,1	1,9	3,1	0,9	0,9
Інше	277,2	404,4	88,8	173,7	35,4	35,4
Разом	19 639,1	4 533,2	3 760,9	15 066,5	3 543,5	3 543,5

Брак необхідного устаткування та ефективних технологій очищення негативно впливає на розв'язання проблем уловлювання й утилізації шкідливих речовин. Так, 1997 року на очисні споруди від стаціонарних джерел надійшло 16,1 млн т шкідливих речовин, з яких уловлено 15,3 млн т. Якщо 1990 року було утилізовано більше як половину всіх шкідливих речовин, то 1997 року – лише 23 % (3,5 млн т).

У структурі вловлених інгредієнтів основну частину складають тверді речовини (94 % або 14,3 млн т). Лише 20 % від загальної кількості утворених газоподібних речовин, було вловлене очисними спорудами, тимчасом як твердих – 95 %.

Підприємствам бракувало відповідного устаткування, а це спричинило те, що частина викидів потрапляла безпосередньо в атмосферу. Якщо в цілому по Україні без очищення було викинуто 3,8 млн т (19 % від загальної кількості), то в окремих регіонах цей показник є істотно вищим: Автономна Республіка Крим – 33 %, Херсонська область – 76 %, Закарпатська – 65 %, Волинська – 55 %, Одеська – 51 %, Тернопільська – 43 %, Житомирська – 41 %, Луганська й Полтавська – 33 %.

Надмірні викиди промислових підприємств і транспортних засобів завдали шкоди атмосфері таких великих індустріальних міст, як: Донецьк, Горлівка, Дзержинськ, Маріуполь, Макіївка, Слов'янськ, Єнакієво, Одеса, Дніпропетровськ, Харків, Запоріжжя, Луцьк, Луганськ. Високий рівень забруднення в цих містах переважно зумовлений підвищеним умістом у повітрі специфічних шкідливих речовин (бенз(а)пірену, формальдегіду, фенолу, аміаку) пилу і двоокису азоту.

Основними джерелами забруднення повітря є підприємства енергетичної, вугільної та металургійної галузей. Незважаючи на те, що кількість підприємств цих галузей становила лише 7,3 % від загального числа джерел забруднення атмосфери, від них у природне середовище надійшло 83 % (3,8 млн т) усіх шкідливих речовин. Якщо в середньому по Україні одне підприємство викидало 291 т шкідливих речовин, то в металургії – 7 334 т, а в енергетиці – 6 997 т.

Таким чином, на сьогодні в Україні найвагомішим стаціонарним джерелом забруднення атмосферного повітря є *енергетика*. Це стосується як власне енергетики, що використовує до 40 % усього органічного палива, так і підприємств малої енергетики.

Згідно з розрахунками, збиток, заподіюваний шкідливими викидами в атмосферу, що надходять від дрібних теплових установок, на одиницю спалюваного палива є в 5 разів вищим, аніж від ТЕЦ і КЕС. Це пов'язано зі специфікою розміщення дрібних котельень, промислових і опалювальних печей у зонах з високою концентрацією населення та відсутністю технічних засобів, що забезпечують ефективне спалення шкідливих викидів. Вони становлять від 25 до 50 % усіх викидів.

Як наслідок, рівень загазованості цілого ряду великих промислових центрів залишається високим (від 25 до 50 %), тим паче, що в умовах дефіциту ПЕР практично неможливо домогтися для теплопостачання пріоритетного виділення природного газу й заміщення рядового вугілля сортами палива. Водночас, у процесі спалювання 1 т у. п. природного газу в дрібних котельнях та індивідуальних джерелах тепла в атмосферу потрапляє 2,5 кг шкідливих викидів, здебільшого, оксидів азоту, тимчасом як при спалюванні донецького вугілля в рядовому вигляді – 219 кг (під час шарового спалювання – трохи менше).

На пай традиційної енергетики припадає не менше 30 % всіх викидів в атмосферу, зокрема від загальної кількості: 30 % твердих речовин, 63 % сірчистого ангідриду та 57 % оксидів азоту. У Донецькій області – 30 % всіх викидів в атмосферу, у Дніпропетровській – 24 %, у Луганській – 18 %, у Запорізькій – 49 %, у Харківській – 58 %, в Івано-Франківській – 73 %, у Київській – 67 %, у Вінницькій – 71 %. ТЕЦ чорної металургії, хімічної промисловості та цукрових заводів поставляють також 49 % викидів у Донецькій області, до 70 % у Дніпропетровській і до 85 % у Криму.

У цих умовах надзвичайно важливою є інтеграція енергетики й екології, взаємозв'язок екологічних аспектів енергетики та енергетичних аспектів екології. Їх необхідно правильно формулювати й неухильно відстежувати на всіх етапах енергопостачання і енергоспоживання. Лише в цьому разі можлива реалізація природоохоронної стратегії розвитку енергетики України відповідно до зобов'язань, прийнятих нею 1992 року у Ріо-де-Жанейро.

2. Енергетичні аспекти екологічної безпеки.

Таким чином, одним із пріоритетних напрямів розвитку України, забезпечення її екологічної безпеки є охорона довкілля. Коріння екологічної кризи заглиблене в Чорнобильській катастрофі й непомірному техногенному навантаженні, що спричинило, зрештою, стрімке зниження асиміляційних і якісних характеристик природного довкілля.

Територія України є техногенно перенасиченою небезпечними об'єктами. Масштаби забруднення довкілля в низці регіонів України досягли критичного рівня. Головними забруднювачами повітря, як уже наголошувалося, є підприємства енергетики, металургії і транспорту.

Досить *важливим є питання*, які джерела екологічної небезпеки найбільш істотні. У попередніх розділах ми дали на нього відповідь. Проте ще раз відзначмо внесок основних виробництв у погіршення екологічної ситуації. Шкідливі викиди в усіх країнах СНД на початок XXI ст. розподілилися в середньому таким чином: ТЕС – 30,7 %, автотранспорт – 22,8 %, чорна металургія – 15,7 %, промисловість будівельних матеріалів – 30,3 %, кольорова металургія – 7,4 %, нафтова промисловість – 6,3 %, хімічна промисловість – 3,8 %. Загалом у різних країнах на електроенергетику припадає від 25 % до 35 % загальних викидів CO₂, причому ця частина зростає зі збільшенням валового національного продукту. Усі ТЕС світу, виробляючи 80 % загальних обсягів енергії, поставляють в атмосферу 50 % промислових забруднюючих викидів. Тільки у процесі підземного видобутку вугілля на кожну тонну видобутого твердого палива в атмосферу викидається 0,42 кг пилу, 0,6 кг оксидів сірки,

0,11 оксидів азоту, 1 кг оксидів вуглецю та інших інгредієнтів. Під час переробки 1 т нафти – 3,44 кг вуглеводнів, 0,89 кг оксидів сірки, 0,4 оксидів вуглецю, 0,09 кг оксидів азоту, 0,03 кг сірководня. У зв'язку з тим, що використання природного газу в енергетиці скорочуватиметься, а споживання низькосортного високозольного та сірчастого вугілля буде зростати, можна чекати збільшення кількості викидів і погіршення екологічної обстановки. Слід також не забувати, що на кожен мільйон видобутого вугілля руйнується 414 га землі. Терикони однієї лише Луганської області займають площу близько 3 200 га.

Нині ТЕС на території України викидають в атмосферу 76 % оксидів сірки, 53 % оксидів азоту і 26 % твердих частинок від загальних об'ємів викидів стаціонарних енергетичних установок. На 1 млн кВт електричної потужності АЕС у довіл ля потрапляє не менше 2 млн кВт теплових потужностей, що в 1,5–2 рази більше, ніж для ТЕС. Для будівництва кожного блока – мільйонника АЕС потрібно 600 га земельних ресурсів, безповоротні втрати води під час експлуатації такого блока становлять 30 млн м³ /рік, а утворені рідкі відходи – до 100 тис. м³ /рік. Уважається, що для нормальної роботи АЕС необхідне водосховище, розміри якого забезпечують 8...12 м² поверхні на кожен кВт установленної потужності (для ТЕС – 5...8 м²).

Усе сказане наочно підтверджується тим, що без розв'язання складних екологічних проблем і забезпечення конче необхідного рівня захисту атмосфери й водоймищ від забруднення димовими газами і рідинними стоками ТЕС у нинішніх умовах не може бути реалізована стратегія подальшого розвитку енергетики. Слід також відмітити, що нині треба активно підіймати культуру гідробудівництва. Вплив енергетики на природне середовище полягає не тільки у значних об'ємах викидів шкідливих речовин, а й у виведенні з природокористування значних територій, у дії на клімат, у складуванні величезних обсягів вторинної сировини.

Таким чином, досягти екологічної безпеки країни можна лише за умови *підвищення безпеки енергетичної в усіх аспектах* і складових ефективності виробництва, перетворення, передачі й використання ПЕР. В Україні, як і в інших розвинених країнах, необхідна система екологічної безпеки, що враховує особливості вітчизняної економіки й ПЕК. Ця система має передбачати підтримку такого стану економіки і соціальних відносин у суспільстві, за яких діяльність держави й особи свідомо спрямовані на попередження та відвернення виниклих екологічних загроз (ризиків); на всебічний екологічний захист населення і природних умов його ефективного соціального й економічного розвитку.

Комплексна оцінка екологічної безпеки ґрунтується на *оцінці ризику*, який виникає внаслідок тієї чи іншої діяльності, зокрема, в паливно-енергетичному комплексі. У цьому разі під терміном “ризик” у його широкому значенні мають на увазі розмір можливих збитків від тих чи інших подій (дій, явищ). “Ризик” – це також небезпека від можливих подій.

Дослідження й аналіз ризику техногенних систем (промислових об'єктів) включають у себе широкий спектр наваєм пов'язаних проблем різних етапів: ідентифікацію чинників та оцінку ризику, управління ризиком.

Оцінка техногенного ризику – це процедура знаходження індивідуального ризику для конкретного виробництва (промислового підприємства).

Світовий досвід показує, що зменшення і регулювання техногенного навантаження доволі ефективно досягається за допомогою економічних механізмів: “бабл-принципу” – підтримки певних об'ємів викидів для додержання національних стандартів якості повітря; методу “торгівлі викидами”, пов'язаного з угодами між підприємствами (в межах установлених норм на викиди); принципу “солідарної відповідальності”, коли підприємства несуть загальну відповідальність за екологічний збиток, та ін.

Передові країни світу, керуючись концепцією “pollution prevention pays” (“витрати на попередження забруднення”), усе більше уваги приділяють природоохоронним заходам, випуску екологічно чистої продукції; упровадженню орієнтованої стратегії економічного зростання як єдиного перспективного напрямку досягнення стійкого розвитку.

Істотно зросла роль державної фінансово-економічної політики стимулювання природоохоронної діяльності. Економіка розвинених країн дедалі більше стає ресурсощадною, у них високими темпами розвивається екоіндустрія. Лише за п'ять років (1990–1994 рр.) щорічні темпи зростання світового екобізнесу піднялися до 9 %.

Протокол Конвенції ООН (Киото, 1997 р.) щодо лімітації викидів парникових газів передбачає “торгівлю” ними в межах виділених квот. Так, якщо 1997 року в Україні було викинуто лише дві третини дозволеного рівня, то невикинуті тони парникових газів могли бути предметом продажу. До країн, зацікавлених у придбанні права на викиди, належать, зокрема, Сполучені Штати Америки. Право на викид 1 кг парникового газу коштує 100 дол США. Відтак, продаж права на викид 100 млн т парникових газів може дати Україні прибуток до 10 млрд дол США. Частину цих грошей можна використати на модернізацію об'єктів ПЕК, підвищення рівня екологічної й енергетичної безпеки України.

Важливість розглянутих вище проблем екологічної безпеки підтверджує той факт, що для комплексного наукового обґрунтування реалізації ядерної політики і заходів щодо екологічної безпеки в Україні створена Комісія з питань ядерної політики і екологічної безпеки при Президенті України (1997 р.).

Основні завдання Комісії є такими:

- подавати Президенту, Раді з безпеки і оборони України пропозиції щодо формування та реалізації державної ядерної політики, забезпечення радіаційної й екологічної безпеки;
- брати участь у розробці проектів законів України, актів Президента України, загальнодержавних та інших програм з питань у межах своїх повноважень; вивчення й узагальнення вітчизняного і зарубіжного досвіду щодо розв'язання проблем, пов'язаних з ядерною, радіаційною та екологічною безпекою, використанням ядерної енергії; внесення пропозицій стосовно впровадження в Україні новітніх досягнень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Маляренко В.А. Енергетика і навколишнє середовище. Х.: Видавництво САГА, 2008. – 364 с.
2. Паливно-енергетичний комплекс України в контексті глобальних енергетичних перетворень. – К.: Українські енциклопедичні знання, 2004. – 468 с.
3. Варламов Г.Б. Оцінка негативного впливу та концепція енергоекологічного моніторингу паливоспалювальних енергооб'єктів / Энерготехнологии и ресурсосбережение. – 2001. - №4. – С. 53- 57.
4. Інноваційні пріоритети паливно-енергетичного комплексу України / Під заг. ред.. А.К. Шидловського. – К.: Українські енциклопедичні знання, 2005. – 512 с.
5. Экология энергетики: учебное пособие (лабораторный практикум) / сост. Е. И. Паршина ; Сыкт. лесн. ин-т. — Сыктывкар : СЛИ, 2012. — 216 с.
6. Джерела енергії: Практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальностей 144 «Теплоенергетика» та 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В.В. Дубровська, В.І Шкляр. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,9 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 71 с.
7. Тарасенко М. Г. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу «Відновлювані джерела енергії». Методичні вказівки / М.Г. Тарасенко, В.І. Гетманюк – Тернопіль: Видавництво ТНТУ ім. І. Пулюя, 2012. – 93 с.
8. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Використання відновлювальних джерел енергії» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за освітньо-професійною програмою «Теплоенергетика» спеціальності 144 «Теплоенергетика» денної, заочної та дистанційної форм навчання [Електронне видання] / Герасимов Г. Г., Трофимчук І. П. – Рівне : НУВГП, 2021. – 90 с.
9. Екологічні проблеми енергетики. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт (частина 2) студентами спеціальностей 101 «Екологія» та 183 «Технології захисту навколишнього середовища» / А. Г. Рудченко. – Дніпро: Національний гірничий університет, 2017. – 55 с.
10. Варламов Г.Б., Любчик Г.М., Маляренко В.А.. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії. – К.: ІВЦ Вид-во «Політехніка», 2003. – 232 с.
11. Воропай М.І., Славін Г.Б., Чельцов М.В. Енергетика та екологічні аспекти національної безпеки // Енергетика: економіка, технологія, екологія. – 2000. - №3. – С. 4-9.
12. Закон України «Про альтернативні види палива» [Електронний ресурс] /– 2018. – Режим доступу до ресурсу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1391-142>.
13. Енергетична стратегія України на період до 2030 року». [Електронний ресурс]: Кабінет міністрів України. — Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/n0002120-13>.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

КАФЕДРА ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

**ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ ТА
ДОВКІЛЛЯ**

Конспект лекцій

для студентів інженерно-технологічного факультету
зі спеціальності: «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
денної та заочної форм навчання

Суми -2022

Барсукова Ганна Володимирівна

ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ ТА ДОВКІЛЛЯ

Конспект лекцій

для студентів інженерно-технологічного факультету
зі спеціальності: «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
денної та заочної форм навчання

Сумський НАУ, вул. Г. Кондратьєва 160

Підписано до друку 2022 р. Тираж 20 прим. Гарнитура. Times New Roman.
Умовн. Друк. арк. 2,0 замовл.
