

# Лекція-візуалізація «Екологічно чиста енергетика»

## План

1. Енергія сонця.
2. Способи одержання електрики й тепла із сонячного випромінювання.
3. Достоїнства використання сонячної енергетики.
4. Недоліки використання сонячної енергетики.
5. Технології сонячної енергетики .
6. Вітрова енергія.
7. Вітроелектричні станції.
8. Основні переваги вітроенергетики.
9. Недоліки вітроенергетики .
10. Термальна енергія Землі.
11. Геотермальні ресурси.
12. Використання геотермального тепла.
13. Види геотермальних установок .
14. Енергія океану.
15. Енергія припливів.
16. Енергія хвиль.
17. Термальна енергія океану .

## Вступ

Зараз у світі усе більше вчених інженерів займаються пошуками нових, нетрадиційних джерел які могли б взяти на себе хоча б частину турбот по постачанню людства енергією. Нетрадиційні поновлювані джерела енергії включають сонячну, вітрову, геотермальну енергію, біомасу й енергію Світового океану[1].

Надворі XXI вік. І вже ні в кого не викликає сумнівів, що енергетична криза, що охопила людство, ставить під погрозу саме його існування на Землі. Розвиток цивілізації припускає пошук всі нових і нових джерел енергії.

Активно споживаючи, а частіше бездумно витрачаючи природні енергетичні запаси, такі як кам'яне вугілля, газ, нафта, ми порушуємо екологічний баланс на нашій планеті.

Практично неконтрольований злив нафти у світовий океан, викид в атмосферу мільйонів тонн оксиду азоту, регулярні радіаційні викиди атомних електростанцій завдають непоправної шкоди навколишньому середовищу.

Крім того, треба враховувати, що енерговміст Землі виснажується. Не випадково традиційні джерела енергії визначили як непоновлювані. Щорічне споживання нафти Землі обходиться дорого, на відновлення родовищ потрібно до 2 млн. років [12].

## **1. Енергія сонця**

Перевага сонячної енергії в її доступності. Сонячне випромінювання в різних крапках Землі по щільності потоку міняється незначно, а тому можливо для застосування в будь-якій країні й вигідно з погляду енергонезалежності. Період гарантованого надходження сонячної енергії на Землю визначається приблизно тисячоріччям. Цей вид енергії є екологічно чистим, а тому перспективним з погляду збереження природного балансу й широкого вжитку в народному господарстві. А саме головне, і це обнадіює, що саме потужне, поновлюване джерело енергії Сонце «протягне руку допомоги» людині [3].

## **2. Способи одержання електрики й тепла із сонячного випромінювання**

- 1) Одержання електроенергії за допомогою фотоелементів.
- 2) Геліотермальна енергетика - нагрівання поверхні, що поглинає сонячні промені й наступний розподіл і використання тепла (фокусування сонячного випромінювання на посудині з водою для наступного використання нагрітої води в опаленні або в парових електрогенераторах).
- 3) «Сонячне вітрило» - пристрій, здатний в безповітряному просторі перетворювати сонячні промені в кінетичну енергію.
- 4) Термоповітряні електростанції - перетворюють сонячну енергію в енергію повітряного потоку, що направляється на турбогенератор.
- 5) Сонячні аеростатні електростанції - генерують водяну пару усередині балона аеростата за рахунок нагрівання сонячним випромінюванням поверхні аеростата, покритої селективно-поглинаючим покриттям. Перевага - запасу пари в балоні досить для роботи електростанції в темний час доби й у непогожу погоду[4].

## **3. Достоїнства використання сонячної енергетики**

- 1) Загальнодоступність і невичерпність джерела.
- 2) Теоретично, повна безпека для навколишнього середовища (однак у цей час у виробництві фотоелементів і в них самих використовуються шкідливі речовини) [5].

## **4. Недоліки використання сонячної енергетики**

Фундаментальні проблеми:

- 1) Через відносно невелику величину сонячної постійної для сонячної енергетики потрібне використання більших площ землі під електростанції (наприклад, для електростанції потужністю 1 ГВт це може бути кілька

десятків квадратних кілометрів). Однак, цей недолік не так великий (наприклад, гідроенергетика виводить із користування помітно більші ділянки землі). До того ж фотоелектричні елементи на великих сонячних електростанціях встановлюються на висоті 1,8-2,5 метри, що дозволяє використовувати землі під електростанцією для сільсько-господарських потреб, наприклад, для випасу худоби.

Проблема знаходження більших площ землі під сонячні електростанції вирішується у випадку застосування сонячних аеростатних електростанцій, придатних як для наземного, так і для морського й для висотного базування.

2) Потік сонячної енергії на поверхні Землі сильно залежить від широти й клімату. У різних місцях середня кількість сонячних днів у році може різнитися дуже сильно[6].

Технічні проблеми:

1) Сонячна електростанція не працює вночі й недостатньо ефективно працює в ранкових і вечірніх сутінках. При цьому пік електрокористування доводиться саме на вечірні годинники. Крім того, потужність електростанції може різко й зненацька коливатися через зміну погоди. Для подолання цих недоліків потрібно або використовувати ефективні електричні акумулятори (на сьогоднішній день це невирішена проблема), або будувати станції, що гідроакумуляують, які теж займають більшу територію, або використовувати концепцію водневої енергетики, що також поки далека від економічної ефективності.

Проблема залежності потужності сонячної електростанції від часу доби й погодних умов вирішується у випадку сонячних аеростатних електростанцій.

2) Дорожняча сонячних фотоелементів.

3) Недостатній КПД сонячних елементів.

4) Поверхню фотопанелей потрібно очищати від пилу й інших забруднень. При їхній площі в кілька квадратних кілометрів це може викликати затруднення.

5) Ефективність фотоелектричних елементів помітно падає при їхньому нагріванні, тому виникає необхідність в установці систем охолодження.

6) Через 30 років експлуатації ефективність фотоелектричних елементів починає знижуватися [5].

Екологічні проблеми:

Незважаючи на екологічну чистоту одержуваної енергії, самі фотоелементи містять отруйні речовини, наприклад, свинець, кадмій, галій, миш'як і т.д., а їхнє виробництво споживає масу інших небезпечних речовин. Сучасні фотоелементи мають обмежений термін служби (30-50 років), і масове застосування поставить у найближчий же час складне питання їхньої утилізації, що теж не має поки прийнятної з екологічної точки зору рішення [1].

## 5. Технології сонячної енергетики

Класифікація «сонячних» технологій, розділених вченими на 4 групи:

1) Активні - разом з перетворювачами задіюються механізми, електромотори, помпи. Сонячна енергія використовується для нагрівання води, освітлення та вентиляції.

2) Пасивні - відрізняються від активних відсутністю в контурах систем яких-небудь механізмів, що рухають частини. Особливістю побудови пасивних сонячних структур для організації систем вентиляції, опалення є підбор відповідних по фізичним параметрах будівельних матеріалів, специфічне планування приміщення, розміщення вікон.

3) Безпосередні або «прямі» - системи, що перетворюють сонячну енергію в ході одного рівня або етапу.

4) «Непрямі» технології - системи, процес функціонування яких містить у собі багаторівневі перетворення й трансформації для одержань необхідної форми енергії.

Виходячи з вище представленої класифікації груп технологій сонячної енергетики, можна охарактеризувати сфери діяльності людини, де енергія сонця одержала найбільше поширення [7].

Сфери діяльності людини, де енергія сонця одержала найбільше поширення:

1) Системи природного висвітлення. Суть цього методу полягає у використанні сонячного світла як альтернатива електричним лампам і світильникам. Необхідність побудови систем природного висвітлення потрібно продумувати на початкових стадіях планування будинку, тому що тут дуже важливу роль грає структура даху будинку, розташування вікон.

2) «Кухонна» сонячна енергія.

3) Сонячні нагрівальні установки. У цьому випадку сонячна енергія використовується для нагрівання води в резервуарах, в основному для господарських потреб. Сьогодні світовим лідером по використанню таких установок є Китай, де сонячні нагрівачі займають 80% сегмента цього специфічного ринку.

4) Геліоконцентратори. Дзеркала є складовою частиною геліоконцентратора - установки, що збирає паралельні сонячні промені в одній крапці. Якщо в цю крапку-фокус помістити трубу з теплоносієм (водою або іншою рідиною), вона нагріється [4].

## 6. Вітрова енергія

Вітроенергетика - галузь енергетики, що спеціалізується на перетворенні кінетичної енергії повітряних мас в атмосфері в електричну, механічну, теплову або в будь-яку іншу форму енергії, зручну для використання в народному господарстві. Таке перетворення може здійснюватися такими агрегатами, як вітрогенератор (для одержання

електричної енергії), вітряний млин (для перетворення в механічну енергію), вітрило (для використання в транспорті) і іншими [8].

## **7. Вітроелектричні станції**

Вітроелектрична станція - установка, що перетворює кінетичну енергію вітру в електричну енергію. Складається вона з вітродвигуна, генератора електричного струму, автоматичного пристрою керування роботою вітродвигуна й генератора, споруджень для їхньої установки й обслуговування. На період затишності вітроелектрична станція має резервний тепловий двигун. Вітродвигуни застосовують у вітроенергетичних установках, які складаються з вітрового агрегату, пристрою, що акумулює енергію або резервує потужність, і систем автоматичного керування й регулювання режимів роботи установки. Розрізняють вітроенергетичні установки спеціального призначення (насосні або водопідйомні, електричнозарядні, мірошницькі й т.п.) і комплексного застосування (вітросилові й вітроелектричні станції). Потужність вітроенергетичних установок - від 10 до 1000 Вт [9].

## **8. Основні переваги вітроенергетики**

Існує чимало переваг розвитку вітроенергетики, включаючи екологічні, економічні та практичні. Сумарна кінетична енергія вітру в світі може бути приблизно оцінена як у 80 разів вища від сумарного енергоспоживання людиною!

Переваги для довкілля — відновлювальне джерело енергії, що зменшує залежність від викопного палива, скорочує рівень викидів парникових газів і сприяє боротьбі зі зміною клімату.

Економічні переваги — енергія вітру доступна практично в будь-якій країні і не залежить від коливання цін на викопне паливо, запаси якого невпинно скорочуються. За останні десятиріччя вартість вітроустановок, витрати на їх встановлення та обслуговування значно знизилися. В майбутньому ці витрати продовжуватимуть зменшуватися.

Сучасна вітроенергетика є однією з найбільш розвинених і перспективних галузей нетрадиційної енергетики. Великі вітроенергетичні проекти реалізують у Китаї, Швеції, Ірландії, Новій Зеландії, Швейцарії, Канаді, Німеччині, США, Іспанії, Данії. Після 1995 року встановлена потужність вітрових електростанцій у світі збільшилася більш ніж у 12 разів: із 4 800 МВт до 59 000 МВт (на кінець 2005 року) [7].

## **9. Недоліки вітроенергетики**

Географічні обмеження — Одне з основних обмежень розвитку вітроенергетики — це необхідність розташування установок у районах із високою інтенсивністю вітру протягом тривалого часу впродовж року. Інше

обмеження полягає в необхідності виведення з експлуатації значних площ земель, які могли б бути використані під інші види господарської та природоохоронної діяльності [1].

Економічні недоліки — Порівняно високі первинні інвестиції у вітроенергетичні проекти в порівнянні з традиційними галузями енергетики, що працюють на викопному паливі [2].

Екологічні недоліки:

- шумові впливи;
- шкода для птахів, кажанів, інших видів тварин;
- втрата природних середовищ існування;
- можливе посилення ерозії ґрунту;

Необхідність оцінки повного життєвого циклу обладнання та матеріалів, на виробництво, експлуатацію та утилізацію яких витрачаються ресурси, що може супроводжуватися додатковими викидами парникових газів, які слід враховувати при плануванні вітроенергетики на шляху боротьби зі зміною клімату [5].

## **10. Термальна енергія Землі**

Значна частина поверхні Землі має більші запаси геотермальної енергії внаслідок вулканічної діяльності, радіоактивного розпаду, тектонічних зрушень і наявності ділянок магми в земній корі.

У ряді географічних районів використання геотермальних джерел може істотно збільшити вироблення енергії, тому що геотермальні електростанції (ГеоТЕС) є одним з найбільш дешевих альтернативних джерел енергії. Тільки у верхньому трьохкілометровому шарі Землі втримується понад  $10^2$  Дж теплоту, придатної для вироблення електроенергії. Така кількість енергії дозволяє розглядати теплоту Землі як альтернативу органічному паливу. Сама природа дає людині в руки джерело альтернативної енергетики [10].

## **11. Геотермальні ресурси**

Джерела геотермальної енергії по класифікації Міжнародного енергетичного агентства діляться на 5 типів.

1. Родовища геотермальної сухої пари. Вони порівняно легко розробляються, але досить рідкі. Проте, половина всіх діючих у світі ГеоТЕС використовує тепло цих джерел.

2. Джерела вологої пари (суміші гарячої води й пари). Вони зустрічаються частіше. При їхньому освоєнні доводиться вирішувати питання запобігання корозії встаткування ГеоТЕС і забруднення навколишнього середовища (видалення конденсату через високий ступінь його засоленості).

3. Родовища геотермальної води (містять гарячу воду або пару й воду). Вони являють собою так звані геотермальні резервуари, які утворюються в

результаті наповнення підземних порожнин водою атмосферних опадів, що нагрівається близько лежачою магмою.

4. Сухі гарячі скельні породи, розігріті магмою (на глибині 2 км і більше). Їхні запаси енергії найбільш великі.

5. Магма, що представляє собою нагріті до 1300°C розплавлені гірські породи.

Геотермальні ресурси – це теплова енергія твердої, рідкої й газоподібної фаз земної кори, що може бути ефективно витягнута й використана [11].

## **12. Використання геотермального тепла**

Геотермальне тепло можна утилізувати «безпосередньо», або перетворювати його в електрику, якщо температура теплоносія досягає більше 150°C.

Напряму геотермальне тепло залежно від температури може використовуватися для опалення будинків, теплиць, басейнів, сушіння сільськогосподарських і рибопродуктів, випарювання розчинів, вирощування риби, грибів і т.д.

В останні роки в багатьох країнах стали застосовувати теплові насоси, у яких використовується низькопотенціальна теплова енергія з температурою 4–6°C й вище. Як джерело такої енергії може бути використане тепло як природного походження (зовнішнє повітря; тепло ґрунтових, артезіанських і термальних вод; води рік, озер, морів і інших незамерзаючих природних водойм), так і тепло техногенного походження (промислові скидання, очисні спорудження, тепло силових трансформаторів і будь-яке інше непридатне тепло).

У програмах енергозбереження розвинених країн істотне місце займають теплові насоси, що пов'язане з їхньою високою ефективністю, екологічною чистотою й надійністю. Найбільше широко вони застосовуються в США, Японії, Канаді, країнах Скандинавії [12].

## **13. Види геотермальних установок**

Як перетворювачі теплової енергії геотермального теплоносія в технічну роботу можуть використовуватися паротурбінні й турбокомпресорні енергоустановки.

Паротурбінні установки виконуються по одній з наступних трьох схем: прямий, непрямий і змішаної.

При прямій схемі геотермальний теплоносій у вигляді пари зі шпари направляється по трубах безпосередньо в турбіну. Після турбіни вода, що сконденсувалася, і пара, що сконденсувалася, ідуть для теплофікації.

При непрямій схемі виробляється попереднє очищення пари від агресивних (сильно кородуючих) газів.

При змішаній схемі неочищена природна пара надходить у турбіну, а потім з води, що сконденсувалася, віддаляються не гази, що розчинилися в ній.

Турбокомпресорні геотермальні установки можуть працювати по закритому й відкритому циклах. В установках закритого циклу тридцятилітній парогазовий потік циркулює по закритому контурі. Тому при її виборі керуються максимальною термодинамічною ефективністю циклу. В установках відкритого циклу парогазовий потік безупинно викидається в атмосферу.

Істотні відмінності розглянутих установок - у можливостях використання потенційної енергії газу, що втримується в геотермальній воді й виділяється при розширенні в парогенераторі або в спеціально призначеному для цієї мети дегазаторі [8].

## **14. Енергія океану**

Є кілька технічних розробок одержання енергії з океану, хоча його внесок в енергетичний баланс навіть у перспективі оцінюється невисоко.

## **15. Енергія припливів**

Під час припливу рівень морської води підвищується, і цим можна скористатися для заповнення якого-небудь резервуара. На шляху потоку води можна поставити турбіну, що буде виробляти електроенергію. Зворотний потік води під час відливу також може обертати турбіну, якщо її конструкція забезпечує можливість прямого й зворотного обертання й вироблення при цьому електроенергії.

У світі експлуатуються кілька експериментальних приливних електростанцій (ПЕС). Велика приливна станція експлуатується на ріці Ларанс (Франція), її потужність - 240 тис. кВт.

На схожому із приливними принципі можуть працювати електростанції, що використовують енергію морських хвиль.

Один з варіантів хвильової електростанції такий: морські хвилі періодично стискають повітря, що перебуває усередині вертикально розташованої камери. Виходячи з камери, повітря надає руху лопати турбіни. Опускаючись, хвиля створює усередині циліндра вакуум, у результаті чого ззовні засмоктується повітря, що продовжує обертати турбіну. Головні труднощі полягали в тім, щоб забезпечити обертання турбіни в тому самому напрямку при прямому й зворотному струмі повітря.

В іншій конструкції використовується резервуар, розташований вище рівня моря й з'єднаний похилим каналом з його поверхнею. При хвилюванні морська вода заповнює резервуар, впливаючи з нього, вона обертає турбіну. Така хвильова електростанція невеликої потужності була здана в експлуатацію в Норвегії в 1985 р.



Розглядаючи хвильову енергію в якості одного з можливих енергоресурсів, варто вказати на значну її нерівномірність, пов'язану зі зміною інтенсивності повітряного потоку над поверхнею морських вод. Проте наявний спосіб експлуатації хвильових електростанцій невеликої потужності свідчить про корисність їхнього застосування [13].

## **16. Енергія хвиль**

Світові запаси хвильової енергії становлять близько 2,7 млрд.кВт. Проблема полягає в тому, щоб знайти ефективні за вартістю способи перетворення енергії хвиль, що рухаються, у механічну або пневматичну форму, яку можна використовувати для привода в дію турбогенераторів..

Принцип дії хвильових електростанцій, можливі технічні рішення:

1. Використання вертикальних підйомів і спадів хвилі для привода в дію водних або повітряних турбін, з'єднаних з електрогенераторами.

2. Використання горизонтального переміщення хвиль за допомогою пристроїв флюгерного типу для одержання через спеціальну передачу обертового руху.

3. Концентрація хвиль у збіжному каналі, у якому їх кінетична енергія підтримувала б напір води, достатній для привода в дію турбіни.

Один із пристроїв першої групи являє собою вертикальну трубу, занурену нижнім відкритим кінцем у досить спокійні шари моря й закриту зверху. Труба закріплена на поплавці. У верхній її частині, в "хвильовій" камері, вода має вільну поверхню. При підйомі хвилі рівень вільної поверхні в "хвильовій" камері піднімається й стискає повітря, що пускає в хід повітряну турбіну, з'єднану з електрогенератором. При спаді хвилі через атмосферний клапан в "хвильову" камеру засмоктується нова порція повітря. І далі процес повторюється. Період коливань рівня води - 5-6 с [11].

## **17. Термальна енергія океану**

Ідея одержання енергії за рахунок різниці температур води в поверхневих і глибинних шарах океану була висловлена вченими близько 100 років тому. Але широкі практичні дослідження в цьому напрямку розгорнуті лише після 1973 р.

Підтверджено принципову можливість створення промислових електростанцій на основі використання температурного градієнта океанської води.

Експериментальні установки працюють на Гавайських островах, де різниця температур у поверхні води на глибині біля кілометра становить 22°C. Установка складається з конденсатора, випарника, насоса й турбіни, що працюють у замкнутому циклі. Поз'єднуючих їхніх трубах протікає робоче тіло - фреон. Конденсатор охолоджується піднятої з великої глибини водою при температурі +8°C. Випарник перебуває при температурі поверхневої

води +30°C. Фреон, що перейшов у випарнику в газоподібний стан, приводить в обертання турбіну, після чого охолоджується в конденсаторі й знову подається на нагрівання у випарник [4].

Плаваючі гідротермічні електростанції можуть розташовуватися там, де температурні умови в товщі води найбільш сприятливі й дають найвищий градієнт, у тому числі в міжнародних водах на неосезжних просторах морів і океанів. Більше того, такі електростанції можуть бути мігруючими, тобто вони не прив'язані до якогось строго певного району, а при зміні температурних умов можуть переміщатися туди, де градієнт температур найбільший і відповідно ефективність їхньої роботи найвища.

Великі океанські електростанції потужністю 200-400 Мвт, змонтовані на плаваючих платформах, на думку їхніх проектувальників, знайдуть застосування як фабрики по видобутку корисних копалин з океану. Малі станції потужністю 40-50 Мвт будуть корисні для країн, що розвиваються, тропічного пояса, тому що, крім електроенергії, вони здатні опріснити воду. З використанням процесів електролізу можна одержувати з води водень і кисень [1].

## **Висновок**

Людина, безумовно, впливає на навколишню його середовище, однак у природі існують природні механізми, що врівноважують, що підтримують середовище і спільноти, що живуть у ній, у стані рівноваги, коли всі зміни відбуваються досить повільно. Проте в багатьох випадках господарська діяльність людини порушує рівновагу, підтримувану цими механізмами, що призводить до швидких змін умов навколишнього середовища, з якими ні людина, ні природа не можуть успішно справитися. Традиційне виробництво енергії, що дає величезні кількості забруднювачів води і повітря, – один з видів такої діяльності людини.

Дивно, що всього двісті років тому людство, крім енергії самої людини і тварин, володіло тільки трьома видами енергії. І джерелом цих усіх трьох видів енергії було Сонце. Енергія вітру обертала крила вітряних млинів, на яких мололи зерно чи ткали. Для того щоб можна було скористатися енергією води, необхідно, щоб вода бігла вниз до моря від вище розташованого джерела, де річка наповняється за рахунок дощів, що випадають.

За останнє десятиліття інтерес до цих джерел енергії постійно зростає, оскільки в багатьох відносинах вони необмежені. У міру того як постачання палива стає менш надійним і більш дорогим, ці джерела стають усе більш привабливими і більш економічними. Підвищення цін на нафту і газ послужило головною причиною того, що ми знову звернули свою увагу на воду, вітер і Сонце.

## **Контрольні запитання**

1. Які види альтернативної енергії ви знаєте?
2. На якому принципі засноване отримання енергії за допомогою сонячної енергії?
3. Недоліки сонячної енергії?
4. Принцип роботи вітрової електростанції?
5. Які існують переваги вітрової енергії?
6. Що розуміють під терміном «геотермальні ресурси»?
7. Принцип отримання енергії за допомогою геотермальних джерел?
8. Які енергії океанів ви знаєте?
9. Як працює електростанція, що виробляє енергію з приливів та припливів?

### **Перелік посилань**

1. Адаменко О. Альтернативные топлива и другие нетрадиционные источники энергии/ Олексій Адаменко. - Ивано-Франковск: Пламя, 2000. - 256 с.
2. Голицин М.В. Альтернативные энергоносители /Голицин М.В., Голицин А.М., Пронина Н.М.. - Москва: Наука, 2004. – 159 с.
3. Дудюк Д.Л. Нетрадиційна енергетика: основи теорії та задачі. Навчальний посібник. / Д.Л. Дудюк, С.С. Мазепа - Л.: Магнолія, 2008. – 188 с.
4. Лосюк, Ю. А. Нетрадиционные источники энергии: учебное пособие / Ю. А. Лосюк, В. В. Кузьмич. - Минск : Технопринт, 2005. -234 с.
5. Снигирев А. Энергетика будущего. / Андрей Снигирев – СПб.: «Синтез», 2008. – 36 с.
6. Ляшков В.И. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Учебное пособие. / В.И. Ляшков, С.Н. Кузьмин - Тамбов: изд-во Тамб. гос. техн. ун-та.- 2003. – 96 с.
7. Лукутин Б.В. Возобновляемые источники электроэнергии. / Борис Владимирович Лукутин. Учебное пособие. - Томск: Изд-во томского политехнического университета. 2008. – 187 с.
8. Лабейш В.Г. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. / Владимир Григорьевич Лабейш - СПб.: СЗТУ, 2003 . – 79 с.
9. Янсон Р.А. Ветроустановки. Учебное пособие. / Р. А. Янсон - М.: Изд-во МГТУ Н. Э. Баумана, 2007. – 36 с.
10. Соловей О. І. Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії: Навчальний посібник / О. І. Соловей, Ю. Г. Лега, В. П. Розен - Черкаси: ЧДТУ, 2007. – 256 с.
11. Андреев Е.И. Природная энергия. / Евгений Игорьевич Андреев - СПб.: «Синтез», 2008. – 176 с.

12. Четошникова Л. М. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. / Лариса Михайловна Четошникова - Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2010. - 69 с.
13. Шауберг В. Энергия воды. / Владимир Шауберг - М.: Эскмо, 2007. – 320 с.