

Стала енергетика – **виважений погляд**

David J.C. MacKay

"Ця виняткова книга від авторитетного експерта в галузі енергетики неймовірно ясно та об'єктивно висвітлює можливі подальші шляхи нашого розвитку як суспільства, що пов'язані із використанням джерел енергії, альтернативних нафті, вугіллю та газу. Мудрі поради, що їх дає у своїй книзі Девід прийдуться до душі як політикам, так і дослідникам, а також представникам приватного сектору та учасникам неприбуткових організацій".

Сер Девід Кінг,

Головний науковий радник уряду Великобританії з 2000 по 2008 роки

"Питання пошуку безпечного, доступного і сталого джерела енергії є одним з найбільш актуальних питань нашого часу. Проте скільки саме енергії нам потрібно? Яку її частину ми насправді можемо отримати із відновлюваних джерел? За допомогою прозорої логіки та чітко побудованого математичного аналізу відповіді на ці запитання знаходять у своїй останній книзі Девід Маккей. Його висновки окреслюють можливі рішення тих непростих завдань, що постають перед кожним із нас у вигляді вибору - перед кожним зокрема та перед усім нашим суспільством загалом. Книга Девіда Маккея стане відкриттям для тих читачів, які цікавляться питанням того, як саме ми збираємось забезпечити свої енергетичні потреби як незалежна країна у майбутньому. Для кожного, хто залучений до питань формування чи реалізації енергетичної політики в уряді, державних структурах, бізнесі чи неприбуткових організаціях, ця книга, побудована на логіці наукових фактів та простій арифметиці, може стати чи не найбільш достовірним та об'єктивним радником на багато років вперед. Саме так я її і сприймаю".

Тоні Джуніпер

Колишній директор благодійної організації "Friends of Earth" (Друзі Землі)

"Нарешті є книга, що проливає світло на правдиві факти стосовно сталої енергетики і яка, водночас, легко та весело читається. Рекомендую прочитати її усім, хто має вплив на прийняття рішень стосовно питань зміни клімату".

Роберт Сансом,

Директор стратегії та сталого розвитку енергетичної компанії "EDF Energy"

Sustainable Energy –
without the hot air

David JC MacKay



Photo by Terry Caver.

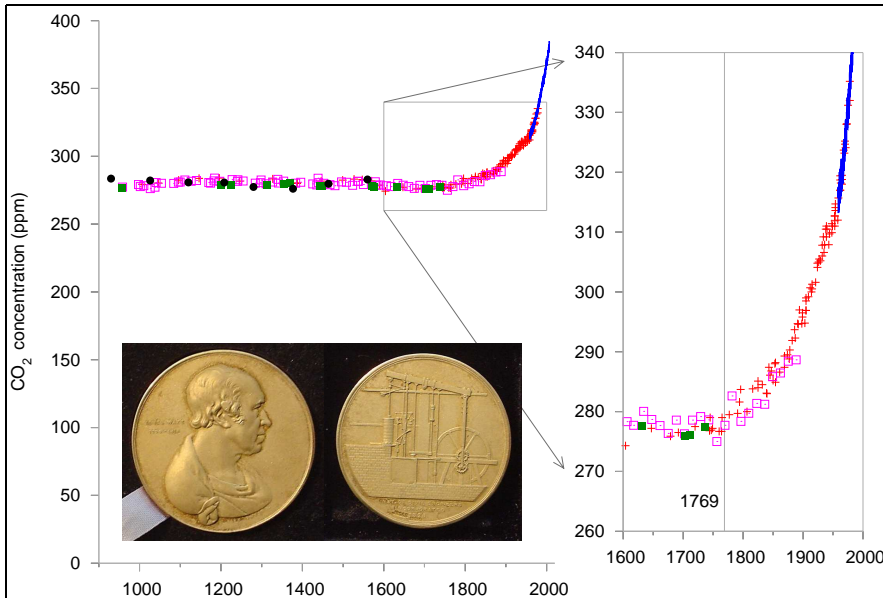


Рис. 1. Концентрація CO₂ за останні 1100 років. Дані отримані шляхом лабораторного аналізу льоду (до 1977) року, а також безпосередні вимірювання наукової лабораторії на Гавайях з 1958 року і до наших днів.

Мій власний коментар до Графіку 1 можна підсумувати наступним чином. Здається на планеті сталась якась значуща подія в проміжку часу з 1800 по 2000 рік, котра і справила значний вплив на концентрацію CO₂ у атмосфері планети. Цією подією я вважаю вдосконалення у 1769 році Джеймсом Ваттом першого парового двигуна, винайденого за 70 років до того.

Огляд книги

Наше суспільство [мається на увазі Великобританія – прим. перекладача] має залежність від енергії, джерелом якої є викопні корисні копалини. Ця залежність не може мати ознак сталості, адже ми вже пройшли пік видобутку нафти та газу, що, як і інші викопні корисні копалини є ресурсами вичерпними. Так, 80% енергії, яка споживається в даний час у світі, має вищезгадане походження. Для Великобританії ця цифра становить 90%. Крім іншого, дуже важливо усвідомлювати, що використання енергії такого походження має небажані наслідки для клімату планети. Навіть, якщо перші два міркування не здаються Вам достатньо переконливими, можливо Вас переконає третє – безпека енергетичних поставок. Адже, настільки активне використання резервів морського шельфу [Великобританії] призведе до їх скорого вичерпання. Останнє ж змусить нас перейти на імпортовані енергоносії, узалежнюючи нашу країну від не завжди надійних постачальників.

То як же нам позбутись залежності від енергії джерелом якої є викопні корисні копалини, серед яких, історично найбільшу частку займало вугілля, а сьогодні – це нафта та газ?

Так, нам не бракує різноманітних порад стосовно того, що можна з цього приводу зробити. Але вони абсолютно не систематизовані і їх настільки багато, що їх існування не дає можливості побудувати раціональний, зв'язний план дій для розв'язку, а навпаки, ще більше заплутує широку громадськість. Так, багато хто агітує за голосування гаманцем, мовляв купуючи так звані "зелені кіловати" ми вже вносимо свій вклад у спільну справу порятунку планети. Та чи достатньо, зокрема, цього? І яку роль має відіграти в досягненні цієї мети національна енергетична стратегія? Чи врятують нас заходи з децентралізації енергогенеруючих потужностей і чи є панацеєю застосування на ТЕЦ новітніх технологій

спільної генерації тепла та електричної енергії. Чи справді достатньо цього для відчутного зменшення хоча б викидів парникових газів? Наскільки ефективними можуть бути вітроелектростанції з точки зору потужностей генерування енергії, а не передвиборчої агітації? Яку роль відіграватимуть атомні електростанції у майбутньому, коли звичні для нас енергетичні ресурси (вугілля, нафта та газ) стануть значно дорожчими за електроенергію?

У пошуках відповідей на ці та інші питання, нам необхідно проаналізувати ситуацію та сформулювати власне бачення. Бачення, яке допоможе нам скласти план справді ефективних дій. План, який буде дієвим. Однак, як доктор фізичних наук та автор цієї книги, я маю для Вас не надто втішну новину – впровадження цього плану буде завданням не з легких.

Частина I – Цифри замість прикметників

У першій частині цієї книги розглядається питання про те, чи може така країна як Великобританія, чії ресурси альтернативної енергії, зокрема енергія вітру, хвиль та енергія припливів та відпливів є потенційно доволі значними... Зокрема, ми часто чуємо, що наш потенціал з точки зору альтернативної енергетики є "неймовірним". Проте поняття "неймовірності" не є достатнім для того, щоб оцінити та порівняти наш "неймовірний" потенціал генерування енергії з альтернативних джерел і наші "неймовірні" щоденні потреби у енергії. Для здійснення такого роду порівнянь, нам необхідно оперувати не прикметниками, а даними, що виражаються у цифровій величині.

В тих же випадках, коли шановні промовці та ЗМІ, все таки привертають нашу увагу до цифр, їх вибір навмисне падає на такі показники, чії значення є так само "неймовірними" бо є настільки великими, що будь-які їх тлумачення з точки зору навіть простого усвідомлення є неможливими. Подібні "дані в більшості випадків, нічим не відрізняються від інших прикметників та емоційних висловлювань, котрі ми чуємо з уст різноманітних активістів. Це й не дивно, адже покликання цих фактів не інформувати, а "вражати" аудиторію, здобуваючи для промовця такі важливі перемоги у черговій дискусії. На відміну від цього, моїм завданням у цій книзі є чесне представлення фактологічної інформації у спосіб, який робить цифрові дані загальнодоступними, зрозумілими та легкими для порівняння та запам'ятовування. Частково я досягаю цієї мети, виражаючи всі без винятку дані стосовно виробництва та споживання енергії через одні й ті ж одиниці – кіловат-години, знайомі кожному з щомісячних рахунків за енергію. Потужність же споживання, відповідно виражається у кіловат-годинах на особу на день. Відтак, на Figure 2, Ви зможете з легкістю порівняти щорічне енергоспоживання, яке стосується задоволення наших щоденних потреб у використанні особистого транспорту, в перерахунку на кожен день. Так, долаючи щодня на власному авто 50 км, по дорозі на роботу та у інших власних справах, Ви використовуєте такий обсяг хімічної енергії, що її містить бензинове чи дизельне паливо, який еквівалентний **40 кіловат-годинам** звичного Вам

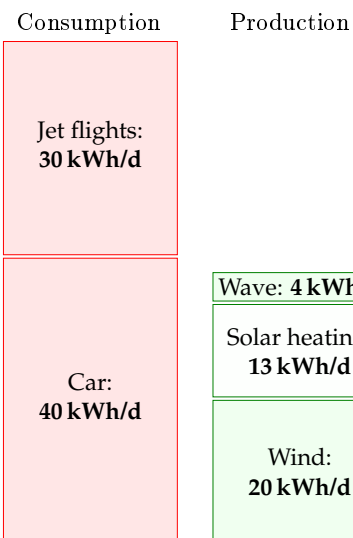


Рис. 2. Порівняння наших енергетичних потреб з енергогенеруючими можливостями альтернативних джерел. Наприклад, у колонці зліва можна помітити, що долаючи відстань у 50 км на день на власному авто ми споживаємо енергетичний еквівалент у 40 кіловат-годин на особу на день. В цей же час обсяг енергії, яка необхідна для здійснення одного міжконтинентального перельоту один раз на рік, після розподілу її на кожен день року, становить близько 30 кіловат-годин на день. Справа, Ви помітите теоретичну оцінювану енергогенеруючу потужність вітроелектростанцій (за умови покриття ними 10% площі суходолу нашої країни) – 20 кіловат-годин на особу на день, а також відповідні значення для сонячної енергії (за умови встановлення в розрахунку 10 метрів квадратних сонячних батарей на особу) – 13 кіловат-годин на день. І, на останок, оцінюване значення енергогенеруючого потенціалу станцій, які працюють на енергії атлантичних хвиль (за умови покриття цими продовгастими електростанціями 500 км прибережних вод).

споживання електроенергії за день. Це значення відображено на Графіку у лівій червоній колонці. Права ж зелена колонка відображає теоретичну енергогенеруючу потужність альтернативних джерел. Зокрема, розмістивши вітроелектростанції на 10% площі суходолу нашої країни, ми зможемо забезпечити генеруючу потужність в середньому на рівні **20 кіловат-годин на день на особу**.

Через представлення даних у одних і тих же, добре знайомих нам одиницях енергії, ми також зможемо легко порівнювати статистичні дані стосовно споживання та виробництва енергії у різних країнах. Так, припустимо я довів до Вашого відома те, що обсяг енергії, отриманої від переробки сміття у Великобританії становить 7 терават-годин на рік (1 терават-година дорівнює 1 мільйону ват-годин). Відповідний же показник для Данії – 10 терават-годин на рік. Та чи дозволяє це нам стверджувати про те, що Данія переробляє більше відходів? Скажімо так, попри те, що показник загального обсягу енергії, отриманої шляхом переробки сміття, і справді є інформативним, все ж більш цікавим є обсяг енергії отриманої з переробки сміття в перерахунку на душу населення, тобто на кожного жителя країни (у Данії цей показник становить **5 кіловат-годин на особу**, а у Великобританії – **0.3 кіловат-години на особу**; відтак на кожного громадянина Данії, в порівнянні з громадянином Великобританії припадає в 13 разів більше енергогенеруючої потужності від переробки сміття). Отже, розглядаючи всі показники в розрахунку на особу, ми можемо з впевненістю стверджувати, що статистичні дані та статистичний метод цієї книги буде зрозумілим у будь-якому куточку країни та у будь-якій країні світу.

Маючи в розпорядженні чесні та прості дані, на зразок приведених вище, ми можемо відповісти на наступні запитання:

1. Чи може країна на зразок Великобританії, теоретично забезпечити власні енергетичні потреби шляхом подальшого розвитку енергогенеруючого потенціалу відновлюваних джерел енергії?
2. Чи зможемо ми, за допомогою використання сучасних технологій, зменшити викиди CO₂, не змінюючи способу та стилю нашого сучасного життя?

Частина I книги "Стала Енергетика – виважений погляд"

зосереджується на тому, щоб оцінити та проілюструвати на одному графіку та за допомогою двох колонок, з одного боку (червона колонка) - вказані статті витрат енергії, пов'язані, наприклад, із експлуатацією автотранспорту чи здійсненням авіа-перельотів, а з другого боку (зелена колонка) – представлені статті можливого надходження енергії від альтернативних джерел за умови розміщення відповідних енергогенеруючих потужностей.

Оцінюючи значення обсягів енергетичного споживання, ми паралельно розвіємо кілька тематичних міфів. Як от, наприклад, "про значущість вимкнення з розетки зарядного пристрою після зарядки мобільного телефону". Буцімто, залишаючись в розетці зарядка продовжує марно споживати в електроенергію, що не припустимо. І це таки правда, але правда про обсяги споживання є такою, що зарядний пристрій

Stuff flows in Britain (kg per day, per person)	
In	
Fossil fuels	16
coal	4
oil	4
gas	8
All imports	12.5
food imports	1.6
manufactured stuff	3.5
Water	160
Out	
Carbon dioxide and other GHG pollution	30
Municipal waste	1.6
recycled	0.27
incinerated	0.13
landfilled	1.0
hazardous waste	0.2
food thrown away	0.3

Табл. 3. Джерела: DEFRA, Євростат, Управління національної статистики Великобританії та Міністерство транспорту Великобританії.

за цілий день може спожити аж **0.01 кіловат-годин**, енергію еквіваленту експлуатації типового авто протягом 1 секунди часу. Тому, не сповідуйте надмірного фанатизму стосовно дрібних втрат у енергоспоживанні. Вимикайте зарядні пристрої, проте, в той же час усвідомлюйте наскільки скромним є цей жест, відносно тих завдань, що стоять перед нашим суспільством в майбутньому.

Енергія, що споживається зарядним пристроєм до мобільного телефону протягом цілого дня, використовується при експлуатації типового авто протягом однієї секунди.

Енергія, що споживається таким же зарядним пристроєм протягом цілого року, еквівалентна тепловій енергії, що міститься у воді лише однієї теплої ванни.

Адже, якщо споживання зарядного пристрою є лише надзвичайно малою частинкою нашого енергоспоживання, то зменшуючи її кожен із нас зробить надзвичайно малий особистий вклад, який в сумі буде, порівняно з іншими статтями енергоспоживання, надзвичайно малим вкладом спільним.

Для порівняння, дозвольте привести значення обсягів енергетичного споживання для здійснення перельоту до Кейп-Тауну, Південно-Африканська Республіка, і назад. Виявляється, необхідна на переліт енергія є приблизно співмірною із щорічними обсягами споживання енергії внаслідок експлуатації автомобіля (подолання відстані у 50 км щодня).

Наступними у переліку нашого енергоспоживання є імпортовані в нашу країну товари та ресурси. Як правило енергетичні витрати на виробництво імпортованих товарів не включаються у енергетичний баланс країни, оскільки витрати енергії на виробництво чи добування цих товарів або ресурсів здійснила промисловість та заводи іншої країни. Проте, енергетичний еквівалент виробництва спожитих у Великобританії **імпортованих товарів та ресурсів** складає близько 40 кіловат-годин на особу на день. До слова, серед цих товарів автомобілі та устаткування, товари побутового використання, електричні та електронні пристрої, залізо, сталь та інші сухі вантажі, що доставляються оптом.

Отже, після здійснення необхідних оцінок, Розділ I завершується двома простими висновками. По-перше, для того, щоб будь-який із видів генеруючих потужностей, який працює на енергії з альтернативних джерел, міг забезпечити виробництво енергії на рівні нашого теперішнього споживання, площа розміщення таких потужностей має бути величиною майже з усю нашу країну. Так, вирощуючи рапс на 75% території Великобританії, ми зможемо забезпечити лише чверть наших теперішніх енергетичних потреб. Лише 4% від обсягу теперішнього енергоспоживання зможуть забезпечити 500 км електростанції, що працюють на енергії хвиль вздовж атлантичного узбережжя нашої держави. Тому, люди, що мають бажання підтримувати теперішній спосіб життя, проте, з відновлюваних джерел, мусять усвідомлювати наскільки великою має бути відповідна інфраструктура.

По-друге, якщо все таки відкинути фінансові обмеження та економічну вартість, середній обсяг європейського споживання енергії на душу

Power per unit land or water area

Wind	2 W/m ²
Offshore wind	3 W/m ²
Tidal pools	3 W/m ²
Tidal stream	6 W/m ²
Solar PV panels	5–20 W/m ²
Plants	0.5 W/m ²
Rain-water (highlands)	0.24 W/m ²
Hydroelectric facility	11 W/m ²
Geothermal	0.017 W/m ²
Solar chimney	0.1 W/m ²
Ocean thermal	5 W/m ²
Concentrating solar power (desert)	15 W/m ²

Табл. 4. Через незначну енергетичну потужність відновлюваних альтернативних джерел енергії, площа енергогенеруючих станцій, чи то сонячних, чи то вітрових, чи то будь-яких інших, має бути достатньо значною. Ця таблиця дає можливість легко порівняти енергетичну потужність на одиницю площі, чи то моря, чи то суходолу, для різних видів відновлюваних джерел енергії.

населення в обсязі 125 кіловат-годин на день все ж таки можна забезпечити за допомогою енергії з альтернативних джерел. Найбільш продуктивними джерелами енергії, в такому випадку, будуть сонячні батареї, що забезпечать приблизно 50 кіловат-годин енергетичної потужності на особу на день (за умови покриття такими батареями від 5 до 10% площі країни), та шельфові вітроелектростанції – ще 50 кіловат-годин на особу на день (покриваючи площу шельфу величиною з Уельс).

Справді, розміщення такої кількості сонячних батарей та вітроелектростанцій є теоретично можливим з точки зору законів фізики. Проте, чи є це раціональним з точки зору розміщення ресурсів суспільства, в першу чергу фінансових та інвестиційних. Адже, наприклад, лише кількість необхідних для досягнення зазначеної мети вітряків вп'ятеро перевищує загальну кількість всіх вітряків, що існують зараз у світі. Доля альтернативних джерел енергії, фактично, залежить від нашої готовності як суспільства інвестувати достатньо значні фінансові ресурси у відновлювану енергетику. Якщо наша відповідь ні, то у осяжному майбутньому, ми не в змозі будемо забезпечити наші енергетичні потреби з відновлюваних джерел. У цьому випадку, нам необхідно: або значно зменшити енергоспоживання, або знайти достатньо значні додаткові джерела енергії, або, звісно ж, обидва підходи з перелічених.

Розділ II – Наш власний вклад у спільну справу

Другий Розділ книги "Стала енергетика – виважений погляд"

розглядає шість найбільш ефективних стратегій для зменшення нашого споживання енергії, а також збільшення нашого виробництва енергії за використання альтернативних її джерел. Завершується цей розділ начерком кількох енергетичних планів розвитку країни, кожен з яких справді здатен забезпечити енергетичні потреби суспільства.

Перші три стратегії стосуються зменшення енергоспоживання. Серед них:

- зменшення кількості населення;
- зміна стилю життя; та
- впровадження нових технологій.

Решта стратегій стосуються збільшення обсягу виробництва енергії, не всі з яких виявляються придатними. Серед розглянутих наступні:

- Чи можуть назви на зразок "сталі корисні копалини" та "чисте вугілля що передбачають використання технологій повного відбору викидів CO₂, претендувати на справжню альтернативу? Як довго ще ми зможемо користуватись, наприклад, "чистим вугіллям" перед тим як його запаси вичерпаються?
- Однією з дещо суперечливих стратегій є подальший розвиток атомної енергетики. Чи справді атомна енергетика може стати альтернативним джерелом енергії та чи є цей вид енергетики лише проміжним етапом на шляху повного переходу на альтернативні відновлювані джерела енергії у їх традиційному розумінні?

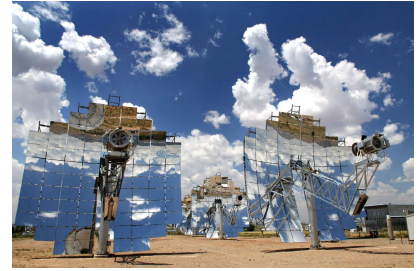


Рис. 5. Тарілчастий двигун Стірлінга. Ці красиві сонячні батареї із концентраторами сонячного світла забезпечують енергогенеруючу потужність в розмірі 14 ват на метр квадратний площі. Фото належить компанії "Stirling Energy Systems", www.stirlingenergy.com

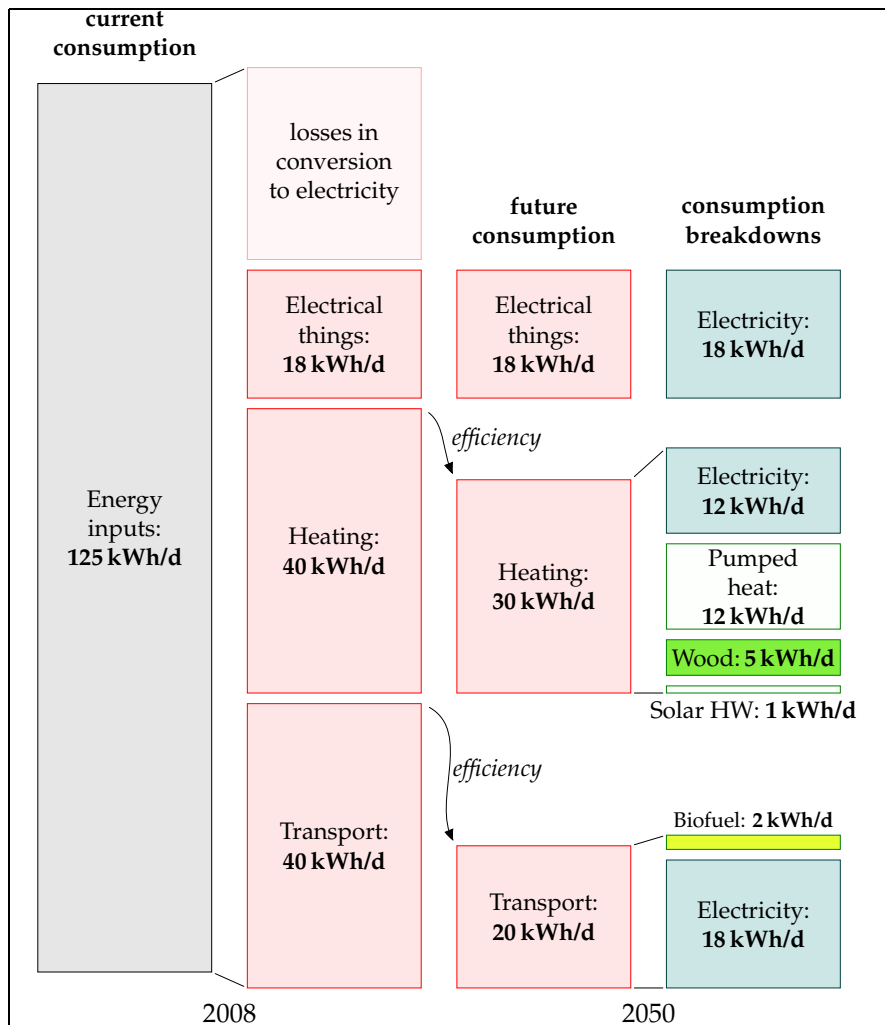


Рис. 6. Теперішнє енергоспоживання у Великобританії станом на 2008 рік (дві ліві колонки), а також план зменшення енергоспоживання (дві праві). На графіку також позначено фактичні джерела надходження енергії, фактичні теперішні та потенційні майбутні. Цей енергетичний план передбачає збільшення споживання електроенергії, в розрахунку на душу населення, з 18 кіловат-годин на день до 48 кіловат-годин на день.

- Остання стратегія переходу на відновлювані джерела енергії розглядає можливість імпорту енергії з інших країн. Скажімо, чи є сенс розглядати можливість імпорту енергії, виробленої на сонячних електростанціях південних країн, що володіють показниками більшої потужності сонячного випромінювання та меншою густиною населення? Яким, для прикладу, є реалістичний потенціал пустелі Сахари.

З метою досягнення більшої ясності у нашій дискусії, Розділ II спрощує структуру енергоспоживання до трьох категорій: транспорт, опалення та електроенергія.

Далі, ми пропонуємо п'ять енергетичних планів подальшого розвитку Великобританії, кожен з яких зменшує попит на енергію за рахунок електрифікації транспорту та систем опалення (з використанням теплових насосів). Електрифікація автомобілів матиме ще один позитивний наслідок у вигляді більш рівномірного розподілу навантаження на електромережу за рахунок того, що батареї електромобіля заряджаються

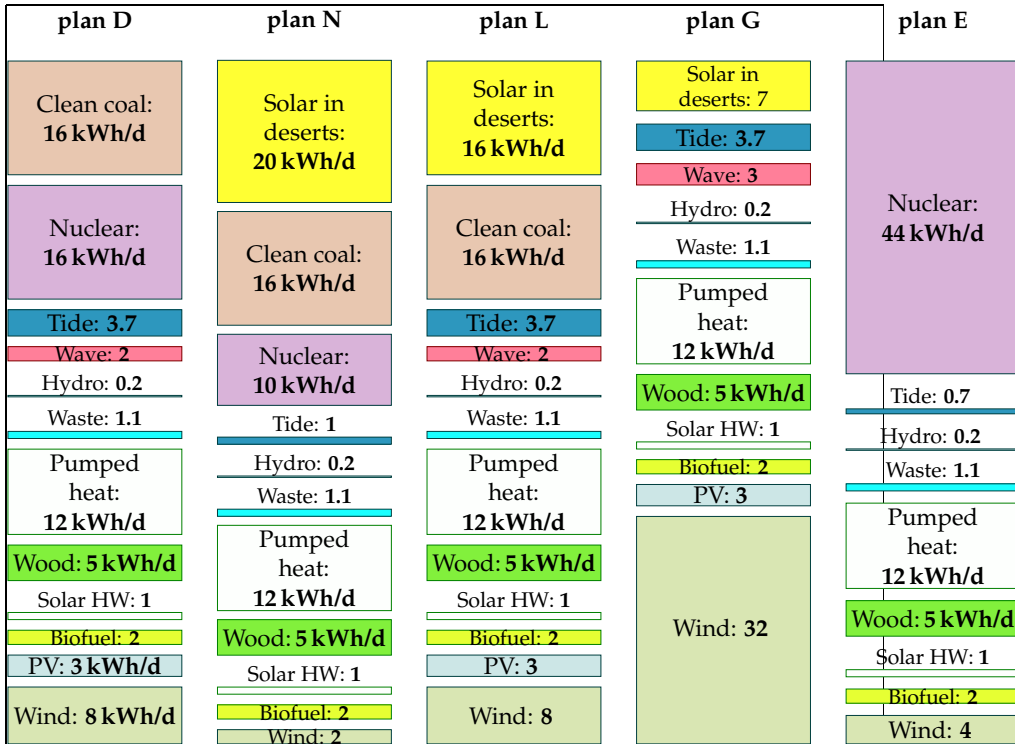


Рис. 7. На цьому графіку у вигляді діаграми представлено п'ять енергетичних планів для майбутнього розвитку Великобританії. Кожен з цих планів передбачає значне скорочення обсягів енергоспоживання за рахунок електрифікації транспорту та опалення.

вночі. Це час доби, коли електромережа завантажена найменше.

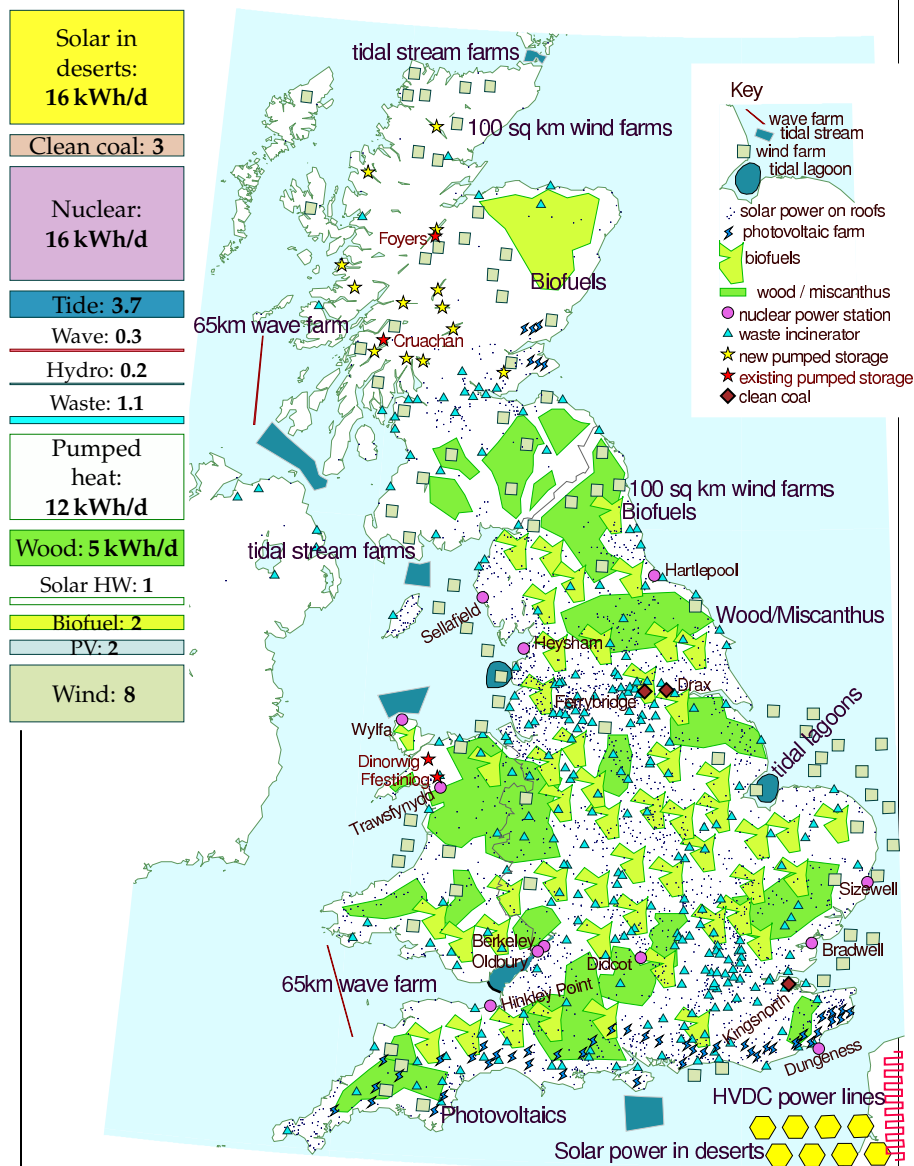
Звісно, електрифікація транспорту та опалення потребуватиме значного збільшення генеруючої потужності електростанцій. Відтак, п'ять наведених у Розділі II планів дій допомагають окреслити різні поєднання нових технологічних розв'язків та альтернативних джерел енергії, необхідних для забезпечення додаткової кількості електроенергії. Різним поєднанням відповідають різні рівні політичної здійсненності відповідного плану. Так, план З, або Зелений План, передбачає повну відмову від



Рис. 8. Будівництво сонячної електростанції "Анадасол" потужністю у 100 мегават в Іспанії. Надлишкова термальна енергія, що генерується станцією протягом дня, зберігатиметься у величезних ємностях із розчином солі. За рахунок цього, забезпечуватиметься рівномірна подача струму до електромережі. Генеруюча потужність в розрахунку на одиницю площі становитиме 10 ват на метр квадратний. Фото люб'язно надані компанією "IEA SolarPCES"

використання "чистого вугілля" та атомної енергетики, а також план Н, або НМПЧІ, також відомий як план "Не На Моему Подвір'ї, а На Чиемусь Іншому". Цей план, відповідно, передбачає використання відновлюваної енергії, генерованої відновлюваними енергетичними потужностями інших країн. Наступним цікавим планом є план Е, або план Економіста, який зосереджується на найбільш економних розв'язках, зокре-

ма значному нарощуванні генеруючої потужності ядерної енергетики, а також впровадженні найбільш економічно обґрунтованих проєктів альтернативної енергетики. У сукупності, ці плани дають нам можливість окреслити та зрозуміти елементи, необхідні для побудови сталого енергетичного майбутнього.



Плани, що не передбачають використання "чистого вугілля" та атомної енергетики змушені певним чином компенсувати дефіцит енергетичного балансу за рахунок енергії з відновлюваних джерел. Однією з таких багатообіцяючих розробок є розміщення величезних електростанцій, які з допомогою концентраторів, дзеркал, розчину солі, пари та парових двигунів генерують значну кількість електроенергії.

Для того, щоб дати читачеві можливість зрозуміти наскільки вели-

Рис. 9. Об'єднаний План (План О). План забезпечення енергоспоживання Шотландії, Англії та Уельсу, що в просторово-географічному вимірі представляє доступні нам технологічні розв'язки, спрямовані на отримання енергії з альтернативних джерел. Зелено-сірі квадратні позначки – вітроелектростанції, кожна з яких займає площу у 100 кілометрів квадратних. Червоні лінії на морі – електростанції, що працюють на енергії хвиль. Світло-сині позначки у вигляді блискавки – сонячні електростанції, що розташувались на площі у 20 квадратних кілометрів кожна. Величезні блакитні багатокутники та плями (позначають лагуни) – розташовані в морі електростанції, що працюють на енергії припливу та відпливу. Світло-зелені багатокутники на суходолі – лісові насадження, що потенційно можуть давати нам енергію у вигляді біомаси деревини. Жовто-зелені багатокутники – плантації рапсу та інших сільськогосподарських культур, придатних для виробництва біопалива. Невеличкі блакитні трикутники – сміттєспалювальні заводи. Великі коричневі ромби – ТЕЦ, що працюють на "чистому вугіллі" та біомасі та передбачають використання технології відбору та зберігання CO₂. Невеличкі фіолетові кружальця – 12 атомних електростанцій загальною потужністю 3.3 гігавати кожна. Жовті шестикутники в правому нижньому куті – сонячні електростанції у 335 кілометрів квадратних кожна, потенційно розташовані у віддалених північно-африканських пустелях. Рожева лінія, що знаходиться одразу біля них відображає лінії електропередач, необхідні для транспортування електроенергії з пустель на територію Об'єданого Королівства (2000 км завдовжки). Малесенькі сині крапочки – сонячні колектори на дахах кожного будинку. Жовті зірочки на території Шотландії – нові, пропоновані до будівництва гідроакумуючі електростанції (ГАЕС). Червоні зірочки – існуючі ГАЕС.

ким є розмах пропонованих проектів та планів, пропонуємо до уваги шановного читача 9. На цьому графіку на карту Великобританії нанесені всі теоретично доступні нам джерела альтернативної енергії. Можливо тому, цей план я називаю Планом О, або Об'єднаним Планом.

Мета цієї книги – не обрати переможців, а окреслити чіткі і зрозумілі значення найважливіших параметрів для кожного з можливих варіантів розвитку нашої країни. Відтак, у наступних кількох абзацах я розвінчаю кілька загальноприйнятих міфів про альтернативні джерела енергії та їх застосування, а також зверну Вашу увагу на ті технологічні розв'язки, які справді варті уваги.



Рис. 10. Не варто: автомобіль BMW Hydrogen 7. Енергоспоживання – 254 кіловат-години на 100 км. Фото люб'язно надано компанією BMW.



Рис. 11. Варто: Сучасний серійний, хоча й двомісний автомобіль Tesla Roadster. Енергоспоживання – 15 кіловат-годин на 100 км. www.teslamotors.com.



Рис. 12. Варто: Прототип електромобілю компанії Aptera. Енергоспоживання – 6 кіловат-годин на 100 км. www.aptera.com.

Не варто: Автомобілі на водні в якості палива – справжній енергоефективний провал. Так, більшість прототипів авто, що приводяться в рух через реакції спалення водню споживають більше енергії, аніж їх аналоги паливом для яких служать бензин або дизель. Так, BMW Hydrogen 7 споживає 254 кіловат-годин на 100 км (в той час як середнє значення для типового британського авто становить 80 кіловат-годин на 100 км). Варто: на відміну від водневих прототипів, прототипи авто електричних споживають в 4 рази менше енергії за типову британську автівку. Відтак, електромобілі є набагато більш ефективними за автомобілі-гібриди, чия ефективність як правило є лише на 30% вищою за середню. Тому, гібридні авто слід розглядати як відносно дієву, хоча, за великим рахунком, проміжну ланку у переході від повністю бензинових та дизельних авто до повністю електричних.

Не варто: Децентралізація теплопостачання, хоча йде на користь впровадження технологій когенерації, на жаль, не несе в собі великої вигоди. Так, справді, технологія одночасного виробництва як тепла, так і електроенергії (когенерація) є більш ефективною за звичайну технологію, що працює на ТЕЦ. Проте, чи справді варто ставити "маленьку ТЕЦ" у кожний будинок, особливо, якщо приріст цієї ефективності становить лише 7%. Крім того, маленькі станції також працюють на старих добрих корисних копалинах! Насправді ж, вже давно існує інший, набагато більш ефективний спосіб генерування тепла – за допомогою

теплових насосів.



Варто: Працюючи на електроенергії, теплові насоси відбирають за допомогою теплообмінника теплову енергію із зовнішнього середовища (з повітря чи землі) та при необхідності направляють її до будинку. Найбільш ефективні теплові насоси, нещодавно розроблені у Японії, мають коефіцієнт корисної дії **4.9**. Це, фактично, означає, що кожен кіловат-годину електроенергії, за допомогою теплового насоса, ми можемо перетворити на 4.9 кіловат-години термальної енергії у формі теплого повітря чи теплої води. На мою думку, це набагато більш ефективний спосіб перетворення корисної енергії у тепло (коефіцієнт ефективності перетворення **4.9**), аніж спалення багатих на органічні сполуки корисних копалин (коефіцієнт перетворення енергії – **0.9**).



Не варто: Встановлення на даху мініатюрного механізму вітрової турбіни є марнуванням часу та цінних ресурсів. Такий вітряк ніколи себе не окупить. **Варто:** З іншого ж боку, встановлені на даху теплові колектори, що перетворюють сонячну енергію на теплову енергію води (теплу воду) ефективно працюють навіть у Великобританії, де середньорічна кількість сонячних днів становить лише 30%. Невеликий колектор площею всього лише 3 квадратних метри забезпечить потребу у теплій воді двох дорослих людей.

Не варто: Вимкнення з розетки зарядних пристроїв до мобільних телефонів відразу ж після зарядки є жестом по відношенню до справжніх енергетичних планів настільки малим, що його можна порівняти з вичерпуванням ложкою води з Титаніку. Тому, широко розповсюджена практика включення цього пункту у популярні переліки на зразок "10 доступних кожному кроків спрямованих на боротьбу зі зміною кліма-

Рис. 13. Варто: Зовнішній та внутрішній елементи повітряного теплового насоса, чий коефіцієнт ефективності перетворення енергії наближається до 4. Для того, щоб продемонструвати розміри внутрішнього елемента у масштабі, на його фотографії присутня звичайна канцелярська ручка. Теплові насоси "Fujitsu" на зразок зображеного на цій ілюстрації можуть перетворювати 0.845 кіловат електроенергії на 3.6 кіловат теплого повітря (в режимі опалення), або працюючи у зворотному режимі (кондиціонування) перетворювати 0.655 кіловат електроенергії на 2.6 кіловати повітря холодного.

Рис. 14. Не варто: Міні-вітряк потужністю 600 Ват, встановлений на даху будинку у містечку Лемінгтон Спра (Leamington Spa), чия середня генеруюча потужність становить лише **0.037 кіловат-години на день** (1.5 Вати).

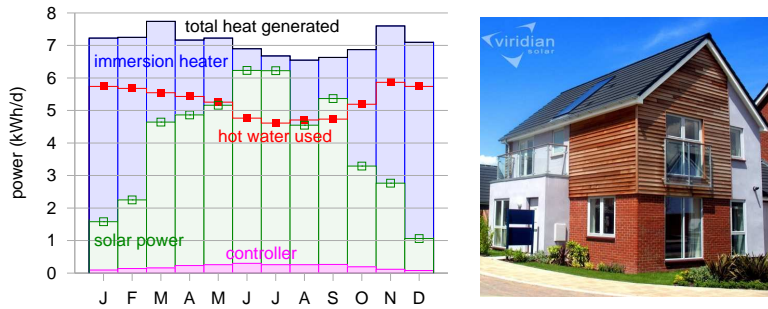


Рис. 15. Варто: Зеленими чотирикутниками на діаграмі зображено теплову енергію води, акумульовану за допомогою сонячного колектора компанії "Viridian Solar" (цю саму модель колектора зображено на Ілюстрації). Середня енергетична потужність колектора, відповідно, становила 3.8 кіловат-годин на день за умови середньодобового споживання 100 літрів води при температурі 60 градусів Цельсію. Зелені чотирикутники – обсяг акумульованої колектором енергії. Сині ж – додатковий обсяг спожитої теплової енергії. Різниця між загальним обсягом споживання теплової енергії (тонка чорна лінія вгорі) та фактичним споживанням теплової енергії (червона лінія внизу) – теплові втрати системи. Найменшим світло-фіолетовим нижнім чотирикутником відповідає споживання електроенергії, необхідної для функціонування системи сонячного колектору. Середня потужність системи в межах експерименту, відтак, становила 53 кіловат-години на метр квадратний.

ту". Адже, цей заклик відволікає увагу людей від більш ефективних та більш важливих дій. Варто: Зниження температури на термостаті (пристрій, що регулює температуру опалення в приміщенні) всього лише на 1 градус за Цельсієм матиме наслідком зменшення Ваших витрат на опалення на 10%, а опалення є найбільшою статтею споживання енергії у всіх британських будівлях. Figure 16 ілюструє дані спостережень із мого власного дому.

Ця книга не має на меті стати енциклопедичним довідником надточної інформації. Навпаки, мета цієї книги – показати як можуть приблизні оцінки та логічне мислення зробити більш осмисленою та інформативною будь-яку дружню розмову чи цікаву тематичну дискусію. Ця книга не агітує за використання того чи іншого плану, тієї чи іншої технології, а радше інформує читача про те, з яких саме елементів ми можемо будувати наше енергетичне майбутнє та наскільки вагомим може бути кожен із них. Так, кожен читач може самостійно обрати для себе план, що найбільше йому імпонує.

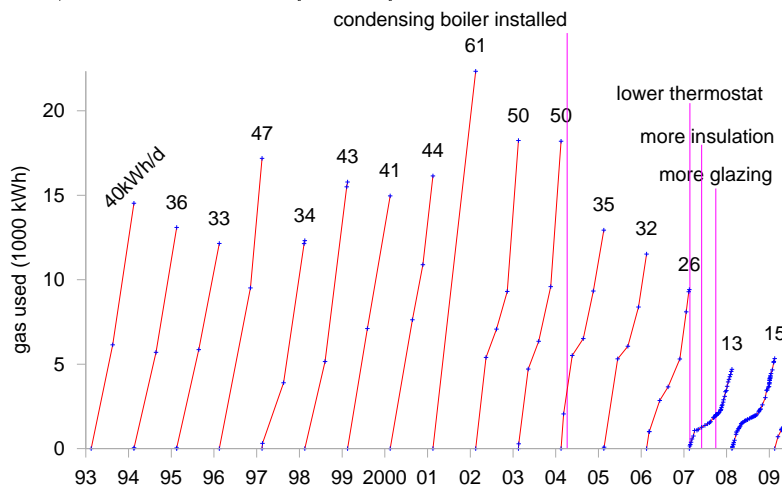
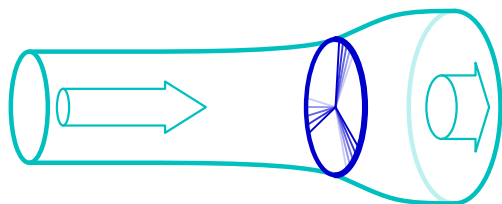


Рис. 16. Обсяги споживання газу у моєму власному домогосподарстві з 1993 по 2007 рік. Кожна лінія відображає сукупне споживання впродовж року та стан на його кінець. Числові дані, що супроводжують кожен лінійку – середній рівень споживання в розрахунку на кіловат-години на день. Синіми крапками позначено часові проміжки протягом яких я знімав чергову порцію даних з лічильника. Таке враження, що чим частіше я знімаю дані з лічильника, тим менше газу використовую.

Розділ III – Додаткові технічні додатки

Третя частина книги стосується глибших фізичних розрахунків стосовно існуючих та альтернативних методів споживання та виробництва енергії. Вісім додатків з яких складається цей Розділ демонструють ці розрахунки читачеві, починаючи від найпростіших фізичних законів, для прикладу, чому автомобілі можуть стати багато більш ефективними, а літаки, на жаль, ні, а також як сукупна генеруюча потужність усіх електростанцій, що працюють на вітрі, енергії припливу-відпливу та енергії хвиль може бути розрахована всього лише на клаптику паперу. Тому, в той час як переважна частина цієї книги буде доступною усім хто вміє додавати, віднімати, ділити та множити, технічні додатки розраховані на людей, яким не складає труднощів оперувати формулами на зразок " $1/2 * масу * квадрат швидкості$ ".



Розділ IV – Корисна інформація

Останні 16 сторінок книги містять довідкову інформацію про дані, якими оперує ця книга, коефіцієнти перетворення енергії, що можуть стати у пригоді у разі використання методології, яка викладена у цій книзі, у інших країнах, зокрема, для перетворення тих чи інших значень у інші одиниці вимірювання.

2 грудня, 2008 року

Рис. 17. На цій ілюстрації Ви можете побачити схематично зображений потік повітря, що проходить повз вітрову турбіну. Так, на виході цей потік повітря сповільнюється та розширюється в об'ємі.

Додаткова Інформація

Ця книга знаходиться у вільному доступі в електронному варіанті за адресою www.withouthotair.com. Ця книга була опублікована видавництвом "UIT Cambridge" 2 грудня 2008 року у Великобританії та 1 квітня 2009 року у Північній Америці.

Девід МакКей є доктором натурфілософії фізичного факультету Кембриджського університету.