

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

І. А. Вінклер, Я. Ю. Тевтуль

**ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА
ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ**

**ВІД ТРАДИЦІЙНИХ ДО СУЧАСНИХ
І ПЕРСПЕКТИВНИХ**

Навчальний посібник

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

**Львів
«Новий Світ-2000»
2020**

УДК 502.21(075.8)
ББК – 20.1я73
В 487

*Затверджено Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів*

Рецензенти:

О.В. Ангельський, д.ф.-м.н., проф., декан інженерно-технічного факультету Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича;

З.Д. Ковалюк, д.ф.-м.н., проф., керівник Чернівецького відділу Інституту проблем матеріалознавства НАН України;

Є.П. Ковальчук, д.х.н., проф., завідувач кафедри фізичної і колоїдної хімії Львівського національного університету імені Івана Франка.

ISBN 978-966-418-194-2

Вінклер І. А., Тевтуль Я. Ю.

Екологічна безпека джерел енергії. Від традиційних до сучасних і перспективних: Навчальний. посібник / Львів: «Новий Світ-2000», 2020. – 277[3] с.

У навчальному посібнику висвітлюються питання, пов'язані з технологією використання традиційних джерел енергії, екологічні аспекти роботи сучасних і перспективних джерел енергії. Розглядаються можливості та екологічні наслідки виробництва енергії відновлюваними та «зеленими» джерелами, перспективи їх впровадження. Основна увага зосереджена на використанні відновлюваних джерел енергії та напрямках зменшення несприятливих результатів їх роботи.

Для студентів екологічних спеціальностей ВНЗ.

ISBN 978-966-418-194-2

УДК 502.21(075.8)
ББК – 20.1я73

© Вінклер І. А., Тевтуль Я. Ю., 2020

© Видавництво «Новий Світ-2000», 2020

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1. ТРАДИЦІЙНА ЕНЕРГЕТИКА, ЇЇ ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	10
1.1. Теплові електростанції	10
1.2. Гідроелектростанції	18
1.3. Атомні електростанції	26
1.4. Традиційні джерела енергії для транспорту	35
1.5. Традиційні джерела енергії у житлово-комунально- му господарстві	51
2. ОСНОВИ ПРЯМОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН У ЕНЕРГІЮ ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ	57
2.1. Термодинаміка електрохімічних елементів	57
2.2. Хімічні джерела електричного струму (ХДС).....	61
2.2.1. Первинні ХДС	62
2.2.2. Вторинні ХДС	72
2.2.3. Паливні елементи	86
3. ВОДНЕВА ЕНЕРГЕТИКА	91
3.1. Способи отримання водню	94
3.2. Паливні елементи й електрохімічні генератори	101
3.3. Термодинамічні параметри паливних елементів	103
3.4. Водень для автомобілів	105
4. ВІТРОВА ЕНЕРГЕТИКА	112
5. ГЕОТЕРМАЛЬНА ЕНЕРГЕТИКА	123
5.1. Типи й потенціал геотермальної енергії	124
5.2. Геотермальні електростанції	127
5.3. Електростанції з бінарним циклом	129
5.4. Деякі інші можливості використання теплоти Землі	130
5.5. Використання підземної теплоти України	133
5.6. Проблеми та перспективи розвитку геотермальної енергетики України	140
6. ТЕПЛОВІ ПОМПИ	144
6.1. З історії створення та розвитку теплових pomp	144
6.2. Коефіцієнт перетворення теплоти	146
6.3. Принцип функціонування теплової помпи	149
6.4. Теплові помпи в системах обігрівання	151

6.5. З досвіду використання теплових pomp	152
7. ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ ПРИПЛИВІВ І ХВИЛЬ	156
8. СОНЯЧНА ЕНЕРГЕТИКА	166
8.1. Велика сонячна енергетика	167
8.2. Мала сонячна енергетика	173
9. БІОЕНЕРГЕТИКА	184
9.1. Особливості та можливості біопалива	184
9.2. Можливості використання твердої біомаси. Типи твердопаливних котлів	192
9.3. Біогаз – шлях до енергетичної незалежності	201
9.3.1. Біогаз – виробництво та використання	209
9.3.2. Фактори, що впливають на виробництво біогазу	213
9.3.3. Пристрої для виробництва біогазу	214
9.4. Деякі сучасні аспекти використання відновлюваної біологічної сировини (деревини і лушпиння)	218
9.5. Біодизельне паливо	225
9.5.1. Конкурентна спроможність біодизеля	228
9.6. Біоетанол	231
9.7. Перспективи виготовлення та використання біопа- лива в Україні	234
9.8. Енергетичне землеробство	238
9.9. Зелений тариф в Україні	240
ДОДАТКИ	244

ВСТУП

РОЛЬ ЕНЕРГЕТИКИ В СУЧАСНОМУ СВІТІ

Серед багатьох завдань, що стоять перед сучасною енергетикою і перед техноекологією зокрема, – проблема боротьби з негативним впливом, якого завдає довікільно енергетична галузь, першочергова. Щоденне використання енергії безупинно зростає і ця тенденція не змінюється вже протягом тривалого часу. Більше того, виробництво енергії тепер продовжує розвиватися випереджаючими темпами. Якщо кількість населення Землі збільшується приблизно на $2\div 2,5$ % щорічно, то виробництво енергії – *приблизно на 5 %*. Це дуже великий показник!

Такий ріст, *по-перше*, зумовлений зростанням кількості людей, що живуть у містах, де споживається більшість енергоресурсів.

По-друге, зростаюча якість життя вимагає все більше і більше енергії для функціонування нових пристроїв, що з'являються в побуті й на виробництві. Для обґрунтування цього твердження достатньо порівняти кількість потужних споживачів енергії електричного струму, що з'явилися у міській квартирі протягом останніх десятиліть: мікрохвильові печі, електропідігрівачі води, комп'ютери, потужні електрочайники, пральні машини тощо. Більшість з перелічених пристроїв мають потужність від 1,0 до 2,5 кВт, тоді як ще в 90-х роках минулого століття сумарна максимальна потужність *всього* електрообладнання міської квартири рідко перевищувала 5 кВт!

По-третє, постійне технічне переоснащення виробництва, необхідне для випуску нових товарів і матеріалів, вимагає збільшення витрат енергії. Особливо енерговитратне виготовлення сучасних синтетичних пакувальних матеріалів – поліетилентерефталатів, поліетиленів тощо.

По-четверте, через виснаження найбільш дешевих і багатих джерел природної сировини промисловість змушена залучати до виробництва бідніші руди, що потребують додаткового збагачення та інших підготовчих операцій. А кожна з них – це нові витрати енергії.

Крім того, доводиться переходити до освоєння віддаленіших родовищ, що призводить до нових витрат енергії для транспортування.

Нарешті, *по-н'яте*, належить пам'ятати, що в наш час підприємства змушені зосереджувати все більшу й більшу увагу на утилізації та переробці відходів і власних побічних продуктів, які раніше просто викидалися. І на це теж потрібна додаткова енергія.

Отже, всі вказані фактори ілюструють збільшення споживання енергії, що набагато випереджає як зростання кількості населення, так і промисловий ріст.

Виробництво енергії завжди супроводжувалося негативним впливом на довкілля, а з сучасними темпами зростання ця галузь впевнено прямує до «почесної» першості серед чинників антропогенного забруднення навколишнього природного середовища. Не варто забувати, що, окрім прямої шкоди, багато галузей енергетики створюють ще й серйозну опосередковану, які зумовлені спряженими стадіями розробки сировини, «брудними» наслідками виробництва і споживання енергії, накопиченням прямих і непрямих відходів, утилізацією відпрацьованого обладнання тощо.

У цьому навчальному посібнику зроблено аналіз технології виробництва й екологічних наслідків діяльності окремих галузей енергетики. Розглянено можливі шляхи переходу до більш екологічно безпечних схем виробництва енергії. Аналізується не тільки електроенергетика, але й енергогенеруючі галузі для транспорту, енергозабезпечення житлово-комунального господарства тощо.

Розглядаючи основні закономірності антропогенного тиску енергетичної галузі на довкілля, доцільно виділити декілька загальних особливостей:

1. Характер забруднюючого впливу на довкілля залежить від конкретного типу енергогенеруючого підприємства. Однотипні підприємства можуть завдавати відчутно різний вплив залежно від особливостей технології та ступеня її новизни. Наприклад, атомна й теплова електростанції зумовлюють досить різний спектр прямого й опосередкованого забруднення довкілля. Вугільна теплова і газова теплова станції також відрізняються спектром і потужністю викидів забруднювачів.
2. Теплове забруднення можна вважати практично єдиним універсальним фактором, характерним майже для всіх об'єктів енергогенеруючої галузі.

3. На відміну від, наприклад, об'єктів видобувної галузі, енергогенеруючі підприємства зосереджені поблизу від місць проживання людей (оскільки останні переважно й споживають вироблену енергію; крім того, ці підприємства досить трудомісткі).
4. Негативний вплив енергетики на довкілля слабко піддається ефектам глобалізації економіки (тобто «розпорошення» стадій виробництва товару в різних країнах світу). Продукти енергетики досить дорого і складно транспортувати на великі відстані (ніхто не возить, наприклад гарячу пару або воду); лінії електропередач (ЛЕП) високої напруги – дуже дорога споруда. Через це промислово розвинені країни не можуть «експортувати» свою енергетику, виробляючи енергію за кордоном і завозячи звідти лише «чистий» продукт. Вони змушені генерувати переважну частку енергії на своїй території, недалеко від місць її споживання. Хоча певні можливості для глобалізації існують і тут (вивезення радіоактивних відходів атомної енергетики в інші країни).
5. Екологічні наслідки діяльності енергогенеруючої галузі зустрічаються на кожному кроці. Негативні наслідки роботи інших промислових галузей можуть відчуватись у регіоні їх розташування, а енергогенеруючі та споживаючі прилади є скрізь. Це газові опалювальні прилади, що стоять у багатьох квартирах, автомобілі, які їздять під нашими вікнами, котельні, що димлять у містах і т.д.

Враховуючи ці особливості, окреслимо основні напрямки роботи для зменшення тієї шкоди довкіллю, яку завдають енергогенеруючі підприємства, і висвітлимо основні шляхи переходу до більш екологічно безпечних джерел енергії.

Потрібно чітко усвідомити, що немає і не може бути абсолютно безпечного джерела енергії. Будь-яке енергогенеруюче підприємство завжди буде завдавати певну шкоду довкіллю. Через це будемо застосовувати термін *екологічно безпечні джерела* енергії лише в тому сенсі, що ними вважатимемо ті джерела, які завдають відчутно меншу екологічну шкоду довкіллю, ніж інші аналогічні джерела енергії.

Основні принципи переходу до екологічно безпечніших джерел енергії можна охарактеризувати так:

1. Нарощування очисного обладнання та схем утилізації відходів для зменшення інтенсивності антропогенного тиску від існуючих енергогенеруючих потужностей.
2. Залучення технологічних проєктів, що сприяють ліпшому розсіюванню забруднювачів у навколишньому середовищі (вищі труби, глибші зони скидання).
3. Відносно невелике переобладнання енергогенеруючих підприємств із перетворенням їх у сучасніші, «чистіші» зі збереженням основного технологічного спрямування (використання на ТЕС і в котельнях газу замість вугілля, відмова від спорудження одноконтурних АЕС і перехід до спорудження багатоконтурних).
4. Сприяння розвитку сучасних схем ліпшого транспортування електроенергії на більші відстані (розробка обладнання для передачі електроенергії з вищою напругою та частотою).
5. Розвиток чистіших енергетичних галузей (вітрові чи припливні станції та ін.) і сучасних джерел енергії для транспортних засобів (водневі, електричні).

Такі основні шляхи розвитку технології екологічно безпечніших джерел енергії.

Енергетична незалежність України може бути досягнена шляхом розвитку відновлювальних джерел енергії (ВДЕ). Цей напрям перспективний, він зумовлений екологічною безпекою, надійністю та рентабельністю «зелених» технологій. У багатьох країнах світу такі тенденції в енергетиці розвиваються з великою швидкістю. Необхідно зауважити, що цей вектор розвитку суттєво залежить від політичних рішень державної влади.

Проте існує й інша тенденція розвитку в бік атомної енергетики. Прихильники атомної енергетики вважають, що її розвій врятує суспільство від глобального потепління на планеті. Але це досить вузький погляд на проблему, оскільки атомні електричні станції (АЕС) – потужне джерело забруднення довкілля навіть за умови роботи без аварій: так і не створено технологій переробки радіоактивних відходів АЕС, які доводиться захоронювати до ліпших часів.

На жаль, в нашій країні не приймають політичні рішення, спрямовані на впровадження екологічно безпечних ВДЕ. В Україні майже 100 % бюджетних коштів, які будуть спрямовані в енергетичну сферу, підуть на розвиток атомної енергетики. Це не узгоджується із за-

гальносвітовою тенденцією розвитку «зелених» технологій в енергетичних галузях господарства.

Незворотність розвитку «зеленої» енергетики в Україні підтверджується будівництвом вітрових і сонячних електричних систем, розширенням використання відновлювальної сировини для теплових агрегатів, збільшенням сільськогосподарських угідь, на яких вирощують «енергетичні культури» (ріпак, цукровий буряк, кукурудзу тощо) й нарощуванням потужностей з виробництва біодизельного пального, залученням потенціалу біогазу різного походження.

1. ТРАДИЦІЙНА ЕНЕРГЕТИКА, ЇЇ ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

1.1. Теплові електростанції

Виробництво електроенергії тепловими електростанціями (ТЕС) – базова галузь електроенергетики України. На початку 90–х рр 20-того століття приблизно 65 % електроенергії в Україні вироблялось ТЕС. Наприкінці 90–х ця частка скоротилася (за рахунок збільшення виробництва енергії на атомних станціях), але вона все ще складає близько 50 %. У більш віддаленій перспективі частка електроенергії, що генерується ТЕС, буде скорочуватись.

В основному це відбуватиметься через виснаження запасів органічного палива для ТЕС, розвиток більш «чистих» способів генерації електроенергії, АЕС і ГЕС. Проте найближчим часом не варто очікувати суттєвого зниження цієї частки електроенергії.

Під час роботи ТЕС формується потужний негативний вплив на довкілля. Технологія функціонування більшості ТЕС доволі «брудна», а отже, під час роботи потужної теплоелектростанції генеруються сотні тисяч тонн шкідливих речовин, що забруднюють довкілля. Наприклад, одна з ТЕС енергокомпанії «Франс Електрисіте» щоденно викидає зі своїх димарів до 50 тонн золи! Негативний вплив функціонування ТЕС відбувається навіть до того, як паливо потрапить у котел станції. Технологія добування та транспортування палива для ТЕС теж спричиняє значне забруднення навколишнього середовища. З іншого боку, під час роботи ТЕС утворюються масивні кількості агресивних шлаків і шламів, що також вносить свою частку забруднення всіх об'єктів природного середовища. Тому проблема зменшення негативного екологічного впливу ТЕС і впровадження екологічно безпечних технологій буде актуальною ще протягом тривалого часу.

ТЕС перетворюють хімічну енергію палива (вугілля, нафти, газу тощо) послідовно в теплову, механічну й електричну енергію. У найбільш загальному вигляді схема роботи ТЕС така. У котлі (Рис. 1.1) спалюють паливо. Теплота згоряння палива поглинається водою, що подається в котел і циркулює там трубами теплообмінника. Вода за-