

“Людство на шляху до сонячної енергетики”

лекція створена на основі лекційного курсу
«Електронні системи в геліоенергетиці»,
який читається за освітньою програмою
«Електронні системи та компоненти»
кафедри ЕКТ

Лектор доктор фіз.-мат. наук, професор,
завідувач кафедри Електроніки і комп'ютерної техніки (ЕКТ)
Опанасюк Анатолій Сергійович

КАФЕДРА ЕКТ

Кафедра «Електроніки і комп'ютерної техніки» (ЕКТ) є випусковою та проводить набір абітурієнтів за двома спеціальностями та трьома освітніми програмами:

F7 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ.

**G5 ЕЛЕКТРОНІКА, ЕЛЕКТРОННІ КОМУНІКАЦІЇ,
ПРИЛАДОБУДУВАННЯ ТА РАДІОТЕХНІКА.**

Освітні програми:

«Електронні системи та компоненти»,

«Мережеві та інтернет технології».

- <https://ekt.elit.sumdu.edu.ua>
<https://ekt.elit.sumdu.edu.ua/category/opys-spetsialnosti/>

"Кам'яний вік закінчився не через брак каміння, і нафтовий вік закінчиться набагато раніше, ніж в світі вичерпається нафта".

Міністр нафти Саудівської Аравії
Ахмед Ямані

ВВЕДЕННЯ

• *З давніх давен пошук їжі та джерел енергії визначав діяльність людини.* Деревина, вітер і вода довгий час були єдиними енергоносіями. З перетворенням енергії води та інших видів енергії в електричний струм почався бурхливий розвиток техніки. *Дешева нафта забезпечила бурхливий розвиток автомобілебудування,* однак, *внаслідок зростання цін на енергоносії і різкого збільшення населення Землі почали все частіше з'являтися застереження про обмеженість земних ресурсів.* У зв'язку із підвищенням вимог людей до комфорту *на початку XX століття споживання енергії перевищило біологічно необхідний рівень у 5,5 рази, у 1980 р. - у 13,3 рази, а на початку XXI століття у 23...25 разів.* У середньому 1 людина за рік споживає енергії 2,2 т у.п. (тони умовного палива), у той час як у США споживання енергії дорівнює 12, у Німеччині – 6 т у.п. Тобто, *сьогодні ми щорічно використовуємо ті багатства, які природа накопичувала для нас мільйонами років.* Безумовно, що таке надмірне споживання енергоресурсів не може бути нескінченним. Залежність від горючих корисних копалин зараз залишається дуже високою і ця залежність тільки зростатиме у майбутньому. *Потреби людини постійно зростають, людей становиться все більше і більше, що в свою чергу викликає все більш гігантські об'єми виробництва електроенергії та темпи росту її споживання.* *Сьогодні традиційні джерела енергії та технології їх використання уже не здатні забезпечити необхідний енергетичний рівень суспільства, тому, що вони є невідновлювальними.* І хоча розвідані запаси природних палив досить великі, проблема їх виснаження при теперішніх та майбутніх темпах їх видобутку переходить у реальну і недалеку перспективу. Уже сьогодні ряд родовищ внаслідок їх виснаження є непридатними для промислового видобутку. *Вчені передбачають, що за нинішніх об'ємів і темпів росту енергоспоживання у 3...5%, запасів горючих палив вистачить на 70...150 років.* Тому сьогодні людство почало здійснювати переоцінку забезпечення доступними ресурсами для сфери споживання. До цих ресурсів відносять *відновлювальні джерела енергії:* сонячна радіація, енергія вітру, малих річок та водотоків, припливів, хвиль, біомаси, геотермальна енергія, а також розсіяну теплову енергію. *Основною перевагою відновлювальних джерел енергії є їх невичерпність та екологічна чистота, а їх використання не змінює енергетичний баланс планети.*

ТИПИ ЦИВІЛІЗАЦІЙ

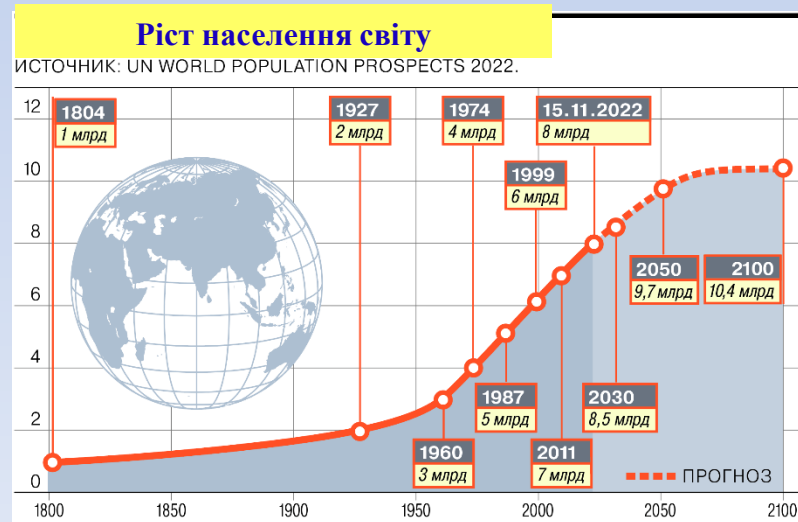
У своєму розвитку людська цивілізація пройшла ряд стадій представлених нижче. Зараз будується так зване *інформаційне суспільство*. Цей процес супроводжувався зміною технологічних укладів виробництва.

Полювання і збирання можуть забезпечити існування 1-2 людини на квадратний кілометр, сільське господарство - 40, а сучасне промислове виробництво - 400.



ЗРОСТАННЯ НАСЕЛЕННЯ ЗЕМЛІ

• **Населення Землі** - сукупність людей, що живуть на Землі в цілому, яка безперервно відновлюється, в процесі відтворення. **На 1 квітня 2025 року, чисельність населення Землі складала близько 8,21 мільярда чоловік.** Аж до 1970-х років **чисельність населення світу зростала за гіперболічним законом**, в даний час спостерігається прогресуюче уповільнення темпів зростання населення Землі. Згідно з демографічними дослідженнями, чисельність населення продовжує швидко збільшуватися, хоча **приріст скоротився майже вдвічі** в порівнянні з показником 1963 року народження, коли він досяг пікового значення. Таким чином відбувся **демографічний перехід (революція)**. **Населення Землі стрімко старішає.** За даними ООН, в 1994-2014 рр. кількість людей старше 60 років подвоїлася, в даний час (2014 р.) літніх людей у світі більше, ніж дітей у віці до п'яти років. У 2009 році, **вперше за всю історію людства, чисельність міського населення зрівнялася з чисельністю сільського, склавши 3,4 мільярда чоловік.** І далі очікується, що все більша частина світового населення буде представлена ​​городянами (тобто міське населення продовжить зростати швидше, ніж населення світу в цілому), що підтверджується і останніми даними. **У 2050 році, за середнім варіантом прогнозу ООН, понад половину населення світу проживатиме в Азії, чверть - в Африці, 8,2% - в Латинській Америці, 7,4% у Європі, 4,7% у Північній Америці.** Вчені з ООН і Вашингтонського університету стверджують, що **населення Землі до 2100 року складе 10-11 млрд. чоловік.** <http://countrymeters.info/ru/World>



ЧИСЕЛЬНІСТЬ ЛЮДСТВА

• **Первісна ера** - 2 млн. років тому - 4 тисячоліття до н.е.

тривала 2 млн. років (20 тис. століть)

• **Стародавній світ** - 4 тисячоліття до н.е. - 476 р. н.е.

тривав 4 тис. років (40 століть)

• **Середньовіччя** - 476 г. н.е. - середина 17 століття.

тривало 1200 років (12 століть)

• **Новий час** - середина 17 століття - початок 20 століття.

тривав 300 років (3 століття)

• **Сучасна історія** - 1918 - 21 сторіччя

триває 107 років (трохи більше століття).

*Чисельність людей, що живе сьогодні,
дорівнює 6,5% від числа усіх що
народилися за 52 тис. років (107 млрд. 603 млн.)*

1800 р. - чисельність населення міст - 3%

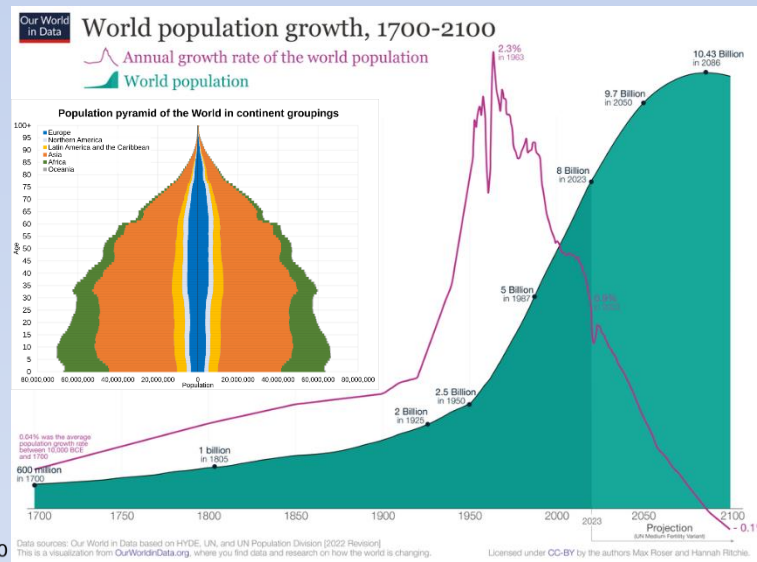
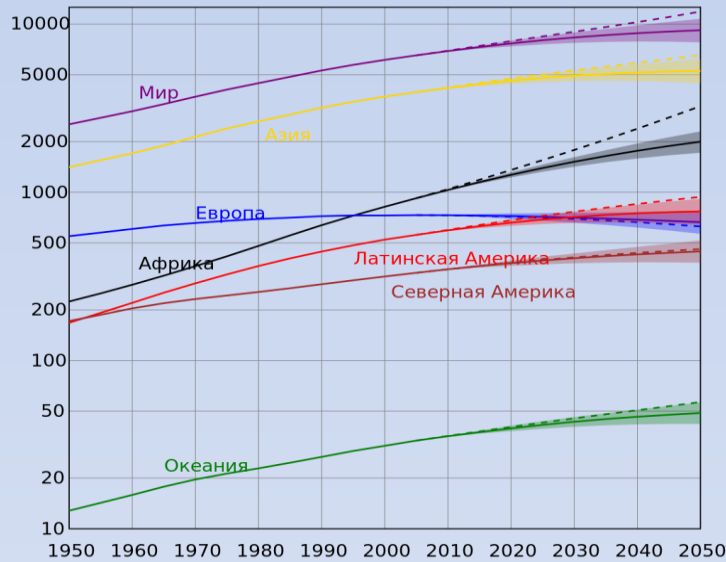
2009 р. - чисельність населення міст - 50%

Кількість населення Землі млрд.	Рік	Кількість років між контр.точками
0,23	1	-
0,5	1650	1649
1	1800	150
2	1927	127
3	1960	33
4	1974	14
5	1987	13
6	1999	12
7	2011	12
8	2022	11
9	2037	15
10	2055	18

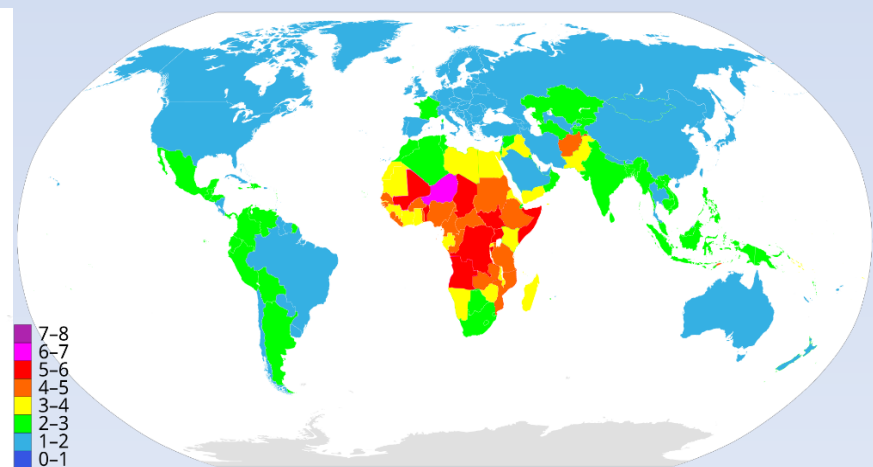
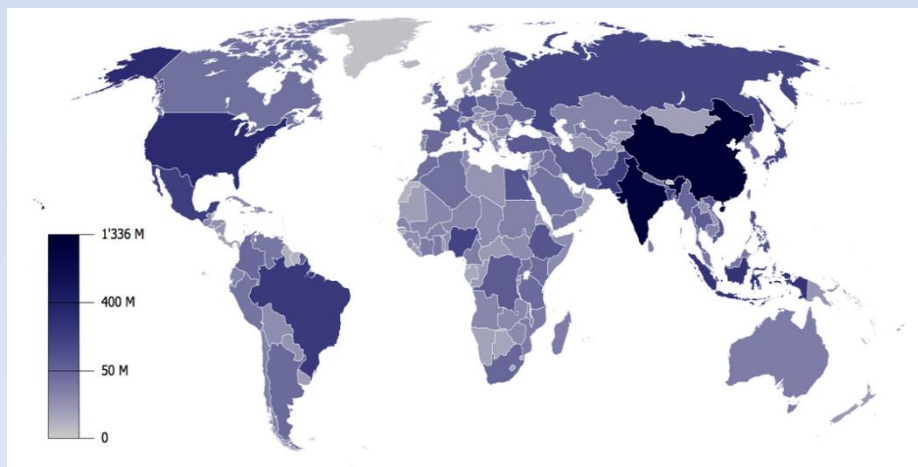


Демографічний перехід – тривалий період зниження народжуваності та смертності, внаслідок чого відтворення населення зводиться до простого заміщення поколінь, тобто зростання населення зупиняється та чисельність населення стабілізується природним чином

ЗРОСТАННЯ НАСЕЛЕННЯ ЗЕМЛІ



Чисельність та темпи зростання населення Землі у 1700–2100 роках, дані прогнозу ООН 2022 рік



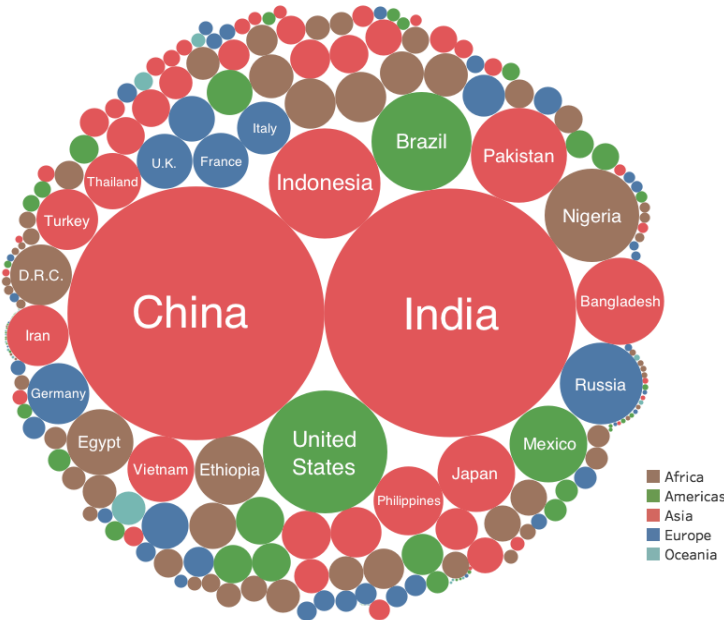
Карти світу, що показують розподіл густини населення за країнами (а) та глобальні коливання коефіцієнта народжуваності на жінку відповідно до даних ЦРУ (2016 р.) (б)

НАСЕЛЕННЯ ЗЕМЛІ

Rank	Region	Share of Global Population (%)	Population
#1	Asia	60%	4.5 billion
#2	Africa	16%	1.2 billion
#3	Europe	10%	729 million
#4	North America	7%	534 million
#5	South America	6%	424 million
#6	Central America	1%	47 million
#7	Oceania	1%	42 million

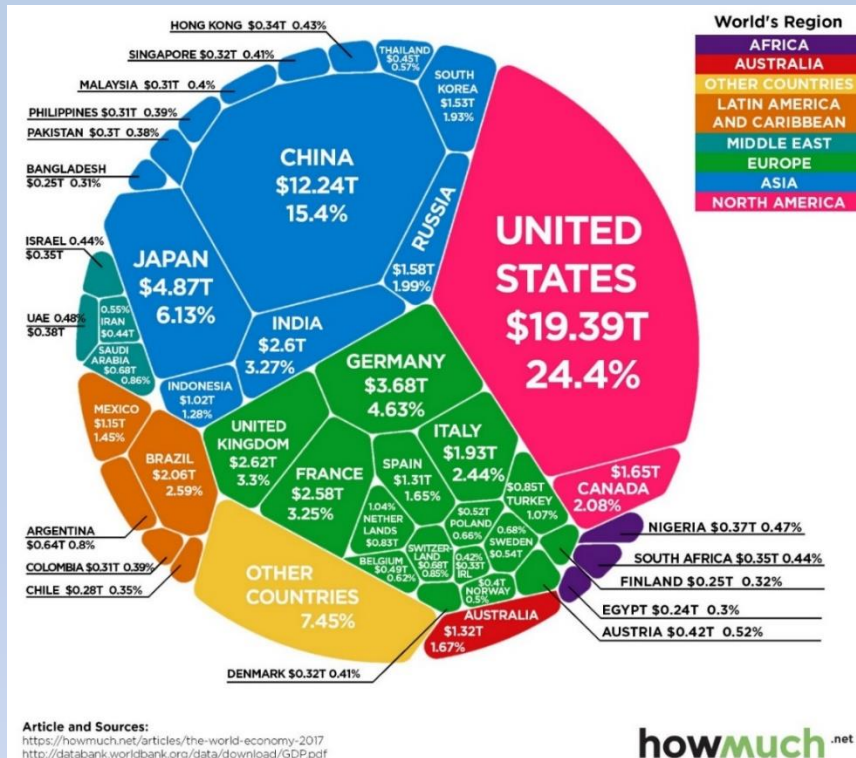
У світі існує близько 230 країн, населення яких становить від 1,45 (Китай), 1,41 мільярда (Індія) до країн де проживає лише 0,001% від цієї кількості (Токелау, Ватикан - 1000 чоловік). *Майже половина населення світу проживає у Китаї, Індії, США, Індонезії та Пакистані. Близько 75% людей проживають в Азії та Африці.* Тим часом регіони Європи, Північної Америки, Південної Америки та Океанії загалом займають 25% всієї суші Землі.

Представлені данні за 2020 р.



Rank	Country	Population 2025	% of global total
Top 10 Total		4,358,978,629	58.0%
#1	India	1 438 352 000	17.54%
#2	China	1 409 670 000	17.19%
#3	United States	341 169 410	4.08%
#4	Indonesia	282 477 584	3.45%
#5	Pakistan	241 499 431	2.95%
#6	Nigeria	226 826 390	2.79%
#7	Brazil	203 080 756	2.48%
#8	Bangladesh	169 828 911	2.07%
#9	Russia	146 150 789	1.79%
#10	Mexico	133 649 565	1.62%

МІСЦЕ РІЗНИХ КРАЇН У СВІТІ ЗА ВВП



• На графіку зображено номінальний ВВП різних країн світу (2024 р.) у вигляді фігур. Їх розмір залежить від частки ВВП країни в світовому ВВП.

• **США - найпотужніша країна світу, її ВВП становить 27,36 трлн.\$.** Америка орієнтується на надання послуг, промисловий та сільськогосподарський сектори в Штатах досить малі (але все одно займають друге і третє місце в світі відповідно завдяки величезному ВВП).

• **Китай - на другому місці (17,66 трлн.\$).** Сфера послуг і промисловість в Піднебесній майже рівні, але останніми роками темпи приросту сфери послуг зростають.

• **На третьому місці знаходиться Німеччина з 4,46 трлн.\$.**

• **ВВП Росії 2,0 трлн.\$ (11 місце), при цьому її частка у світовому ВВП - лише 1,80%.**

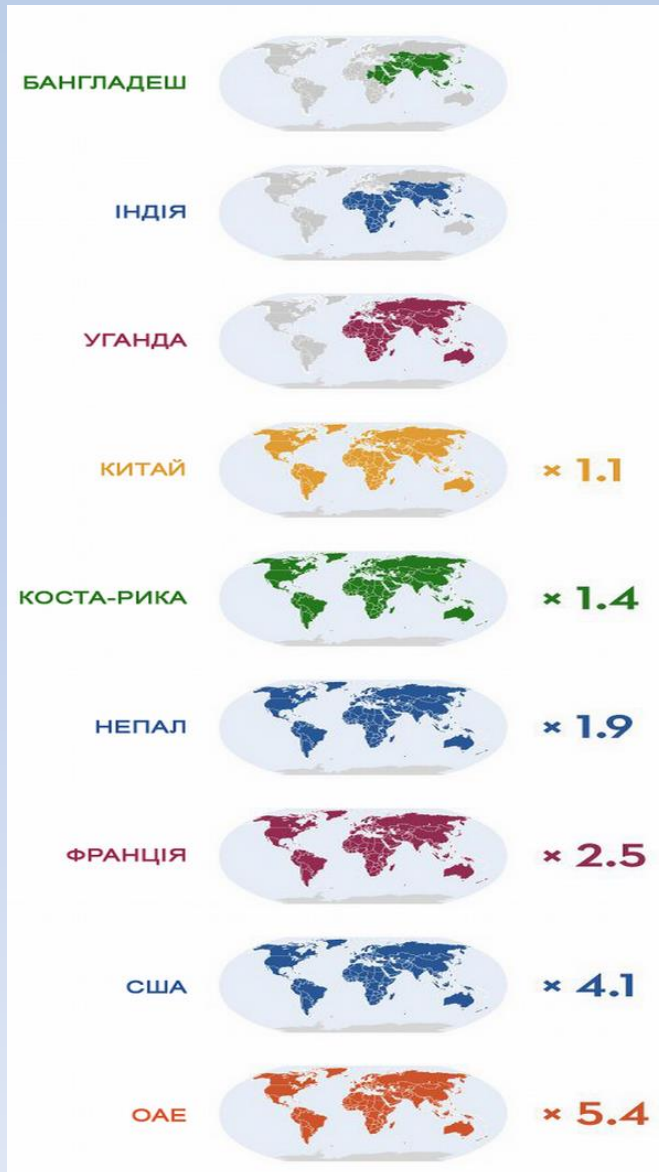
• Частка нашої сусідки Польщі у світовій економіці - 0,66%. Її номінальний ВВП у 2024 р. - \$688 млрд.

• **Українська економіка настільки мала, що на графіку її навіть не зобразили.** ВВП України - \$176 млрд (2023 р.) (\$183 в 2013 р.). Виходить, що **частка України у світовому ВВП — 0,16%.** Промисловість дає нам лише 29% ВВП.

• <http://index.minfin.com.ua/index/gdp/?2016>



ЕКОЛОГІЧНИЙ СЛІД ЛЮДСТВА



Екологічний слід (Ecological Footprint) – показник, що характеризує споживання людством ресурсів Землі, який виражається в гектарах біологічно продуктивної поверхні Землі, необхідної для відтворення ресурсів, що спожиті, та переробки відходів.

• Нижче представлена інфографіка, яка наочно ілюструє екологічний слід людства якщо воно буде жити, як в тій чи іншій країні світу. **Сьогодні екологічний слід людини на планеті складає 18,2 млрд. га** (2,7 га на душу населення). Найбільші значення екологічного сліду припадають на розвинуті країни світу. Так, **якщо кожен житель Землі буде жити на широку ногу, як середньостатистичний американець, то нам буде потрібно більше 4-ох планет, таких як Земля.**

• Якщо ж у кожного жителя планети будуть запити, як у середньостатистичного китайця, то однієї планети нам повинно вистачити.

• Лідерами по використанні ресурсів Землі є Катар (1-е місце), Кувейт (2), Об'єднані Арабські Емірати (3) і Данія (4). США (5). Місця з 6-го по 10-е займають Бельгія, Австралія, Канада, Нідерланди та Ірландія, Росія (33).

На рис. вказано скільки Землі потрібно буде 7 мільярдам людей, щоб кожен з них міг жити як жителі з цих країн

КЛАСИФІКАЦІЯ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ

• В процесі своєї життєдіяльності люди споживають природні ресурси Землі.

• **Природні ресурси** - природні об'єкти, що використовуються людиною і сприяють створенню матеріальних благ.

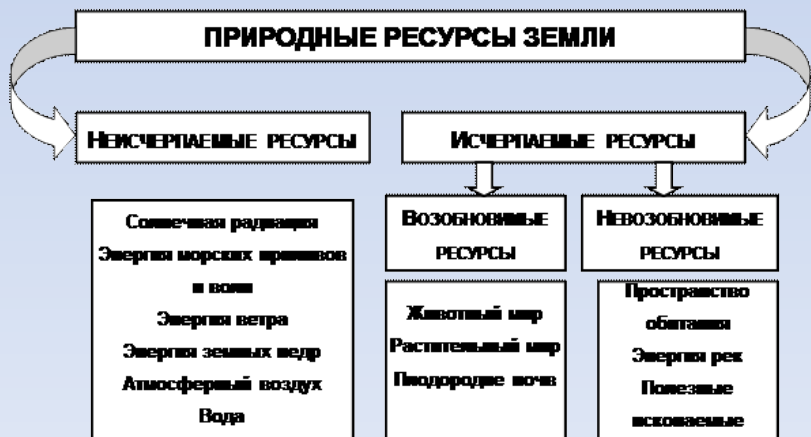
• Класифікації ресурсів.

• Крім природних, розрізняють ресурси матеріальні (транспортні засоби, промислові об'єкти, будівлі), трудові та ін. Серед **природних ресурсів** розрізняють: атмосферні, водні, рослинні, тощо.

• Також існує класифікація природних ресурсів (тваринних, ґрунтових, надрових, енергетичних) за їх **вичерпністю**: **До вичерпним ресурсів** належать ті, які можуть бути вичерпані у близькій або віддаленій перспективі. Це ресурси надр і живої природи. Зазвичай ресурс вважають вичерпаним, коли його видобуток і використання (враховуючи переробку) стає **економічно невигідним**. Останнє залежить від рівня технологій (наприклад видобуток нафти, вугілля). В інших випадках використання ресурсу рентабельно до повного вичерпання. Зокрема, винищення окремих видів тварин і рослин.

• **До невичерпних** відносять ресурси, які можна використовувати необмежено довго. Це ресурси сонячної енергії, морських припливів, вітру тощо. Особливе положення серед ресурсів має вода. Вона вичерпна через забруднення (якісно), але невичерпна кількісно.

• **Вичерпні ресурси** поділяють на поновлювальні та непоновлювальні.



ВИСНАЖЕННЯ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ

•Чисельність населення Землі *станом на 1 квітня 2025 року досягла 8,21 млрд чоловік*. Це 54,3 людини на км² (без території Антарктиди). Найбільша за територією країна світу - Росія, її площа на 2014 рік (з Кримом) становить 17124442 км² (1/9 частина земної суші). Чисельність населення Росії - 146 150 789 (1,79%, 8,6 люд./км², у 6 разів менша ніж у світі).

•*Темпи зростання споживання ресурсів на порядок перевищують темпи зростання чисельності населення. Тому проблема вичерпності природних ресурсів з кожним роком стає актуальнішою. Використання традиційних видів палива пов'язане з екологічним і тепловим забрудненням Землі*, що може призвести до необоротної зміни клімату. Забруднення атмосфери в результаті спалювання палива, океану і суші нафтою, радіоактивними елементами в результаті аварій, що відбувається має катастрофічні глобальні наслідки. *Теплове забруднення Землі відбувається при спалюванні будь-якого виду палива: збільшується концентрація CO₂ та ряду інших газів в атмосфері, що сприяє виникненню «парникового ефекту» У земній атмосфері у 2024 р. зафіксовано 421 одиниці CO₂ на мільйон (ppm). Це рекордний показник!!!!*

•*Людство щорічно використовує на 30 відсотків більше природних ресурсів, ніж може відновити екосистема Землі. У грошовому еквіваленті цей щорічний «екологічний борг» становить 4-4,5 трлн доларів. 1 серпня (2024 р.) людство використало всі природні ресурси вироблені Землею цього року (1970 р. - 29 грудня). При нинішніх обсягах споживання людству до 2030 р. буде потрібна ще одна планета. У наш час півмільярда людей Землі голодують і близько 1 млрд хронічно не отримують повноцінного харчування, 2,5 млрд людей на Землі не мають удосталь звичайної води.*

Популяція ссавців, птахів, риб, амфібій і рептилій з 1970 року до 2012 р. скоротилася на 58%.

На 81% - знизилася популяції тварин з річок, озер та інших прісноводних водойм, на 38% - кількість тварин на суші, на 36% впало населення морських видів тварин.

ООН у 2019 р. представила дослідження про знищення різних видів життя на Землі і вперше використовувала термін «*Шосте масове вимирання*». У 1800-сторінковому дослідженні вказується, що *понад 1 млн видів загрожує зникнення протягом десятиліть. За даними ООН, 75% суші, 40% океану і 50% річкових вод вже «демонструють деградацію через діяльність людини*». Крім того, найбільш схильні до вимирання виявилися комахи, пише видання. *В середньому загальна маса всіх комах на планеті знижується на 2,5% щорічно.*

У разі, якщо тенденція збережеться, до 2190 року на Землі взагалі може не залишитися комах, що докорінно змінить всю її біосферу.

•*Виснаження природних ресурсів - невідповідність норм вилучення (обсягу видобутку) природного ресурсу його запасам як внаслідок економічних причин (наближення витрат на видобуток до ефекту, що одержується), так і з екологічних міркувань (підриг продуктивності або перевищення швидкості відновлення природного ресурсу).*



ЗРОСТАННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ

•Більшість проблем людства можуть бути розв'язані якщо воно вирішить основну проблему – енергетичну.

•Характерною особливістю технічної діяльності людства у другій половині XX і на початку XXI століть є **швидке зростання енергоспоживання. За оцінками вчених потреби людства в енергії в порівнянні з існуючим рівнем споживання (~ 13 ТВт) до середини XXI ст. більш ніж подвоються (~ 30 ТВт), а до кінця XXI ст. - більш ніж потрояться (~ 46 ТВт).**

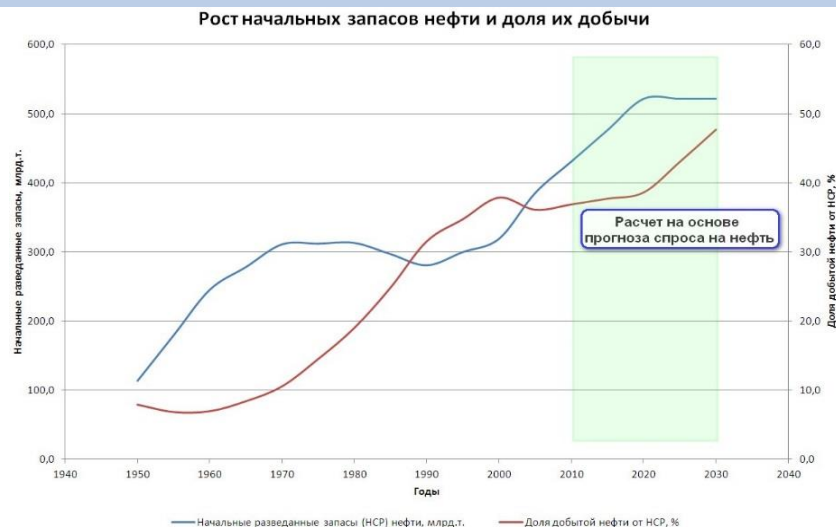
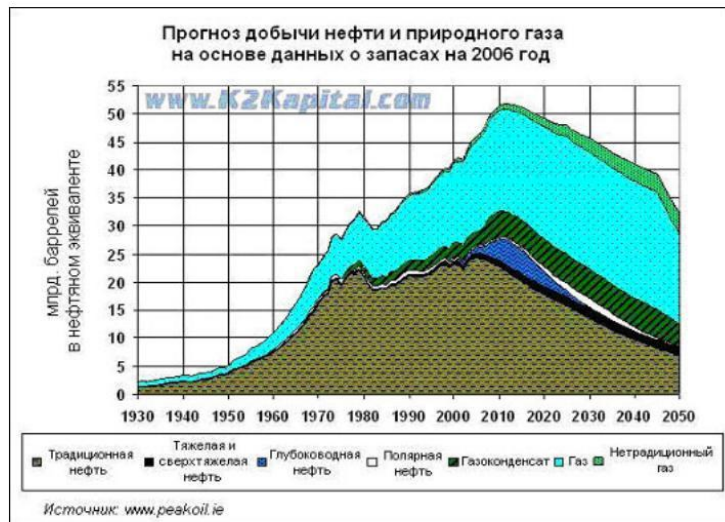
•Це пов'язано,

по-перше, із зростанням світової економіки в цілому (до 4 разів до 2050 р), **і різким економічним зростанням країн, що розвиваються, таких як Китай та Індія, населення яких складає 1/3 від чисельності населення планети.**

по-друге, пов'язане з помітним зростанням населення планети. **До 2050 р. кількість населення Землі досягне 10-11 млрд. чоловік.**

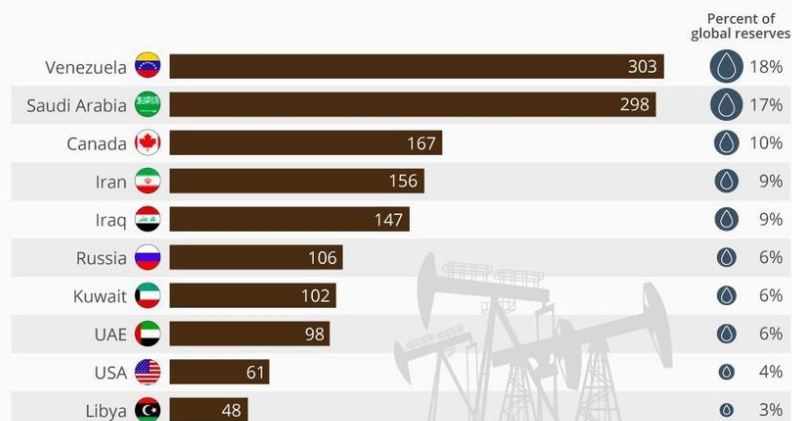
•Збільшення виробництва енергії досі відбувалося в основному за рахунок використання викопних джерел енергії - нафти, природного газу, вугілля, ядерного палива. Однак **задовольнити подальше зростання енергоспоживання тільки за рахунок використання викопних джерел неможливо. Традиційні джерела енергії вичерпуються.** Геофізик Кінг Хуберт одним з перших побудував модель виснаження світових запасів нафти і на її основі передбачив пік видобутку нафти в США (приблизно на 1970 р.). Передбачив він і пік світового видобутку нафти (приблизно на 1995 г.), проте цей прогноз не збувся. Реально **пік видобутку нафти світ пройшов у 2009 році** і з тих пір вуглеводневу сировину поступово і неухильно вичерпується з темпами, що прискорюються, в 5-7% на рік, тому **через 15-25 - років нафта і газ вже не будуть масово використовувати як паливо, і світ змушений буде переходити повністю на альтернативні джерела енергії.** Більшість експертів впевнені, що **збільшення глобальних потреб в енергії вичерпає традиційні енергетичних ресурси до середини цього сторіччя.** Технічний прогрес, освоєння нових важкодоступних родовищ (глибоководних і полярних родовищ, бітумних пісків) тільки відсувають вичерпання ресурсів. При цьому треба розуміти, що **навіть якщо запаси традиційних енергетичних ресурсів не будуть повністю виснажені, спостерігатиметься їх острий дефіцит і різке зростання цін.**

ЗАПАСИ НАФТИ ТА ГАЗУ СВІТУ

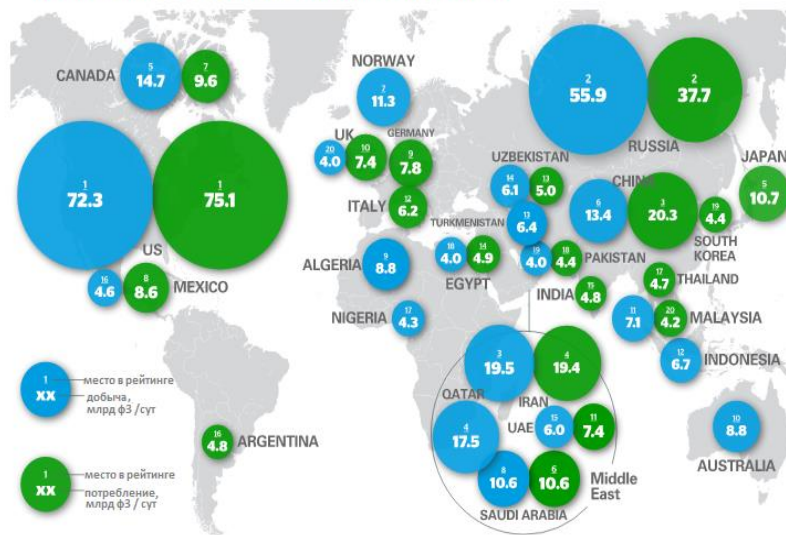


The Countries with the Largest Oil Reserves

Countries with the largest proved oil reserves in 2018 (in billion barrels)



Топ-20: крупнейшие производители и потребители газа в 2016 году



УКРАЇНА КЛАДОВА СВІТУ

Хоча Україна є найбільшою країною Європи, у планетарному масштабі вона займає лише **0,4% земної суші**. Водночас у надрах України міститься **5% мінерального потенціалу світу**.

Серед них:

1. Вугілля
2. Сланцевий газ
3. Природний газ
5. Літій
6. Залізні та марганцеві руди
7. Золото
8. Алмази



До нашого часу не вухли дебати про причини вторгнення Росії до України. Їх чітко сформулював російський генерал-майор **Володимир Овчинський**, колишній керівник російського Інтерполу. "Згідно з оцінкою SecDev (серпень 2022 р.), дослідницького та аналітичного центру, що базується в Оттаві, **Україна посідає 4-е місце у світі за загальною оцінкою вартістю природних ресурсів з річним видобутком приблизно 15 млрд доларів та потенційною оцінкою вартістю до 7,5 трільйонів**. При цьому Україна є однією з найбагатших європейських країн, коли йдеться про запаси **рідкісноземельних металів і літію, вартість цих родовищ оцінюється в діапазоні від 3 до 11,5 трлн доларів**. Якщо нафту через її значущості зазвичай називають "чорним золотом", то літій за оцінками світових експертів стає "білим золотом" цього століття... В ядерній енергетиці та атомній техніці за його допомогою отримують радіоактивний ізотоп водню – тритій, лівова частка літію йде на виробництво літійних акумуляторів. **В Україні запаси літієвих руд категорії С1 лише у родовищі Шевченківське на Донеччині становлять 5,67 млн тон, а категорії С2 – понад 8 млн тон...Прогнозні обсяги запасів літію в Росії – лише 1 млн тон, а в Україні, лише в Донецькій області – понад 13 млн тон!** Зараз відомо про чотири літєві родовища в Україні: **«Шевченківське», «Полохівське», «Добра» та «Крута балка» (10% світових запасів!!!!)**. Метал тут не добувають, лише проведено геологічні дослідження та апробовано запаси. **На території ДНР, в районі села «Шевченка» (північніше Новоазовська), і в Запорізькій області, трохи західніше Бердянська, є розвідані запаси літію, «Шевченківське» та «Крута балка», відповідно. Ділянка «Добра» (Кіровоградська обл.) містить великі поклади, можливо, найбільші у Європі.** Зараз в Австралії розробляється найбільше в світі родовище із покладами 12,88 млн. т літєвої руди. **«Ділянка Добра», за даними 1980-1990-х р., містить 19 млн т руди, або майже на 50% більше...Ці поклади є комплексними!!!!** Найбільшими споживачами літію є скляна та керамічна області – близько 31%. Виробництво акумуляторних батарей споживає 23% літію.

УКРАЇНА КЛАДОВА СВІТУ



Forbes | Війна за ресурси

Розробка інфографіки
Top Lead: LEAD

Вартість корисних копалин у регіонах України*



111 млрд т

загальний обсяг запасів корисних копалин

\$14,8 трлн

загальна вартість запасів корисних копалин

* Враховано основні корисні копалини, не включено до загальних обсягів окремі види ресурсів, що мають велике розповсюдження та ціну в межах \$10/т (наприклад, пісок). надано оцінки розвіданих запасів згідно з даними державних органів та наукових публікацій, оцінки в грошовому виразі надано виходячи з останньої відомої ціни ресурсів станом на лютий 2023 року.

Джерела: «Мінеральні ресурси України» ДНВП «Геоінформ України», «Металічні корисні копалини України» Гріщенко, Кирило та Ін., «Неметалічні корисні копалини України» Михайлов, Виноградов та Ін., розрахунки Forbes

У надрах України виявлено близько 20 000 родовищ та проявів 117 видів корисних копалин. З них 8172 родовища із запасами 94-х видів мінеральної сировини мають промислове значення. До промислового освоєння залучено 2868 родовищ, де працює понад 2000 гірничодобувних та переробних підприємств. В Україні розроблено та виявлено родовища нафти, газу, вугілля, торфу, сланців, урану; заліза, марганцю, хрому та нікелю, титану, магнію, а також алюмінію, міді, цинку, свинцю. Є в надрах країни золото, срібло, ртуть, берилій, **літій**, цирконій, гафній, тантал, ніобій, кобальт, олово, вольфрам, молібден, ванадій, ітрій та лантаніди, та розсіяні елементи германій, скандій.

ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ТРАДИЦІЙНИХ ВИДІВ ПАЛИВА

• *Енергетичну проблему людства не можна вирішити за рахунок атомної енергетики, оскільки запаси урану обмежені, а продукти його розпаду є радіоактивними й екологічно небезпечними. Також існує серйозна проблема **утилізації радіоактивних відходів**.*

• Проблема використання традиційних видів палива пов'язана з **екологічним і тепловим забрудненням Землі, що може призвести до необоротної зміни клімату**. Забруднення атмосфери в результаті спалювання палива, океану і суші нафтою, радіоактивними елементами в результаті аварій, що відбувається має катастрофічні глобальні наслідки. Останній приклад - аварія на нафтовидобувній платформі в Мексиканській затоці у 2010 р. **Вугілля**, поклади якого досить великі, **як енергоносіє не задовольняє сучасним екологічним вимогам**. Активно розробляються «чисті» способи його використання, однак це веде до подорожчання вартості енергії, що одержується. **Теплове забруднення Землі відбувається при спалюванні будь-якого виду палива: збільшується концентрація CO₂ в атмосфері, що сприяє виникненню «парникового ефекту»**. При збільшенні зростання виробництва енергії за рахунок спалювання палива, включаючи ядерну енергетику, безпечна межа підвищення температури на Землі може бути досягнута уже у XXI столітті. При цьому **двадцять найбільших нафтових компаній світу є причетними до майже 35 % викидів вуглекислого газу в атмосферу**. Скажімо Chevron, Exxon, BP і Shell спільно відповідальні за 10 % світових викидів CO₂ починаючи з 1965 р. Нарешті, існує серйозна проблема - це **енергобезпека, яка спонукає до диверсифікованості використовуваних джерел енергії**. Необхідність боротьби з цими проблемами зажадає від багатьох країн і, насамперед, від індустріально розвинених, значних витрат і радикального зниження рівня використання вуглеводневої сировини. У результаті, за оцінками ці причини не дозволять задовольняти зростаючі потреби світової енергетики за рахунок викопних джерел енергії вже через 10-15 р.

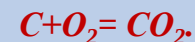
• *Таким чином, на початку XXI століття світова енергетика зіткнулася з необхідністю різкої зміни структури джерел енергії, що споживається.*

• *За образним визначенням головного економіста Міжнародного енергетичного агентства (МЕА) Фатіх Біроль при збереженні нинішніх темпів зростання енергоспоживання до 2030 р. потрібно буде або знайти «шість нових Саудівської Аравії», або зробити ставку на інші джерела енергії.*

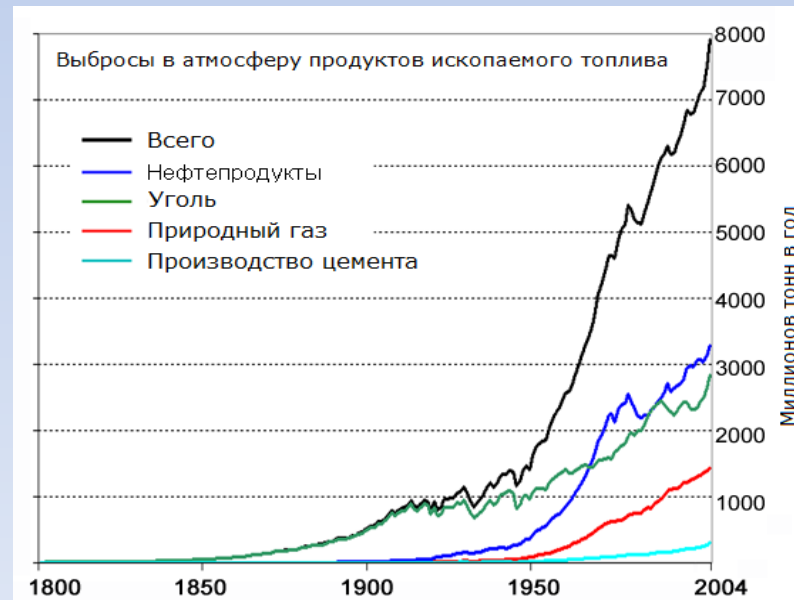
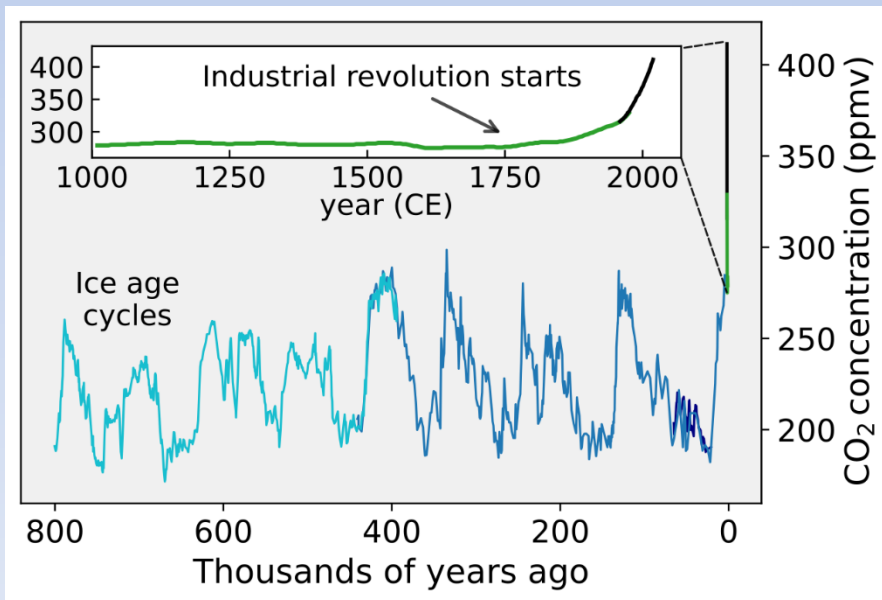
• Більшість аналітичних досліджень академічних учених і вчених компаній ПЕК передбачає значне (до 30%) збільшення частки нетрадиційних відновлюваних джерел протягом наступних 20-30 років.

ВИКИДИ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ

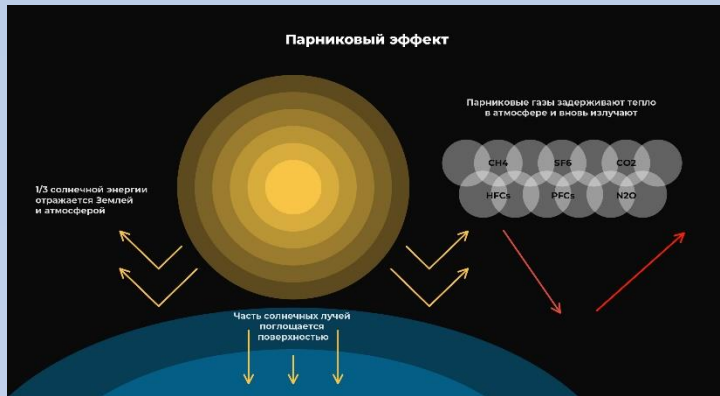
Сучасна енергетика є **ВУГЛЕЦЕВОЮ** і базується на хімічній реакції



Всесвітня метеорологічна організація (ВМО) щорічно публікує доповіді про зміни клімату, згідно з **ними у 2023 р. середня концентрація вуглекислого газу (CO_2) на поверхні Землі досягла - 420 мільйонних часток (ppm), метану (CH_4) – 1934 мільярдних часток (ppb), а оксиду азоту (N_2O) – 336,9 ppb. Це свідчить про зростання цих значень на 151%, 265% і 125% порівняно з допромисловими рівнями (до 1750 р.).** Якщо оцінки викидів CO_2 і CH_4 практично повторили минулорічні, то за викидами N_2O поставлено нові рекорди. Повідомляється, що **річний приріст його концентрації в атмосфері у 2023 р. став найвищим за всю історію спостережень.** З 1990 до 2023 р. прямий радіаційний вплив довготривалих парникових газів зріс на 49 відсотків, причому чотири п'яті цього збільшення сталося за рахунок вуглекислого газу. **Експерти зазначили, що востаннє порівнянна концентрація вуглекислого газу в атмосфері була в період від трьох до п'яти мільйонів років тому, коли температура повітря була на два-три градуси за Цельсієм вищою, а рівень моря - на 10-20 метрів вище, ніж на даний момент.**

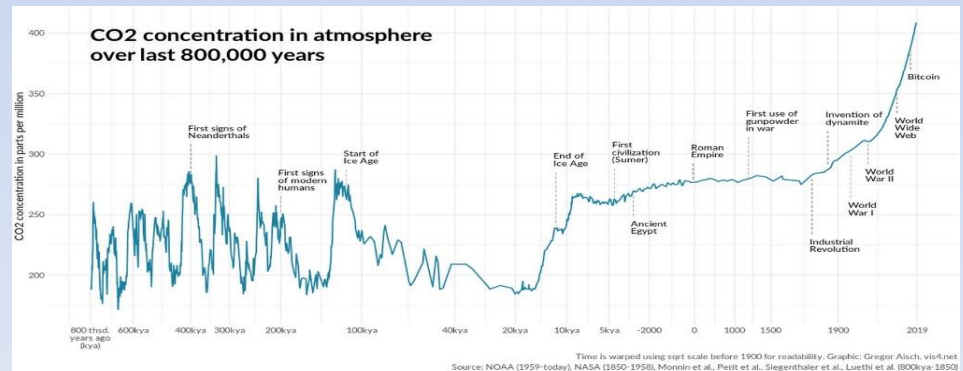
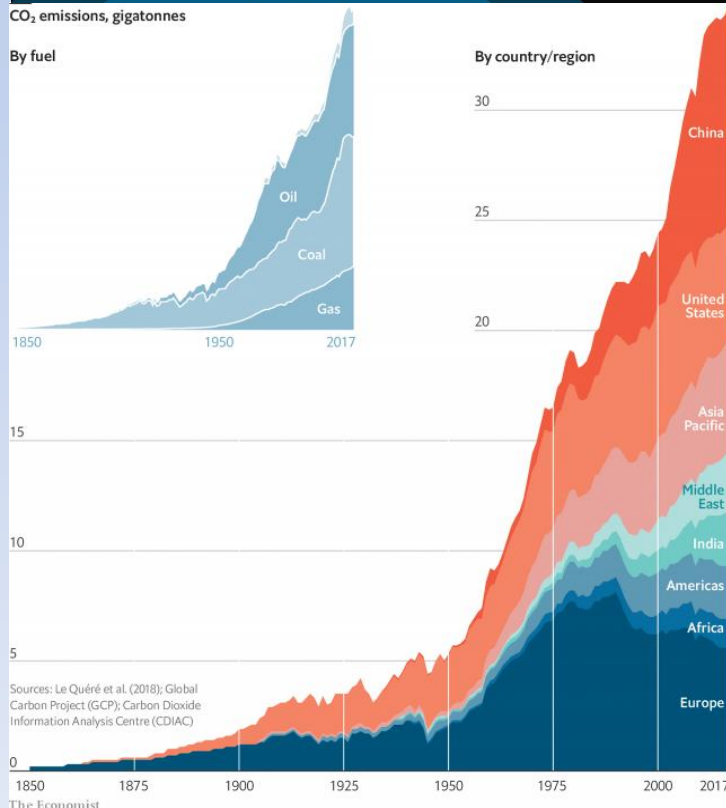


ГЛОБАЛЬНЕ ПОТЕПЛІННЯ



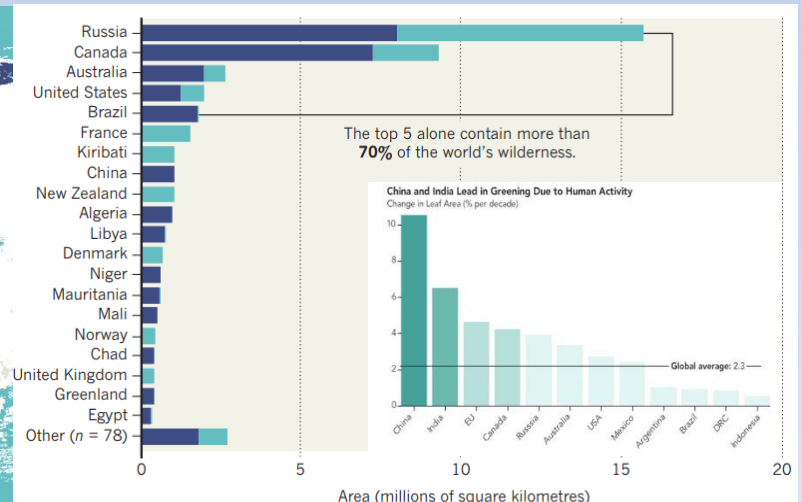
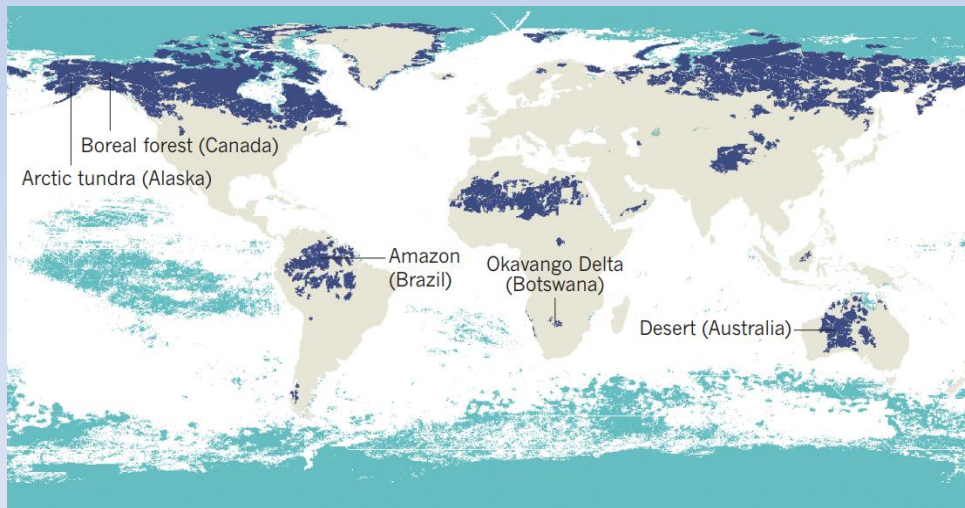
• **Людство викидає в атмосферу 30 млрд тон CO₂ на рік.** Середній рівень вуглекислого газу в міжльодовикові періоди в 1,45 рази більший, ніж в найхолодніші періоди льодовикових періодів. **Однак нинішній рівень, у свою чергу, в 1,45 рази вищий, ніж у середньому в міжльодовикові періоди.**

• **Глобальне потепління** - довгострокове підвищення середньої температури кліматичної системи Землі, що спостерігається протягом останніх більш ніж ста років, основною причиною чого є людська діяльність (антропогенний фактор). Починаючи з 1850 р., в десятирічному масштабі, температура повітря в кожне десятиліття була вища, ніж в будь-яке попереднє десятиліття. **З 1750-1800 р. людина відповідальна за підвищення середньої глобальної температури на 0,8-1,2 °C.** З огляду на інерційності кліматичної системи, навіть в разі припинення антропогенного впливу неминуче потепління ще на 0,6 °C. **Ймовірна величина можливого зростання температури протягом ХХІ століття на основі кліматичних моделей становить 0,3-1,7 °C для мінімального сценарію емісії парникових газів, 2,6-4,8 °C для сценарію максимальної емісії.**



ТЕРИТОРІЇ ДИКОЇ ПРИРОДИ

•100 років тому лише 15% землі використовувалися для вирощування сільськогосподарських культур і розведення худоби, але **сьогодні люди змінили 77% суші (за винятком Антарктики) і 87% океану**. З 1993 до 2009 р. 3,3 млн км² дикої природи були заселені, використані для сільськогосподарських потреб, видобутку природних копалин та інших цілей, а в Світовому океані від рибальства і мореплавства майже повністю вільні лише води в полярних регіонах. Вчені заявляють, що **збереження регіонів дикої природи, що залишилися, - життєво важливий фактор в боротьбі зі зміною клімату**. Глобальне потепління, в свою чергу, представляє безліч загроз як для майбутнього процвітання людства, так і для тварин. **Серед небезпек, з якими ми стикаємося вже сьогодні - підвищення рівня моря, нестача продовольства, прісної води, що почастишали екстремальні погодні явища**. Дані, що використовуються на мапі суші, були зібрані в 2009 році і включали інформацію про 8 показників людського впливу на навколишнє середовище, включаючи щільність населення, транспортну інфраструктуру і використання земель для вирощування сільськогосподарських культур. Інформація, яка використовується для складання карти океану, була зібрана в 2013 році і включала дані про рибальство, торгово-промислового судноплавстві і 14 інших показників впливу людини на навколишнє середовище.



Площі суші вважають дикою природою, якщо вони покривають 10 000 км² і є відносно вільні від впливу людини

РУЙНУВАННЯ СВІТУ ДИКОЇ ПРИРОДИ

Кожен четвертий вид перебуває під загрозою зникнення

За оцінкою Червоної книги МСОП



*Серед оцінюваних видів - омари, прісноводні краби, прісноводні раки та прісноводні креветки

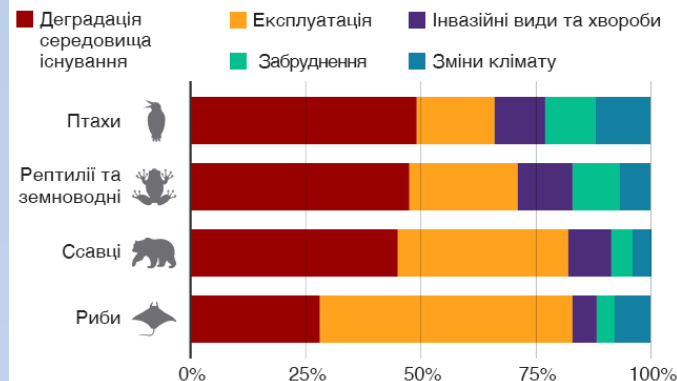
Джерело: Червона книга МСОП

BBC

Група з 145 вчених, які представляють 50 країн світу, 05.05.2019 р. заявила про те, що руйнування дикої природи, викликане діяльністю людини, є "безпрецедентним", а скорочення чисельності живих організмів на Землі відбувається з дедалі більшою швидкістю, повідомляється на сайті Міжурядової науково-політичної платформи з біорізноманіття та екосистемних послуг (IPBES).

Головна загроза біорізноманіттю - втрата середовища існування

Доповідь "Жива планета" оцінює ключові фактори зникнення видів



Примітка: Індекс живої планети оцінює вибірку з 3 789 популяцій

Джерело: Всесвітній фонд дикої природи, доповідь "Жива планета-2018"

BBC

У 2018 році були знищені лісові масиви розміром з Бельгію

Втрати тропічних первинних лісів, мільйони гектарів



Джерело: Всесвітній моніторинг лісів, Мерілендський університет

BBC

ЗЕМЛЯ СМІТТЄЗВАЛИЩЕ???

За інформацією Світового банку, у 2020 р. від 3 млрд городян за рік набирається 1,3 млрд тон відходів, а до 2025 року ця цифра виросте на 70% - до 2,2 млрд тон. В середньому щорічно Україна виробляє близько 17 млн тон сміття. На жаль, тільки 5% з цього обсягу потрапляє в переробку. Решта 95% потрапляє на звалища. За даними 2016 р., санкціоновані звалища в Україні можна було порівняти з розмірами Кіпру, а стихійні - цілої Бельгії.



• Велика тихоокеанська сміттева пляма (англ. Eastern Garbage Patch - Східний сміттевий континент, або Pacific Trash Vortex - Тихоокеанський «сміттеворот») - **скупчення сміття антропогенного походження в північній частині Тихого океану**. Він розташований між 135°-155° західної довготи і 35°-42 ° північної широти. На цій ділянці знаходиться скупчення пластика і інших відходів, принесених водами Північно-тихоокеанської системи течій. Точний розмір області невідомий. **Приблизні оцінки площі варіюються від 700 тис. до 1,5 млн км² і більше (від 0,41% до 0,81% загальної площі Тихого Океану)**. Ймовірно, на цій ділянці знаходиться більше **ста мільйонів тон сміття**.

ЗЕМЛІ ЗАГРОЖУЄ ЕКОЛОГІЧНА КРИЗА

• *Міжнародна команда вчених у 2019 р. написала колективну доповідь щодо стану екології нашої планети. Роботу назвали World Scientists 'Warning of a Climate Emergency ("Попередження вчених з усього світу про надзвичайний кліматичний стан"). Ініціаторами звернення вчених, опублікованого в журналі Bio Science, стали професор Орегонського дослідного університету Вільям Ріппл і науковий співробітник Сіднейського університету Томас Ньюсом. Підписали цю роботу 11 258 вчених зі 153 країн світу. Основна думка спеціалістів: "Землі загрожує екологічна криза, і, якщо не вжити негайних заходів на глобальному рівні, людству не уникнути "невимовних страждань".*

• Доповідь написали на основі спостережень за людською діяльністю і її впливом на клімат протягом останніх 40 років. Зокрема аналізували кількість викидів вуглекислого газу, зростання чисельності населення, споживання енергії та темпи вирубки лісів. До того ж розглядали точні цифри: зміни температури поверхні Землі, зміни кислотності води в океані та танення льодовиків.

• Автори стверджують, що *після підписання країнами Паризької кліматичної угоди, її все рівно не виконують*. Наприклад, лише 35 країн вживають заходів, які скорочують кількість викиду в атмосферу CO₂. Це, до речі, підтверджується теперішніми подіями, точніше температурою повітря на вулиці. *Жовтень 2019 р. визнали найтеплішим з початку метеорологічних спостережень.*

• *Кліматична криза тісно пов'язана з надмірним рівнем споживання. Основну відповідальність за історичне зростання викидів несуть найбагатші країни світу. Вони мають найбільший рівень викидів парникових газів на душу населення. Автори доповіді також зауважують, що Китай, Індія, США та Росія - країни, на які припадає понад половину світового обсягу викидів. З них на план зменшення викидів парникових газів погодились, поки що, тільки Китай та Індія. Росія не надала плану регулювання, а США взагалі захотіли вийти з Паризької угоди.*

• Як негайні заходи щодо поліпшення ситуації вчені пропонують *заміну викопного палива на відновлювані джерела енергії, запровадження високих "вуглецевих податків", відмову від споживання тваринної їжі й вирубки лісів, а також перегляд економічної політики провідних країн світу в бік відмови від прагнення до зростання ВВП.*

• Але не все так плачевно, є і ноти оптимізму у доповіді екологів. *"Ми натхненні, що нещодавно почався цілий сплеск занепокоєння. Політики роблять заяви про надзвичайну ситуацію у сфері змін клімату. Школярі страйкують. У судах ведуться розгляди справ про екоцид. Рухи громадян вимагають змін і влада багатьох країн, штатів і міст реагує на них".*

• <https://academic.oup.com/bioscience/advance-article/doi/10.1093/biosci/biz088/5610806>

ГОДИННИК СУДНОГО ДНЯ

• **«Годинник Судного дня»** (англ. Clock of Doomsday Clock) - проект журналу **Чиказького університету «Бюлетень наукових співробітників»**, започаткований в 1947 році творцями першої американської атомної бомби. Періодично на обкладинці журналу публікується зображення годинника, що показує без декількох хвилин північ. Час, що залишився до півночі, символізує напруженість міжнародної обстановки та прогрес у розвитку ядерного зброї. Сама північ символізує момент апокаліпсису - ядерного катаклізму або іншої причини кінця відомого світу. Рішення про переведення стрілки приймає рада директорів журналу за допомогою запрошених експертів, серед яких, зокрема, 18 лауреатів Нобелівської премії.

• За 70-річну історію проекту стрілки годинника міняли своє положення 23 рази, включаючи початкову установку на сім хвилин в 1947 році. Під час Карибської кризи (1962 рік) світ був в двох кроках від ядерної війни. Проте, оскільки криза була розв'язана дуже швидко (протягом 38 днів), годинник не встигли відкорегувати, і його покази не змінилися. З 1960 і до 1963 року годинник показував сім хвилин (в 1963 році цей час було збільшено до дванадцяти хвилин).

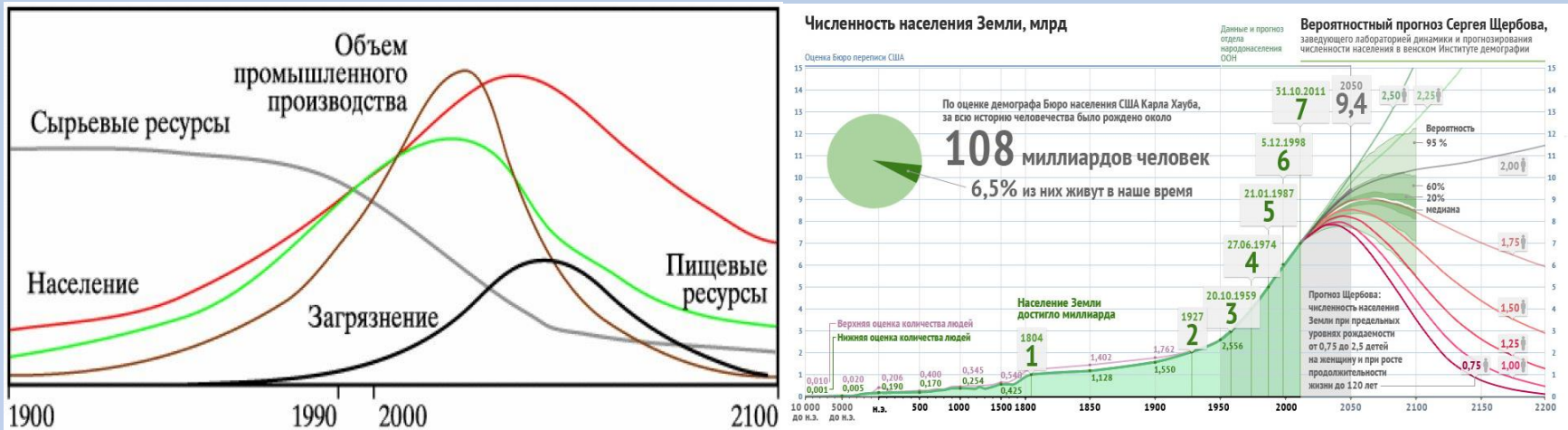
• Приводом для переведення стрілки умовного годинника вперед у 2018 р. (2 хв. до полуночі) стало зростання напруженості в світі, особливо вчені підкреслили небезпеку триваючих ядерних випробувань Північною Кореєю. Серед іншого до кінця світу людство неухильно наближає проблема кліматичних змін, відзначають вчені. 24 січня 2023 року годинник переведено на 10 секунд вперед (23:58:30) через війну Росії проти України, ядерні погрози росіян, кліматичні загрози, технологічний розвиток і біологічні небезпеки (коронавірус). 23 січня 2024 року стрілки годинника залишили на показнику 2023 року (23:58:30). Таким чином, до часу апокаліпсису залишилося всього 90 секунд. На даний момент це найближче до півночі положення стрілок «Годинника Судного дня» за всю історію, з моменту його створення у 1947 році.



ТЕОРІЯ МАЛЬТУСА

- *Томас Роберт Мальтус* (1766-1834) - видатний представник класичної політичної економіки Англії.
- Свої ідеї виклав у книзі під назвою *«Досвід про закон народонаселення»*, яка анонімно опублікована у 1798 р.
- У роботі провозголошено **три основні тези**.
- 1) *Через біологічну здатність людини до продовження роду його фізичні здібності використовуються для збільшення своїх продовольчих ресурсів.*
- 2) *Народонаселення суворо обмежене засобами існування.*
- 3) *Зростання народонаселення може бути зупинене лише зустрічними причинами, які зводяться до моральної стриманості або нещастя (війни, епідемії, голод), які є найбільш вірогідними засобами обмеження народжуваності і скорочення розмірів сімей.*
- *Мальтус приходить до висновку, що якщо зростання населення не затримується якими-небудь причинами, то населення буде подвоюватися кожні чверть століття, тобто зростати в геометричній прогресії, а засоби існування - в арифметичній.*
- Ґрунтуючись на цьому висновку Мальтус описував таке **явище** як *«мальтузіанська пастка»* - типова для доіндустріальних суспільств ситуація, що періодично повторюється, в результаті якої **зростання населення в кінцевому рахунку обганяє зростання виробництва продуктів харчування**. Тому в довгостроковій перспективі **не відбувається ні зростання виробництва продуктів харчування на душу населення, ні поліпшення умов існування переважної більшості населення, а навпаки - воно залишається жити впроголодь.**
- Загалом **теорія Мальтуса досить коректно описує закономірності економіко-демографічної динаміки доіндустріальних суспільств** і продемонструвала свою високу пояснювальну здатність стосовно до них, хоча для ефективного використання її для пояснення динаміки сучасних суспільств (навіть у країнах Третього світу), вона потребує найсерйозніших модифікацій.

ЛЮДСТВО ЖДЕ АПОКАЛІПСИС???



•Мозковий центр - **«Римський клуб»** був створений у 1965 році в маєтку Девіда Рокфеллера в Белладжіо (Італія) під час Міжнародної конференції під назвою «Умови світового порядку». Учасники конференції в кількості 21-го людини, представлені «різними фахівцями, письменниками і вченими», обговорювали в ході зборів роль «інтелектуалів» у формуванні нового світу. Їх наступна серйозна зустріч відбулася в 1968 році в Римі. На ній були присутні вже 75 чоловік. Тоді ж з'явилося і офіційна назва - «Римський клуб», а до складу організації увійшли високопоставлені політики і представники всіх областей розвитку людської цивілізації. Результати роботи клубу опубліковані через 21 рік у книзі під назвою **«Перша глобальна революція»**. Прогноз розвитку людства даний клубом, який підготував Массачусетський технологічний інститут був апокаліптичним. Основною тезою було те, що скорочення невідновлюваних ресурсів, що наближається, буде впливати на всі інші фактори. Скорочення ресурсів, як передбачалося, відбудеться вже в 1970-х, а до 2015 року, виробництво продовольства і світова промисловість знизяться, що призведе до скорочення світового населення. Друга доповідь Римському клубу (1974) була підготовлена американським математиком М. Мессаровічем і німецьким механіком Е. Пестелем. Вона викладена у книзі **«Людство на роздоріжжі»**. У 1991 році з'являється книга **«Перша глобальна революція»**. В подальшому розрахунки були підтверджені іншими дослідницькими групами.

•Апокаліптичний сценарій сьогодні більш не актуальний, але **новий Римський клуб знову прогнозує закінчення росту промисловості, цього разу до 2050 року. Стагнація буде супроводжуватися глобальною рецесією, яка призведе до катастрофічного скорочення кількості населення.**

ЦІЛІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

• 25 вересня 2015 року Генеральної Асамблеї ООН прийняла резолюцію, що затвердила план дій «*Перетворення нашого світу: Порядок денний в області сталого розвитку на період до 2030 року*». В Резолюції підкреслюється, що ніколи раніше світові лідери не брали на себе зобов'язання вжити спільні дії і зусилля для реалізації такої широкої і *універсальної стратегічної програми*. Наголошено прагнення здійснювати Порядок денний таким чином, щоб це принесло максимальну користь усім: як нинішньому, так і майбутнім поколінням на принципі відповідності правам та обов'язкам держав за міжнародним правом. *17 цілей та 169 задач нового плану дій набули чинності 1 січня 2016 року*. Робота над цим планом дій розрахована на *15 років - до 2030 року*.

• *Цілі сталого розвитку (ЦСР)*, також відомі як Глобальні цілі, були ухвалені ООН як *універсальний заклик до дій щодо скорочення бідності, захисту планети та забезпечення того, щоб до 2030 р. усі люди жили в мирі і достатку*.

• 17 цілей взаємодоповнюють одна одну: дії в одній сфері також впливають на результати в інших, тому в розвитку мають бути збалансовані соціальна, економічна та екологічна стійкість. Країни зобов'язалися визначати пріоритетність прогресу для тих країн і спільнот, які найбільше відстають. ЦСР мають на меті покласти край бідності, голоду, СНІДу та дискримінації жінок і дівчат. *Для досягнення ЦСР у кожному контексті необхідні творчі підходи, ноу-хау, технології та фінансові ресурси всього суспільства*.

- Ціль 1. Подолання бідності
- Ціль 2. Подолання голоду, розвиток сільського господарства
- Ціль 3. Міцне здоров'я і благополуччя
- Ціль 4. Якісна освіта
- Ціль 5. Гендерна рівність
- Ціль 6. Чиста вода та належні санітарні умови
- Ціль 7. Доступна та чиста енергія
- Ціль 8. Гідна праця та економічне зростання
- Ціль 9. Промисловість, інновації та інфраструктура
- Ціль 10. Скорочення нерівності
- Ціль 11. Сталий розвиток міст і громад
- Ціль 12. Відповідальне споживання та виробництво
- Ціль 13. Пом'якшення наслідків зміни клімату
- Ціль 14. Збереження морських ресурсів
- Ціль 15. Захист та відновлення екосистем суші
- Ціль 16. Мир, справедливість та сильні інститути
- Ціль 17. Партнерство заради сталого розвитку

ТЕХНОЛОГІЧНІ УКЛАДИ

Земна цивілізація у своєму розвитку пройшла *цілий ряд доіндустріальних і не менше 6-ти індустріальних технологічних укладів*. У зв'язку з науковим і техніко-технологічним прогресом відбувається перехід виробництва від більш низьких укладів до більш високих, прогресивних. Починаючи з промислової революції 18 століття звичайно виділяють **6 технологічних укладів**. Життєвий цикл технологічного укладу охоплює майже століття, при цьому період його домінування в розвитку економіки *складає близько 40 років*.

Технологічний уклад - сукупність технологій, характерних для певного рівня розвитку виробництва. Сукупність сполучених виробництв, які мають єдиний технологічний рівень, що розвиваються синхронно.

Комплекс базових технічно пов'язаних виробництв утворює **ядро технологічного укладу**. Технологічні нововведення, що визначають формування ядра технологічного укладу і революційно змінюють економіку, отримали назву **ключовий фактор**. Галузі, що інтенсивно використовують ключовий фактор і які відіграють провідну роль у поширенні нового технологічного укладу, є його **несучими галузями**.

ТУ	Роки	Основний ресурс	Ключові фактори	Технологічне ядро
I	1780–1830	Енергія води	Текстильні машини	Текстиль, виплавка чавуну; обробка заліза, водяний двигун, канат
II	1830–1880	Енергія пари, вугілля	Паровий двигун	Залізниця, пароплави; вугільна і станкоінструментальна промисловість, чорна металургія
III	1880–1930	Електрична енергія	Електродвигун, сталеливарна промисловість	Електротехніка, важке машинобудування, сталеливарна промисловість, неорганічна хімія, лінії електропередач
IV	1930–1970	Енергія вуглеводнів, початок ядерної енергетики	Двигун внутрішнього згорання, нафтохімія	Автомобілебудування, літакобудування, ракетобудування, кольорова металургія, синтетичні матеріали, органічна хімія, виробництво і переробка нафти (Росія, Україна)
V	1970–2010	Атомна енергія	Мікроелектроніка, газифікація	Електронна промисловість, комп'ютери, оптична промисловість, космонавтика, телекомунікації, роботобудування, газова промисловість, програмне забезпечення, інформаційні послуги
VI	2010–2050	Термоядерна енергія, енергія сонця?	Квантово-вакуумні технології	Нано -, біо-, інформаційні технології. Мета: медицина, екологія, підвищення якості життя (Південна Корея, Японія, Америка, Європа)

ТЕХНОЛОГІЧНІ УКЛАДИ

•**Доіндустріальні уклади** базувалися на мускульній, ручній, кінній енергетиці людини і тварин. Усі винаходи того часу, які дійшли і до нашого часу, стосувалися підсилення м'язової сили людини і тварин (гвинт, важіль, колесо, редуктор, гончарний круг, міхи в кузні, механічна прядка, ручний ткацький верстат) .

•**Початок індустріальних періодів технологічних укладів припадає на кінець XVIII - початок XIX століть.**

•**Перший технологічний уклад** характеризується використанням **енергії води** в текстильній промисловості, водних млинів, приводів різноманітних механізмів. Була проведена механізація фабричного виробництва.

•**Другий технологічний уклад** - використанням **енергії пари та вугілля**: парова машина, паровий двигун, паровоз, пароплави, парові приводи прядильних і ткацьких верстатів, парові млини, паровий молот. У людини з'являється більше вільного часу, вона звільняється від важкої ручної праці.

•**Третій технологічний уклад.** Використання **електричної енергії**, важке машинобудування, електротехнічна і радіотехнічна промисловість, радіозв'язок, телеграф, побутова техніка. **Підвищення якості життя.**

•**Четвертий технологічний уклад.** Використання **енергії вуглеводнів**. Широке використання двигунів внутрішнього згоряння, електродвигуни, автомобілі, трактори, літаки, синтетичні полімерні матеріали, початок ядерної енергетики.

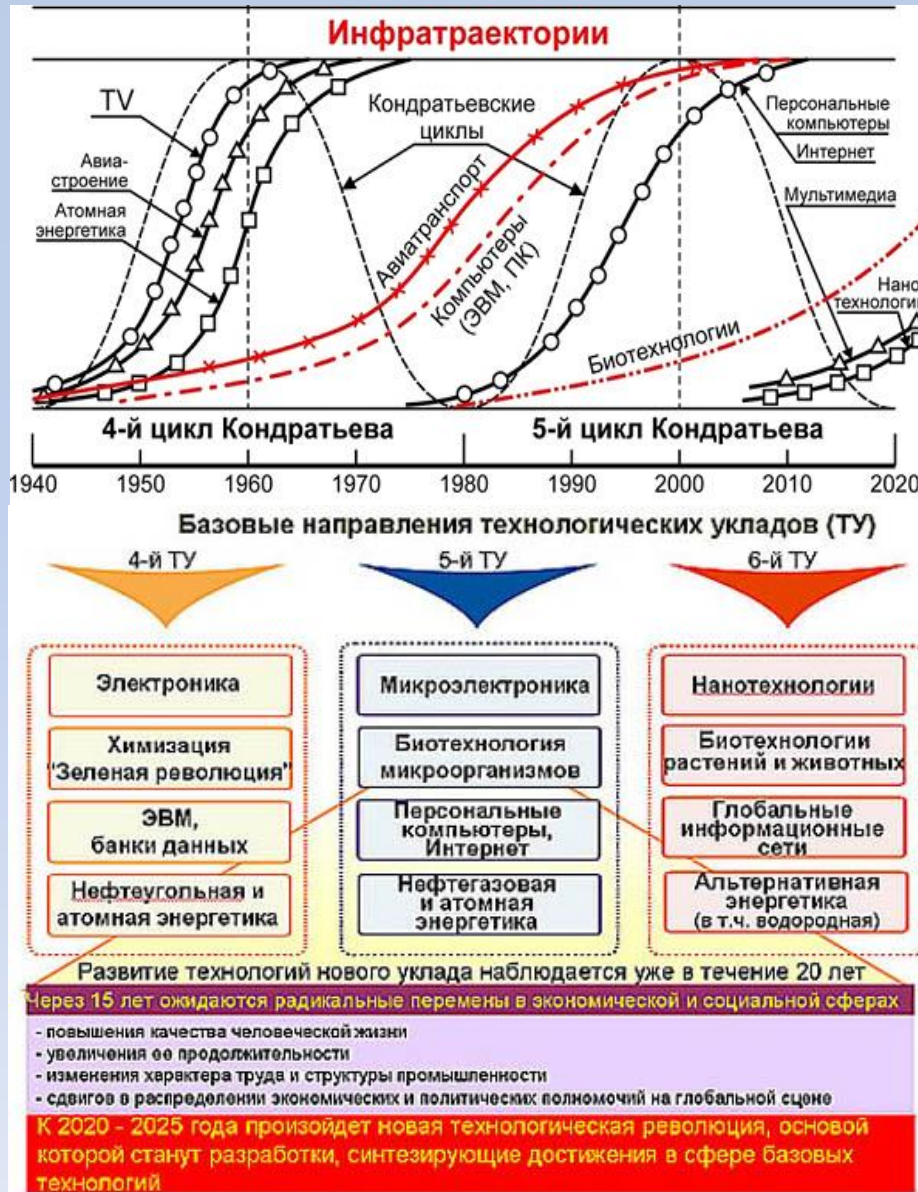
•**П'ятий технологічний уклад.** **Електроніка та мікроелектроніка, атомна енергетика, інформаційні технології, генна інженерія, початок нано- та біотехнологій, освоєння космічного простору, супутниковий зв'язок, відео- і аудіотехніка, Інтернет, стільникові телефони.** Глобалізація з швидким переміщенням продукції, послуг, людей, капіталу, ідей.

•**Шостий технологічний уклад.** Настає в нахлест на 5-ий технологічний уклад, **його називають постіндустріальним.** Нано- та біотехнології, наноенергетика, молекулярна, клітинна і ядерна технології, нанобіотехнології, біоміметика, нанобіоніка, нанотроніка та інші нанорозмірні виробництва; нова медицина, побутова техніка, види транспорту і комунікацій, використання стовбурових клітин, інженерія живих тканин і органів, відновна хірургія і медицина. **Основне завдання на цьому етапі. Істотне збільшення тривалості життя людини і тварин аж до безсмертя.**

•Країни, суспільства, що швидше відчули новації нового технологічного укладу, швидше входять в нього і виявляються лідерами (Англія - 2-ий технологічний уклад, США, Японія, Корея - 4-ий технологічний уклад, США, Китай, Індія - 5-ий технологічний уклад).

•Деякі вчені вже починають говорити про швидке (в 21- му столітті) настання **сьомого технологічного укладу**, для якого центром буде людина, як головний об'єкт технологій.

ТЕХНОЛОГІЧНІ УКЛАДИ



•Зараз *розвинені країни світу знаходяться у 5-му технологічному укладі і почали перехід у в 6-ий технологічний уклад*, що забезпечить їм вихід з економічної кризи. *Ті країни, які запізняться з переходом у 6-ий технологічний уклад, застрягнуть в економічній кризі і застої. Положення України дуже складне, оскільки ми, у зв'язку з деіндустріалізацією промислового потенціалу СРСР, не перейшли з 4-того в 5-ий постіндустріальний уклад і вимушені, якщо нам це вдасться, перескочити одразу у 6-ий технологічний уклад.* Завдання дуже складне, якщо не сказати майже нездійсненне, особливо за відсутності промислової політики у керівництва країни.

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЯДРО ШОСТОГО УКЛАДУ

*Мета сучасної технологічної революції:
підвищення якості життя людини,
збільшення строку життя аж до безсмертя*

*Будь-яка достатньо
розвинена технологія не
відрізняється від магії
А.К. Кларк*

- **Нанотехнології**
- **Інформаційні технології**
- **Біотехнології**

Якщо б автомобілебудування розвивалося зі швидкістю еволюції напівпровідникової промисловості, то сьогодні Ройлс Ройс міг би проїхати півмільйона миль лише на одному галоні бензину і дешевше було б його викинути, аніж заплатити за паркування.

Годон Мур, один з засновників фірми Intel

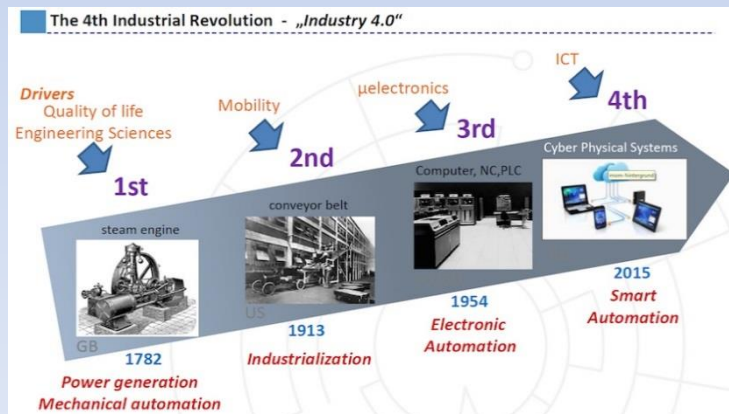
ІНДУСТРІАЛЬНІ РЕВОЛЮЦІЇ

• **Перша індустріальна (промислова) революція** була обумовлена появою парових машин. Вона обплутала світ інфраструктурою залізниць. Революційний процес йшов досить довго, винахід парових машин було зроблено в XVII столітті але революція продовжувалася в деяких країнах і в XVIII, XIX століттях.

• **Друга індустріальна революція** була пов'язана з появою конвеєра і електрики. Класичний приклад - це заводи "Форда". Вона створила мережу шосе і кабелів у всьому світі.

• **Третя революція** - середина XX початок XXI століття, поява комп'ютерних технологій, цифрова революція, автоматизація виробництва. Ця революція в більшій мірі була пов'язана з інформатизацією і створенням інтернету. За прогнозами **Дж. Ріфкіна**, найближчим часом логіка інтернету буде перенесена на енергетику та інші сфери життя. **Третя індустріальна революція - це міріади малих джерел енергії від вітру, сонця, води, геотермії, теплових насосів, біомаси.** Кожна країна завдяки їм зможе стати енергетично самодостатньою за умови, що ці розпорошені джерела виявляться пов'язаними між собою і взаємно доповнюватися в межах континентальних мереж.

• **Четверта революція - впровадження кіберфізичних систем і персоналізованого виробництва.** Вона поєднує засоби виробництва і власне продукцію. Якщо зараз всі процеси виробництва контролює людина через комп'ютер, то у **четвертій промисловій революції продукт, який виробляється, сам може взаємодіяти з верстатом, з конвеєром, з споживачем, а сам споживач може на це впливати.**



Один з елементів четвертої промислової революції - **кастомізація**, можливість виготовляти продукт, необхідний конкретно вам, з тими побажаннями, які ви хочете врахувати, і робити це максимально простим способом, взаємодіючи безпосередньо з виробництвом, з конвеєром. Це перекреслює все XX століття, епоху масового виробництва, масового штампування: **людство переходить від масового виробництва до індивідуального.** Тут же мова йде про те, що ви, наприклад, просканувавши свою ногу, можете зробити черевик саме тільки для себе.

ЗАВДАННЯ ТРЕТЬОЇ ІНДУСТРІАЛЬНОЇ РЕВОЛЮЦІЇ

- Починаючи з 2010 р. у світі почалася **третя індустріальна революція** (Third Industrial Revolution).
- **Третя індустріальна революція** - це комплексна, глибока трансформація систем, структур, інститутів, відносин і технологій, які радикально змінюють способи, механізми, зміст того, як люди організовують виробництво, обмін, споживання, навчання, комунікації та відпочинок (**Джеремі Ріфкін**).
- **Третя індустріальна революція формується поєднанням наступних факторів:**
 - 1) **переходом на відновлювані джерела енергії** (сонце, вітер, водні потоки, геотермальні джерела);



- 2) **перетворенням існуючих і нових будівель** (як промислових, так і житлових) в **міні-заводи з виробництва енергії** (за рахунок обладнання їх сонячними батареями, міні- вітряками, теплонасосами);

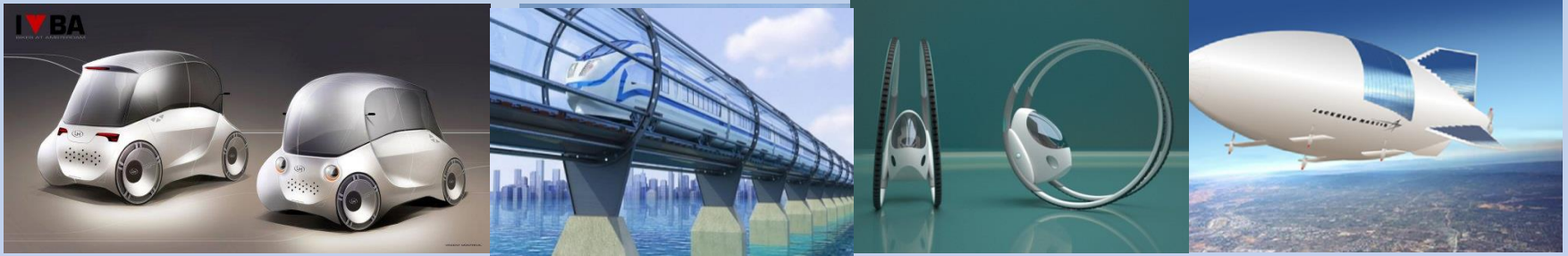


- 3) **розвитком і впровадженням технологій енерго-, ресурсозбереження** (як виробничого, так і «домашнього») - повною утилізацією залишкових потоків і втрат електроенергії, пари, води, будь-якого тепла, промислових і побутових відходів та інших;

В 2010 р. **Джеремі Ріфкін** опублікував бестселер "**Третя індустріальна революція**". Він негайно був прийнятий Обамою, включений в комісію з індустріалізації Америки. До неї увійшли співробітники Білого дому, керівники DARPA, IARPA, розвідки, найбільших корпорацій. Прочитав цей твір прем'єр Китаю Лі Кецян розпорядився терміново видати 250 тисяч примірників і розіслати керівникам різних рівнів, запросив Ріфкіна в Пекін, призначив своїм консультантом. Серед клієнтів Ріфкіна - Ангела Меркель, інші європейські лідери.

ЗАВДАННЯ ТРЕТЬОЇ ІНДУСТРІАЛЬНОЇ РЕВОЛЮЦІЇ

•4) *переведенням всього автомобільного (легкового та вантажного) і всього громадського транспорту на електротягу **на основі водневої енергетики**, а також розвитком нових економічних видів вантажного транспорту, таких як дирижаблі, hyperloop, наземний та підземний пневмотранспорт та ін.;*



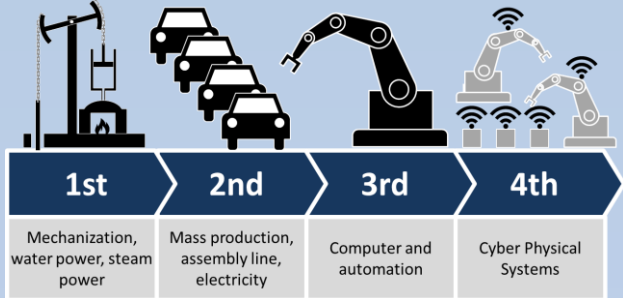
•5) *переходом від промислового **до локального і навіть «домашнього» виробництва** більшості побутових товарів за допомогою розвитку технології 3D - принтерів;*



•6) *переходом від металургії до **композитним матеріалам** (особливо нано- матеріалів) на основі вуглецю, а також заміною металургії на технологію **3D-друку** на основі селективної лазерної плавки (SLM - Selective Laser Melting);*

•7) *відмовою від тваринництва, **переходом до виробництва «штучного м'яса»** з клітин тварин з використанням 3D - біопринтерів;*

•8) *переведенням частини сільського господарства в міста на базі технології **«вертикальних ферм»** (Vertical Farm).*



ІНДУСТРІЯ 4.0

• Вперше концепцію **Четвертої промислової революції**, або «**Індустрії 4.0**», сформулювали на **Ганноверській виставці в 2011 р.** (**Клаус Шваб**, засновник і голова Всесвітнього економічного форуму і за деякими даними світового уряду), визначивши її як **засіб підвищення конкурентоспроможності обробної промисловості Німеччини** через посилену інтеграцію «**кіберфізичних систем**», або CPS, в заводські процеси. Концепція представлена світовому загалу у Давосі на економічному форумі у 2016 р.

• «**Кіберфізичні системи**» це комплекси, що складаються з природних об'єктів, штучних підсистем і контролерів. Поняття введене у 2006 р. директором по вбудованим і гібридним системам Національного наукового фонду США **Хелен Джилл**. Передбачається, що ці системи будуть об'єднуватися в одну мережу, зв'язуватися одна з одною в режимі реального часу, самонастроюватися і вчитися новим моделям поведінки. Такі мережі зможуть вибудовувати виробництво з меншою кількістю помилок, взаємодіяти з виробленими товарами і при необхідності адаптуватися під нові потреби споживачів. Наприклад, **виріб в процесі випуску зможе сам визначити обладнання, здатне виробити його**. І все це **в повністю автономному режимі без участі людини**. Таким чином, якщо автоматизація виробництва, що почалася в середині ХХ століття, мала **вузьку спеціалізацію**, при якій системи управління розроблялися для кожної сфери і підприємства окремо і не масштабувалися, то **в основі нової технологічної революції буде лежати розвиток глобальних промислових мереж**.

• **Індустрія 4.0** - справжня знахідка для виробників, адже вона дозволяє виробляти одиничний продукт за цінами масового!!!! Сформульовано 6 принципів проектування систем в рамках цієї концепції. Це **інтероперабельність, віртуалізація, децентралізація, можливість роботи в режимі реального часу, орієнтація на надання послуг і модульність**. Першою на шлях «Індустрії 4.0» встала **Німеччина**, яка в рамках розробленої «високотехнологічної стратегії» почала інвестувати в нову інтернет-інфраструктуру і створення глобальних стандартів **по 40 млрд. євро на рік**. Варіанти стратегії отримали загальну назву **High-Tech Strategy 2020 Action Plan**. До 2016 року німецькі промисловці збираються представити перші виробничі кейси, що працюють, а до 2030 року **Німеччина планує повністю перейти на систему інтернетизованої промисловості**. Аналогічні програми впроваджуються і в інших розвинених країнах - **Китаї, Південній Кореї і США**. Згідно з опитуванням 800 лідерів технологічних компаній, проведеним спеціально для форуму в Давосі, **ключовими драйверами змін стануть хмарні технології, розвиток способів збору і аналізу Big Data, краудсорсінг, шерінгова економіка і біотехнології**. Серед інших прогнозів експертів лідирують «розумний» одяг, підключений до інтернету, безпілотні автомобілі і медицина, заснована на 3D-друці. Крім того, 45% респондентів вважають, що в 2025 році **в радах директорів великих компаній може бути присутнім штучний інтелект**.

ЗМІНИ У ПРОМИСЛОВОСТІ

КАК РАБОТАЕТ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ СЕЙЧАС



● Миллионы людей на заводах собирают, упаковывают и тестируют товары. Еще миллионы их контролируют.

С приходом новой индустриальной революции все изменится.

У производственных компаний есть только один выход — подготовиться к этим изменениям и внедрять новые технологии. Либо доживать последние дни.

КАК БУДЕТ РАБОТАТЬ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ ЧЕРЕЗ 10–20 ЛЕТ



● Максимальная автоматизация уменьшает стоимость работ, но увеличивает стоимость мониторинга и контроля.

● Интернет вещей объединяет множество гаджетов для обмена данными.

Блокчейн делает передачу и хранение данных более безопасными.

Квантовые вычисления улучшают шифрование и ускоряют решение сложных задач.

● 3D-печать позволит каждому создавать свои уникальные товары в необходимом количестве.

● Искусственный интеллект, который сам обучается, сделает производство более продуктивным.

● Big Data и облачные технологии позволят собирать и анализировать огромные массивы данных из разных источников.

● И все это будет работать на чистой энергии из альтернативных источников.



КЛАСИФІКАЦІЯ ВДЕ

•Одним із пріоритетних напрямів розвитку енергетики в ХХІ ст. є **широке використання відновлювальних джерел енергії (ВДЕ)**, що мають величезні ресурси. Це дозволить знизити негативний вплив енергетики на довкілля, підвищити енергетичну та екологічну безпеку.

•До **традиційних джерел енергії** відносяться:

невідновлювальні, що включають вугілля, природний газ, нафту, уран;

відновлювальні, що включають гідроенергетику, деревину у вигляді дров та інше.

•Сучасна енергетика в основному базується на **невідновлюваних джерелах енергії**, які, маючи обмежені запаси, є вичерпаними і не можуть гарантувати стійкий розвиток світової енергетики на тривалу перспективу, а їх використання - один з головних чинників, що призводить до глобального погіршення стану навколишнього середовища та його кризового стану.



До **нетрадиційних** (альтернативних) відносяться ВДЕ, які використовують **потoki енергії Сонця, енергію вітру, теплоту Землі, біомасу, енергію морів і океанів, річок, існуючі постійно або періодично у довкіллі і в осяжній перспективі відповідно практично невичерпні**. Всі ВДЕ поділяються на дві групи, що використовують **прямую енергію сонячного випромінювання і її вторинні прояви** (непряма сонячна енергія), а також енергію взаємодії Сонця, Місяця і Землі. **Результатом непрямої діяльності Сонця є відповідні ефекти в атмосфері, гідросфері та геосфері у вигляді енергії вітру, гідроенергії, енергії течій, хвиль, приливної енергії, теплової енергії довкілля та ін.** (Рис.).

ОСНОВНІ ВИДИ ВДЕ

• За класифікацією ООН (1978 р), до *нетрадиційних і відновлювальних джерел енергії* відносяться наступні:

• 1) торф;

• 2) енергія біомаси, яку отримують з різних відходів: сільсько-господарських, лісового комплексу, комунально-побутових і промислових;

• 3) енергетичні плантації. До них відносяться сільськогосподарські культури, деревно-чагарникова і трав'яниста рослинність;

• 4) енергія вітру;

• 5) енергія сонця;

• 6) енергія водних потоків на суші, що використовується на міні- і мікро-ГЕС - гідроелектростанціях потужністю менше 1 МВт;

• 7) середньо і високопотенціальна геотермальна енергія (гідротермальні і парогідротермальні джерела);

• 8) енергія морів і океанів - припливи і відливи, течії, хвилі, температурний градієнт, градієнт солоності;

• 9) низькопотенціальна теплова енергія землі, повітря та води, промислових і побутових стоків.



Розвинені країни протягом багатьох років щорічно вкладають в розвиток альтернативних джерел енергії мільярди доларів. Існують державні програми підтримки розвитку відновлюваних джерел енергії. **У найближчі 10 років прогнозується щорічне зростання світових обсягів виробництва електроенергії з традиційних джерел на 2,8 %, а з альтернативних – на 9,2 %.**

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ВДЕ

Однією з найважливіших характеристик відновлюваних джерел енергії є їх **енергетичний потенціал** - показник, що визначає кількість енергії, властиву відповідному виду ВДЕ. Для оцінки енергетичних ресурсів ВДЕ, можливих для використання, розрізняють такі види енергетичного потенціалу:

теоретичний, що характеризує загальна кількість енергії;

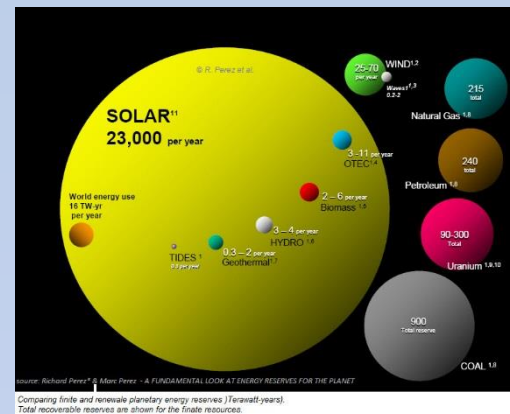
технічний - частина теоретичного потенціалу, яку принципово можна використовувати за допомогою сучасних пристроїв;

економічно ефективний - частина технічного потенціалу, яку в даний час доцільно використовувати, виходячи з економічних, соціальних, екологічних та інших факторів.

Орієнтовні показники енергетичних ресурсів ВДЕ в світі показані в табл.

Таблиця. Енергетичний потенціал ВДЕ

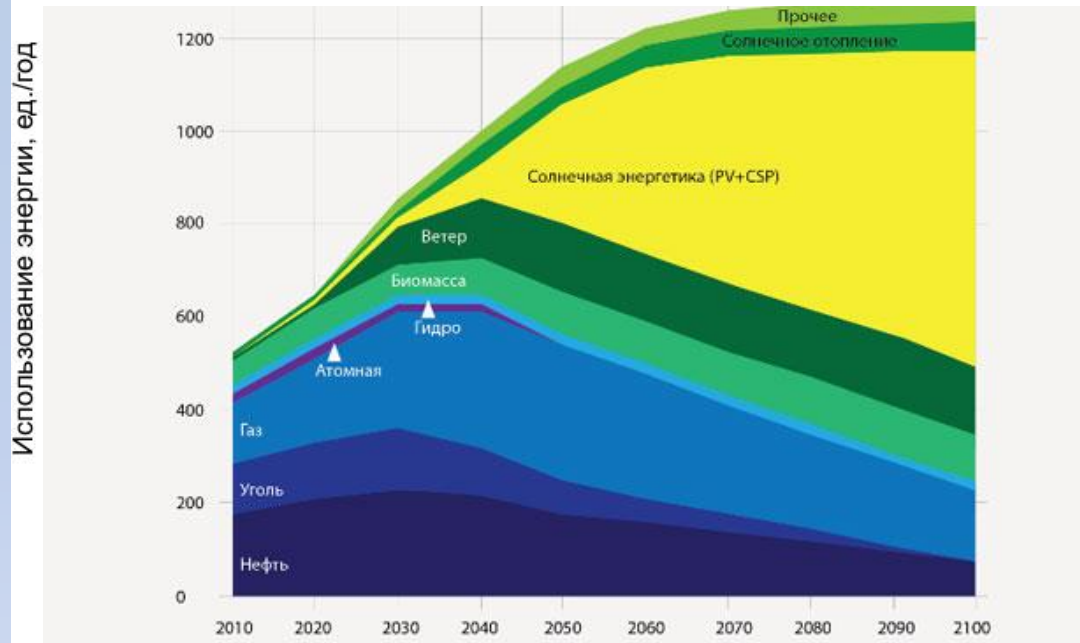
* Гідроенергоресурси водотоків дані для великої і малої гідроенергетики.



Відновлювані енергоресурси	Показники, млрд. т ум. пал./рік	
	Технічний	Економічний
Променева енергія Сонця	5	1
Теплова енергія морів і океанів	1	0,1
Енергія вітру	5	1
Гідроенергія, у тому числі:		
енергія водотоків*	4,5	2,6
енергія хвиль	0,05	0.01
енергія припливів	0,7	—
Енергія біомаси (за виключенням дров)	2,55	2,0
Геотермальна енергія	0,4	0,2

ТЕНДЕНЦІЇ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГІЇ

Прогноз енергетичного балансу в світі до 2100 року. 1 ЕДж = 278 млрд кВт·год, 100 ЕДж = річне споживання США



За останні 20-30 років темпи зростання сонячної енергетики становили в середньому приблизно 25%. Згідно із прогнозами в XXI столітті розвиток сонячної енергетики залишатиметься основним серед усіх альтернативних джерел. За оцінками до 2050 р. сонячна енергія може забезпечити 20-25% світового виробництва енергії, а **до кінця XXI століття сонячна енергетика повинна стати домінуючим джерелом енергії з часткою, що сягає 60%.**



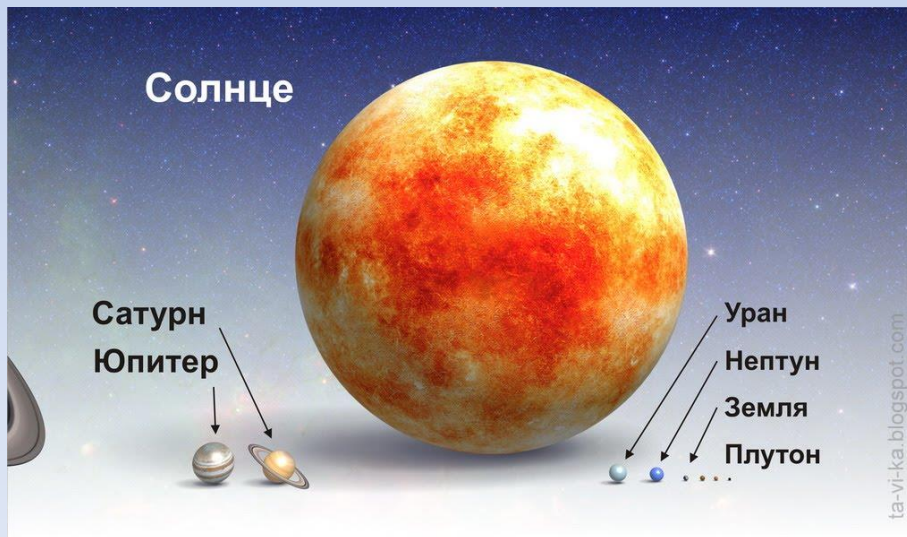
У 2015 р. частка відновлювальних джерел енергії у загальному балансі ЕС досягла 16,7%. Плани до 2025 р. довести її до 25%, до 2030 р. до 27%.

<https://yearbook.enerdata.ru/renewables/renewable-in-electricity-production-share.html>

Структура світового енергоспоживання 2020 р.

ПОТЕНЦІАЛ СОНЯЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

• Джерело сонячного випромінювання - Сонце, має приблизний радіус 695 300 км і масу близько $2 \cdot 10^{30}$ кг. Температура поверхні Сонця - 5900 °С, усередині Сонця - близько 40 млн. °С *Сонце випромінює в кожен момент часу в космос близько $4 \cdot 10^{23}$ кВт, з яких на Землю припадає близько $0,25 \cdot 10^9$ всього обсягу випромінювання Сонця. Потужність сонячної радіації на поверхні Землі становить $1,75 \cdot 10^{17}$ Вт, що еквівалентно $5,4 \cdot 10^{24}$ Дж енергії на рік. **Це в 10 разів перевищує загально-світові запаси органічного палива, які оцінюються в $6,9 \cdot 10^{23}$ Дж, або в 1000 разів перевищує прогнозоване до кінця сторіччя загальносвітове енергоспоживання, що дорівнює $15,3 \cdot 10^{20}$ Дж.** Якщо прийняти, що потужність всіх видів енергоустановок на Землі складає сьогодні близько 13 ТВт або $13 \cdot 10^{12}$ Вт, то **потужність СВ перевищує сучасні потреби людства в сотні тисяч разів.** Отже, використання навіть 0,1% сумарного енергетичного потенціалу сонячної радіації дозволить цілком задовольнити енергетичні потреби людства до кінця ХХІ століття. Потенціал сонячної енергії, що надходить на Землю в 5000 разів більше потенціалу вітрової енергії, і в 1500 разів більше потенціалу гідроенергії. При цьому, вважається, що **без шкоди для екології навколишнього середовища може бути використано 1,5% всієї падаючої на Землю сонячної енергії.***



СПЕКТР СВ

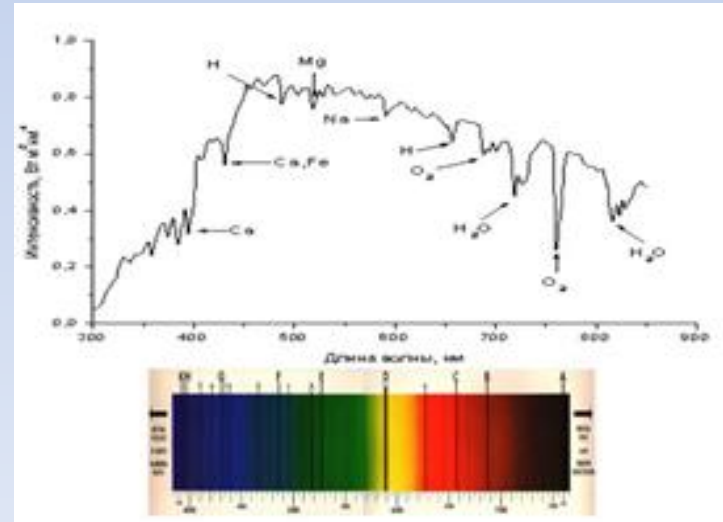
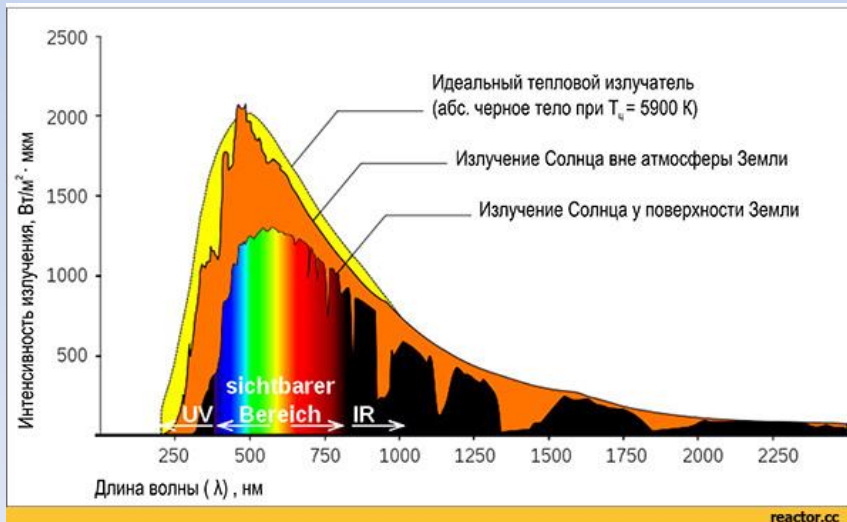
• **Сонячний спектр** - розподіл енергії електромагнітного випромінювання Сонця за довжиною хвиль.

• На рис. 1. представлений спектр СВ за межами атмосфери (в космосі), що припадає на 1 м² приймального майданчика, перпендикулярного випромінюванню. Там же представлений теоретичний розподіл **випромінювання чорного тіла при температурі 5900 K**, який майже повністю відповідає спектральному розподілу СВ - $\epsilon_\lambda(\lambda)$. Площа всієї фігури під графіком $\epsilon_\lambda(\lambda)$ називається **сонячною сталою** ϵ_0 (Вт/м²) і визначається за формулою
$$\epsilon_0 = \int_0^\infty \epsilon_\lambda(\lambda) d\lambda$$

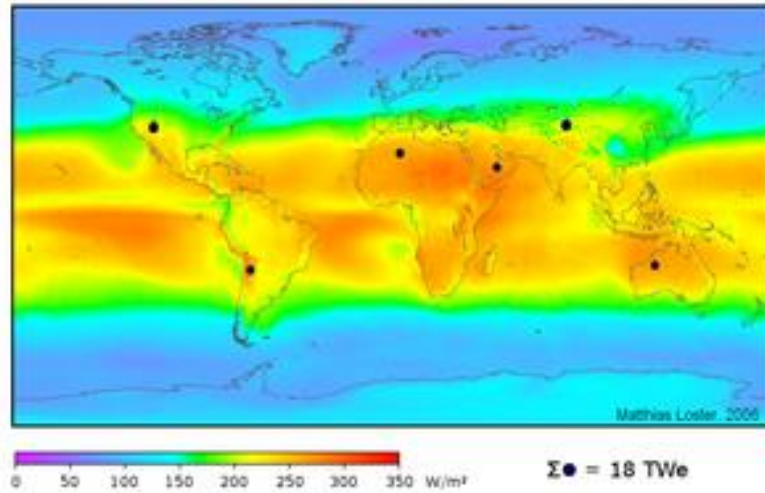
• **Сонячна стала** - сумарний потік сонячного випромінювання, що проходить за одиницю часу через одиничну площадку, орієнтовану перпендикулярно потоку, на відстані однієї астрономічної одиниці від Сонця поза земної атмосфери.

• **За міжнародною угодою 1981 р. в якості ϵ_0 в розрахунках рекомендується приймати $\epsilon_0 = 1370$ Вт/м².** (Часто використовують величину $\epsilon_0 = 1353$ Вт/м²).

• З рис. видно, що майже вся енергія, що випромінюється Сонцем, припадає на вузький діапазон довжин хвиль у видимій та ближній ІЧ-області (у діапазон 0,24-4 мкм попадає 98% енергії випромінювання). Поглинання сонячної радіації атмосферою обумовлено в основному присутністю в ній **водню, озону, кисню і водяної пари**. Озон майже повністю поглинає випромінювання в ультрафіолетовій частині спектра до 0,29 мкм, Са - поглинає до 0,35 мкм і не поглинає в іншій частині спектру, На - поблизу 0,6 мкм. Водяна пара і СО₂ викликають появу досить широких полос поглинання в ближній ІЧ-області. **В цілому в атмосфері поглинається 15 - 20% радіації, що надходить від Сонця до Землі.**

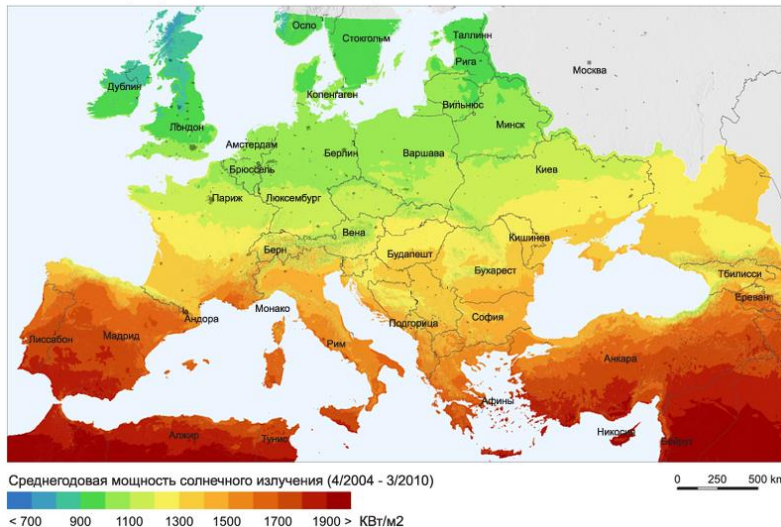


РОЗПОДІЛ СЕ ЗА ПОВЕРХНЕЮ ЗЕМЛІ



Глобальная карта распределения солнечной радиации

ЕВРОПА



- *Потік сонячної енергії, що падає на встановлений під оптимальним кутом фотоелемент, залежить від широти місцевості, сезону, клімату і може відрізнятися в два рази для заселеної частини суші* (до трьох з урахуванням пустелі Сахари). Атмосферні явища (хмари, туман, пи́л і ін.) не тільки змінюють спектр та інтенсивність падаючого на поверхню Землі СВ, але і змінюють співвідношення між прямим і розсіяним випромінюванням, що значно впливає на ККД деяких типів сонячних електростанцій, наприклад, з концентраторами або на елементах широкого спектра перетворення.
- *Найбільшу дозу сонячної радіації щорічно отримує:*

північно-східна Африка, деякі центральні і південно-західні області континенту;
східне узбережжя Африки;
Аравійський півострів;
південні субекваторіальні ділянки Атлантичного і Тихого океанів;
північний захід Австралії, деякі острови Індонезії;
західне узбережжя Південної Америки.

ОСОБЛИВОСТІ ГЕЛІОЕНЕРГЕТИКИ

Сонячна енергетика або геліоенергетика (від геліос - сонце) - галузь енергетики, що вивчає і застосовує методи експлуатації енергії сонячного проміння для промислових і побутових потреб.

Геліоенергетика - це галузь науки і техніки, що розробляє наукові основи, методи і технічні засоби використання енергії сонячного випромінювання на Землі і в космосі для отримання електричної, теплової або інших видів енергії.

Сонячна енергія досить універсальна з точки зору можливостей її використання людиною для своїх потреб. Вона може бути відносно легко перетворена в теплову, механічну і електричну енергію, а також використана в хімічних і біологічних процесах. *Сонячні енергетичні установки (СЕУ)* працюють в системах опалення та охолодження житлових, громадських та промислових будівель, в технологічних процесах, що протікають при будь-яких температурах (від дуже низьких до ультрависоких). Технологічні процеси перетворення і використання сонячної енергії за своєю технологічною складністю також можуть бути дуже різними. А самі СЕУ можуть бути за своїми габаритами дуже різноманітними: від мікромініатюрних джерел живлення мікрокалькуляторів і ручних годинників до величезних технічних конструкцій в баштових систем висотою 100 м і вагою в сотні тон.

• СЕУ класифікують за видом енергії в яку перетворюється сонячна (в теплову, механічну, хімічну або електричну енергію).

• При використанні СЕУ в електроенергетиці та теплоенергетиці вони можуть ділитися на три категорії, за тим де вони використовуються:

СЕУ, призначені для роботи у великій ОЕС або просто ЕС;

СЕУ, що працюють у локальних мережах;

СЕУ, призначені для енергозабезпечення автономного споживача з різною категорією за надійністю енергопостачання.

• В залежності від цього суттєво змінюються вимоги до інформаційного забезпечення геліоенергетичних розрахунків та до самої системи енергопостачання, що включає в себе СЕУ або СЕС. Крім того, в залежності від категорії використання СЕУ можуть з'явитися додаткові вимоги про обов'язкове поєднання СЕУ з системою акумуляції енергії. Наприклад, це стосується роботи СЕУ для автономного споживача, в тому числі і підвищеної категорії надійності, що вимагає наявності не тільки добового, а й, іноді, більш тривалого циклу акумуляції енергії. У системних ж великих СЕС подібні вимоги зазвичай відсутні, якщо при цьому не з'являється необхідність підтримання в робочому стані господарства СЕ в періоди відсутності сонячного випромінювання та зв'язку з енергосистемою. Тут, крім звичайних систем акумуляції енергії можуть бути використані і традиційні енергоустановки на органічному паливі.

КЛАСИФІКАЦІЯ СЕУ

За місцем розміщення: наземні та космічні.

Системи захисту СЕУ у них будуть принципово різні:

в космосі потрібен захист від жорсткого космічного випромінювання, що руйнує фотоелементи; на Землі

потрібне охолодження СЕУ, захист від пилу і вандалізму

в тому числі. *Для космічних СЕУ*, що працюють в безповітряному

просторі при невагомості проблема міцності та металоємності

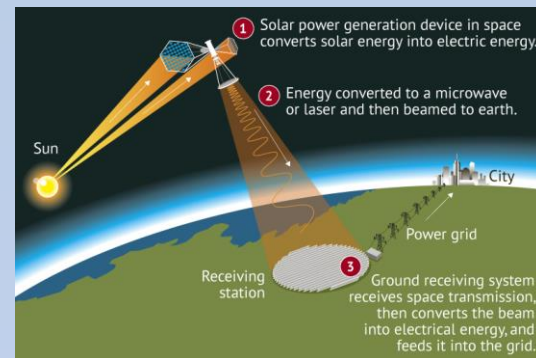
конструкції СЕУ стає менш значущою порівняно з ваговими показниками наземних СЕУ. Найбільш проблематична тут *задача передачі накопиченої енергії на Землю без нанесення помітної шкоди людині і навколишньому середовищу в цілому*. Зокрема, вимога мінімального впливу на дуже крихкий, але дуже важливий для людства в цілому, озоновий захисний шар Землі. *Для наземних СЕУ* характерні, очевидно, принципово інші технічні проблеми. Наприклад, *врахування добової і сезонної циклічності сонячного випромінювання*, що можна практично повністю виключити в космічних СЕУ, виведених на спеціальні геоцентричні орбіти. Врахування циклічності, а також помітного випадкового характеру процесу сонячного випромінювання на поверхні Землі може вимагати обов'язкового поєднання СЕУ з СЕ системою акумуляції енергії залежно від категорії використання СЕУ.

За стаціонарністю: переносні, пересувні та стаціонарні СЕУ.

Вони відрізняються одна від одної як за масо-габаритними характеристиками, так і за складністю конструктивного виконання, характеристиками надійності.

За видом орієнтації на сонце: із постійною (незмінною) орієнтацією на поверхні землі і з системою стеження за Сонцем (трекерні системи) з метою максимізації ефективності.

До постійно-орієнтованих на Сонце СЕУ відносяться, як правило, енергоустановки побутового призначення, розміщені на дахах будівель, на землі на спеціальних стаціонарних конструкціях-каркасах для розміщення СЕУ з орієнтацією на південь під постійним кутом до горизонту. У ряді випадків для невеликих простих СЕУ можлива зміна кута нахилу до горизонту в кожному місяці року, що досить просто може бути реалізовано конструктивно.



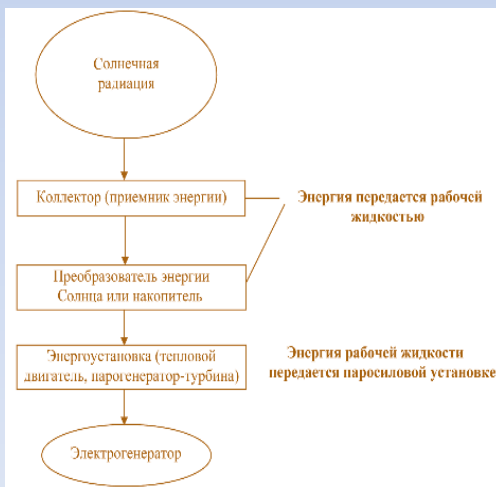
СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА

• Сонячна енергія може бути перетворена в електричну двома основними шляхами: **термодинамічним і фотоелектричним**.

• **При термодинамічному методі** електричну енергію за рахунок використання сонячної енергії можна отримувати з використанням традиційних схем теплових електроустановок, в яких теплота від згоряння палива замінюється потоком концентрованого сонячного випромінювання. Принципова схема отримання електричної енергії в сонячній теплоелектростанції представлена на рис.

• Існують сонячні теплоелектростанції трьох типів:

- **баштового типу** з центральним приймачем-парогенератором, на поверхні якого концентрується сонячне випромінювання від плоских дзеркал-геліостатів;
- **параболічного (лоткового) типу**, де у фокусі параболо-циліндричних концентраторів розміщуються вакуумні приймальні труби з теплоносієм;
- **тарілкового типу**, коли у фокусі параболічного тарілкового дзеркала розміщується приймач сонячної енергії з робочою рідиною.



Принципова блок-схема сонячної теплоелектростанції



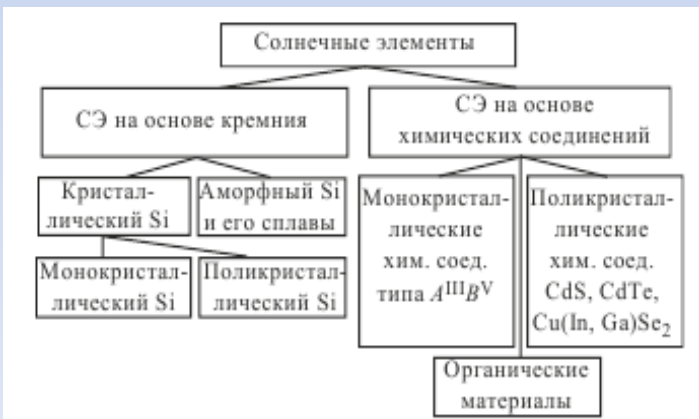
Способи перетворення сонячної енергії

КЛАСИФІКАЦІЯ СЕ

•**Сонячні елементи (СЕ)** - це електронні прилади, що здійснюють пряме перетворення сонячного світла в електричну енергію. Кілька фотоперетворювачів, з'єднаних в певній послідовності на одній підкладці, утворюють так званий **сонячний модуль** (СМ) або сонячну батарею. СЕ можна класифікувати за інтенсивністю збирання світла, за хімічним складом, товщиною і кристалічною структурою шарів, кількістю суміщених на одній підкладці елементів тощо.

•За інтенсивністю збирання світла СЕ поділяються на **одиначні і концентраторні**. **Одиначні СЕ не мають спеціальних пристроїв для збирання світла і поглинають тільки ту кількість світлового потоку, яка падає на площу поверхні, що вони займають. Концентраторні СЕ мають спеціальні світлові пристрої (лінзи або дзеркала), які дозволяють збільшувати густину світлового потоку на поверхню елементів в кілька разів.** Як правило, концентраторні елементи виготовляються з дорогих світлопоглинаючих матеріалів з найкращими показниками фотовольтаїчного перетворення світла. У позначенні таких СЕ обов'язково **вказується коефіцієнт збирання світла, вимірюваний в сонцях (suns). Коефіцієнт збирання показує, у скільки разів збільшиться густина потоку падаючого на СЕ випромінювання після його збирання оптичними системами.**

•За кристалічним складом поглинаючого матеріалу СЕ розділяються на **монокристалічні, мультикристалічні, полікристалічні, мікрокристалічні, нанокристалічні**. Монокристалічні СЕ являють собою елементи з поглиначем у вигляді цілісного кристала напівпровідникової речовини. Мульти-, полі-, мікро- і нанокристалічні СЕ мають в якості поглинаючої речовини суміш напівпровідникових кристалітів з різною орієнтацією, структурою і формою, розмір яких і визначає тип елемента: **при розмірах кристалітів від 1 до 100 мкм речовину називають мультикристалічною, від 1 до 1000 мкм - полікристалічною, менш 1 мкм - мікрокристалічною, менш 1 нм - нанокристалічною.**



В залежності від товщини світопоглинаючого матеріалу СЕ підрозділяються на **тонкоплівкові і товстоплівкові**. **Тонкоплівкові СЕ мають товщину в декілька мкм, товстоплівкові - в десятки або сотні мкм.** Залежно від складу поглинаючого матеріалу СЕ поділяються на кремнієві, на основі сполук A^3B^5 , A^2B^6 (в основному CdTe), $A^1B^3C^6_2$ (халькоперитні) та змішані. Як правило, для зручності конструкції і підвищення ККД СЕ прагнуть домогтися поглинання світла в одному з його шарів. Цей шар називають **поглинаючим**. **Другий напівпровідник служить лише для створення потенціального бар'єру і збирання генерованих світлом носіїв заряду (гетероперехідні СЕ).**

РІЗНОВИДИ СЕ

**Плоскі
панелі**

Моно-, полі- та
 α -кремній

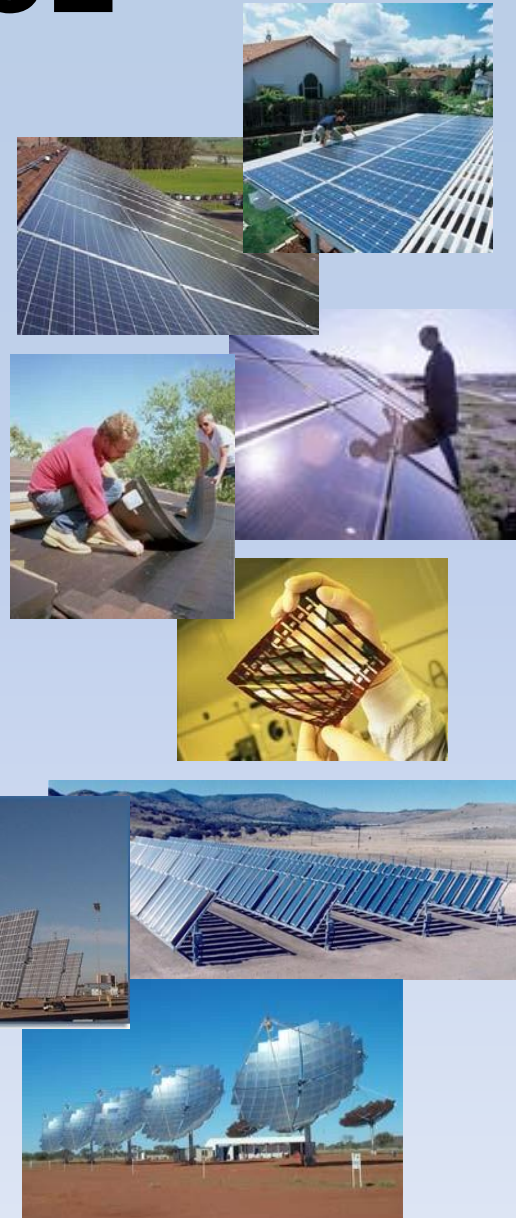
Тонкі
плівки

Нові технології

**СЕ з концентра-
торами**

Одноперехідні

Багатоперехідні



ФОТОПЕРЕТВОРЮВАЧІ

Перетворення енергії у фотоелектричних перетворювачах (ФЕП) засноване на *фотовольтаїчному ефекті, який виникає в неоднорідних напівпровідникових структурах при дії на них сонячного випромінювання.*

Неоднорідність структури ФЕП може бути отримана шляхом легуванням одного і того ж напівпровідника різними домішками (*створення р–п - переходів*) або шляхом з'єднання різних напівпровідників з неоднаковою шириною забороненої зони (*створення гетеропереходів*).

Використовуються також *МДП структури.*

ФОТОПЕРЕТВОРЮВАЧІ

• **ФЕП** дозволяють проводити пряме перетворення сонячного світла в електроенергію. При характерній для ФЕП рівноважній температурі 300-350 К і температурі сонця $T \sim 6000$ К **їх граничний теоретичний ККД > 90%**. Це означає, що, в результаті оптимізації структури і параметрів перетворювача, спрямованої на зниження необоротних втрат енергії, цілком реально підняти практичний ККД до 50% і більше (в лабораторіях вже досягнуто ККД 38,8%, 5 перехідних СЕ).



Переваги

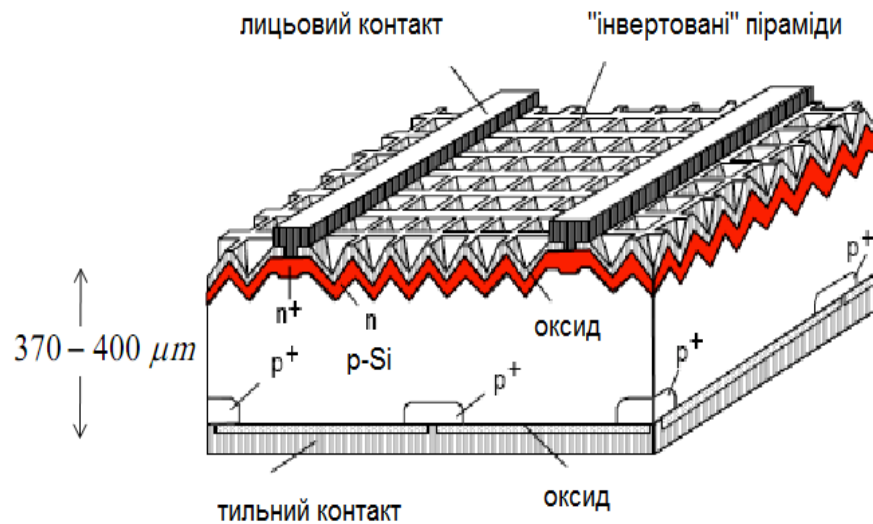
- *Модульний принцип побудови*
- *Відсутність рухливих частин*
- *Відсутність шуму і забруднення*
- *Надійність; низькі експлуатаційні витрати*
- *Використовують розповсюджений природний ресурс*

ВИГОТОВЛЕННЯ ФЕП НА ОСНОВІ Si

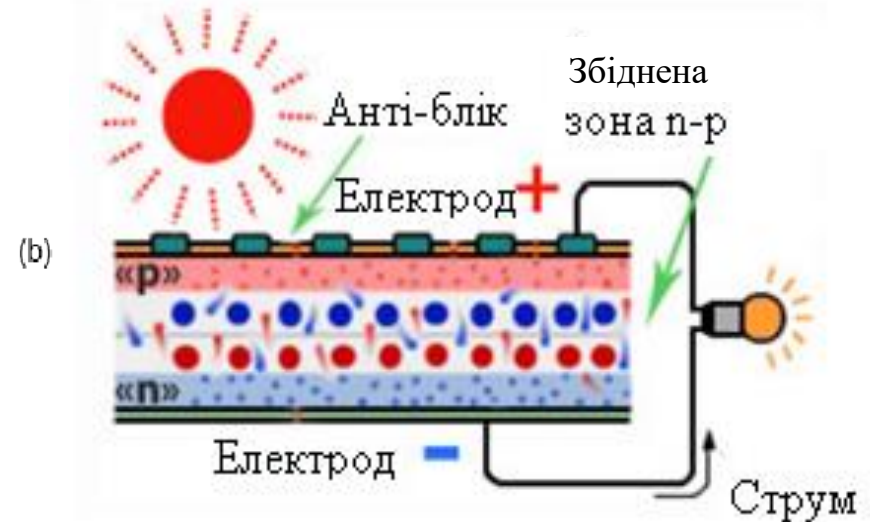


КОНСТРУКЦІЯ СЕ

Принцип роботи СЕ можна пояснити на прикладі перетворювачів з p - n -переходом, які широко застосовуються у сучасній геліоенергетиці.



а

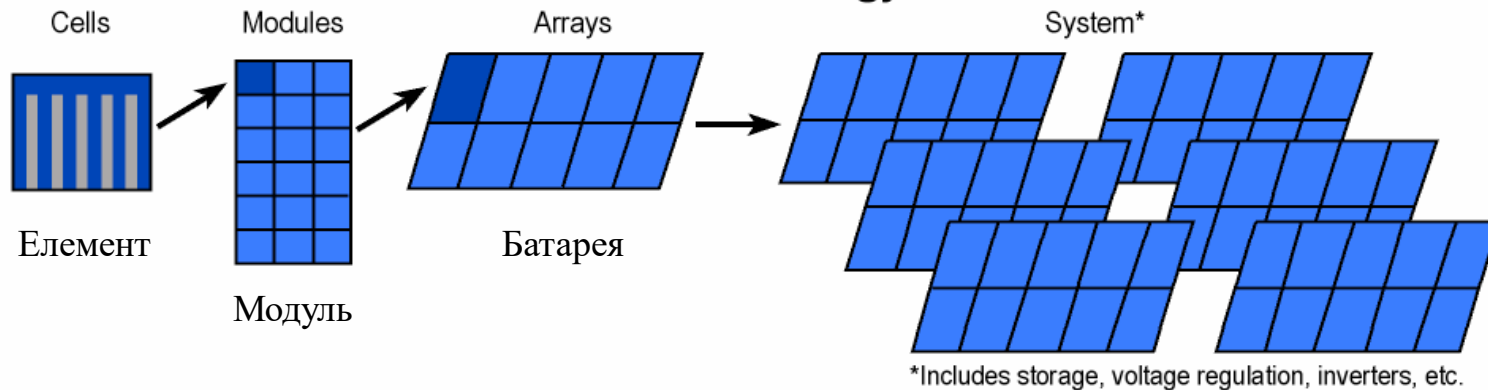


б

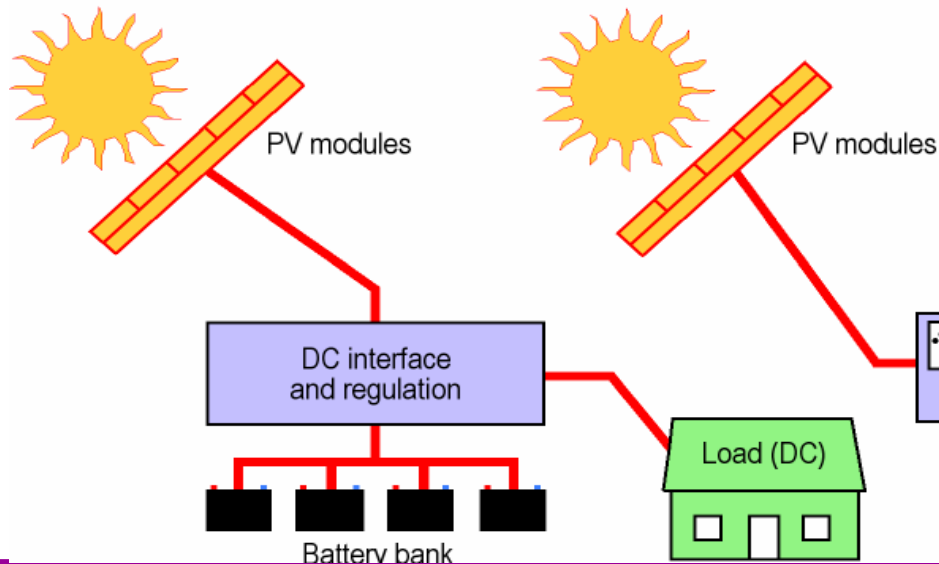
Конструкція (а) та принцип дії (б) фотоперетворювача

ОРГАНІЗАЦІЯ СОНЯЧНИХ УСТАНОВОК

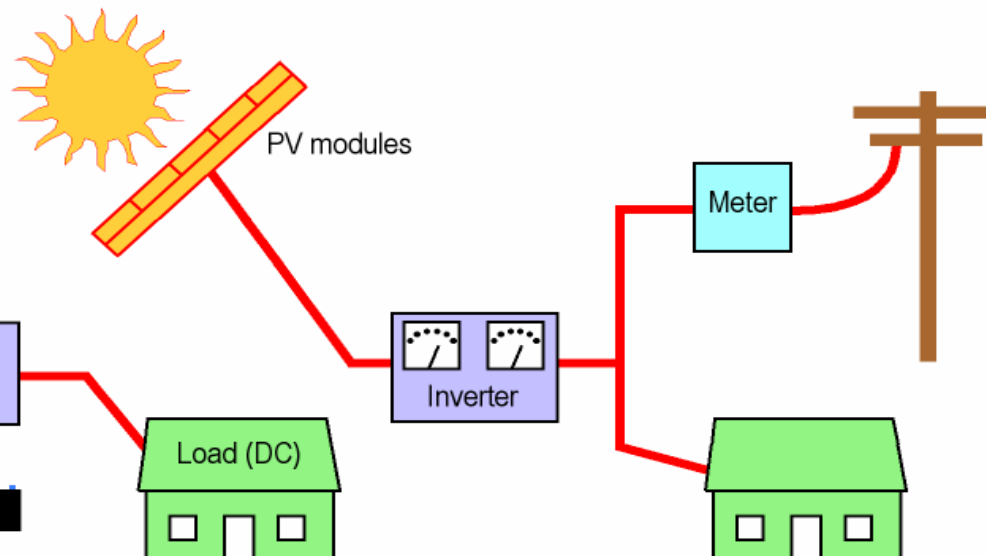
PV Terminology



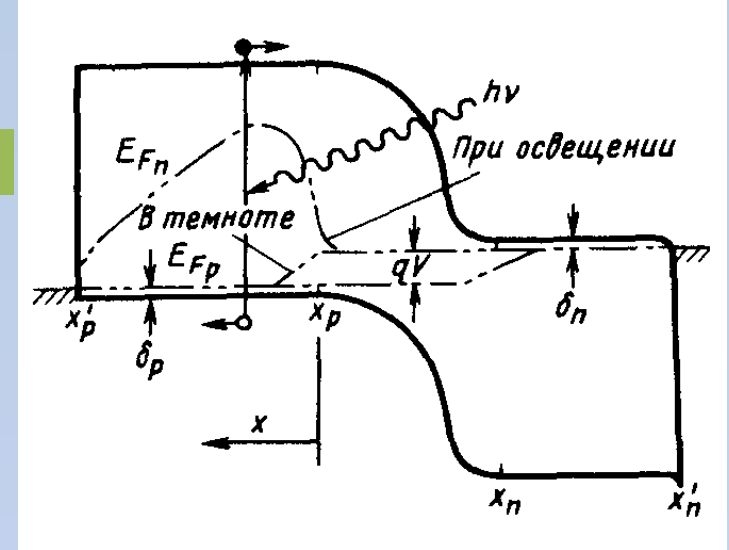
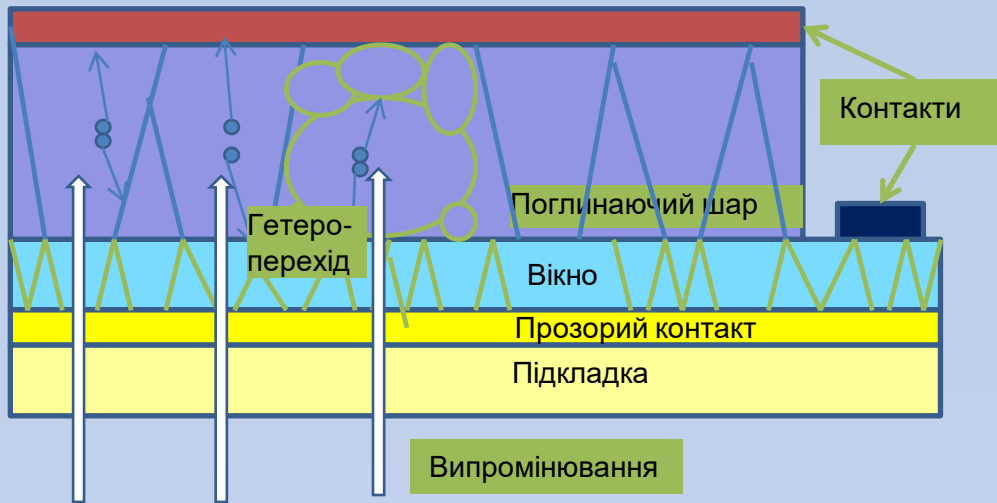
Simple DC System



Line Tie or Utility Interface



ПРОЦЕСИ У ФОТОПЕРЕТВОРЮВАЧАХ



При роботі СЕ приладів відбуваються наступні процеси:

1. Генерація електронно-діркових пар під дією випромінювання;
2. Дифузія неосновних фотогенерованих носіїв до р-п, гетеро- або переходу напівпровідник-метал;
3. Розділення носіїв переходом;
4. Збирання носіїв омичними контактами.

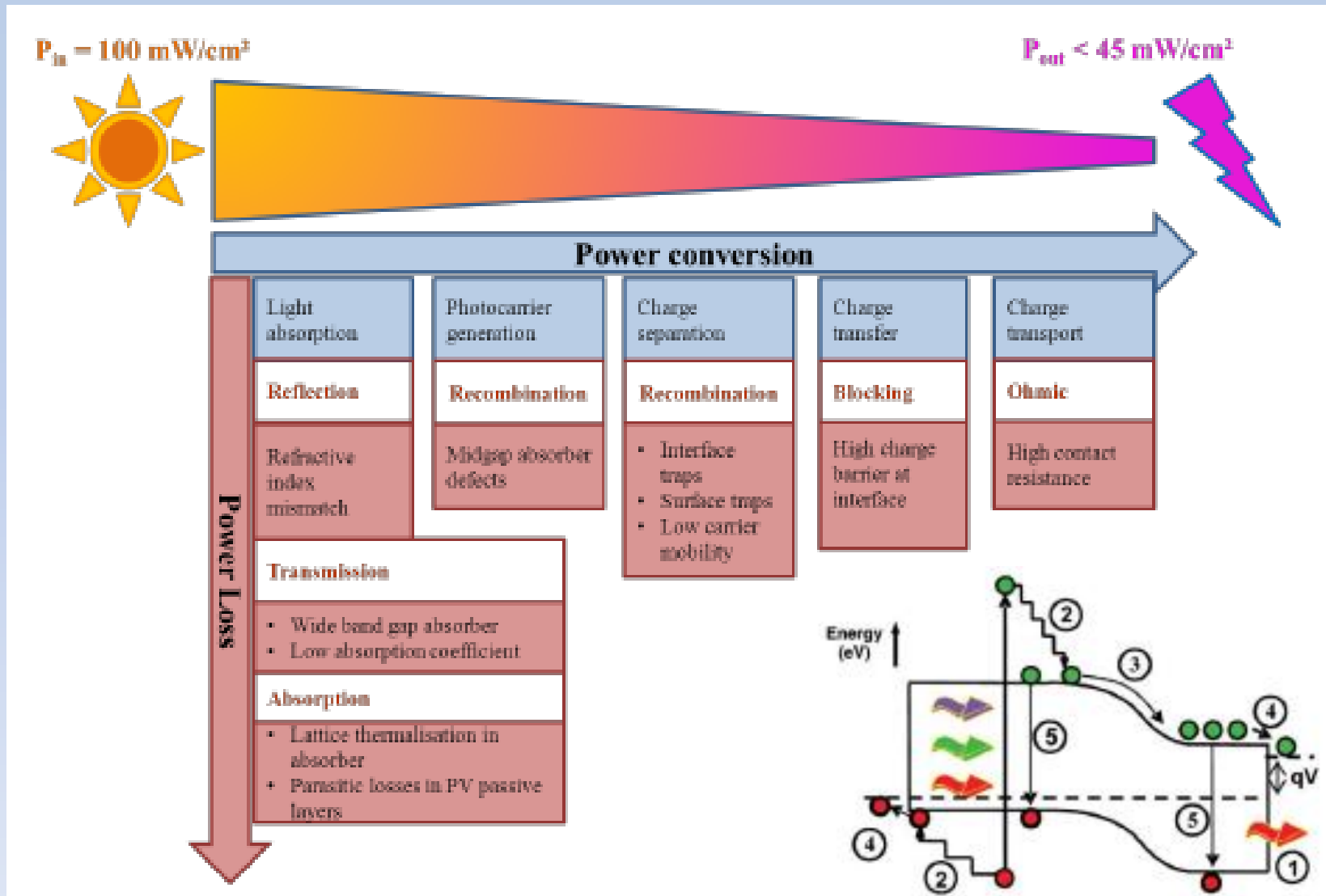
Процеси рекомбінації характеризуються часом життя неосновних носіїв заряду $\tau = (\nu S_r N_t)^{-1}$
 τ - час життя неосновних носіїв заряду; ν - їх теплова швидкість; S_r - переріз захвату носіїв рекомбінаційними центрами.

Дифузійна довжина неосновних носіїв заряду пов'язана з їх часом життя де k – стала Больцмана; μ - рухливість носіїв заряду; e – заряд електрона.

$$L_{dif}^2 = k\mu\tau / e$$

$$1/\tau = 1/\tau_{прот} + 1/\tau_{точк}$$

ВТРАТИ ЕНЕРГІЇ У СЕ



ОБМЕЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СЕ

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{I_{SC} V_{oc} FF}{P_{in}}$$

1) Коефіцієнт заповнення ВАХ (fill factor - FF).

Визначається характеристиками діоду і його послідовним опором.

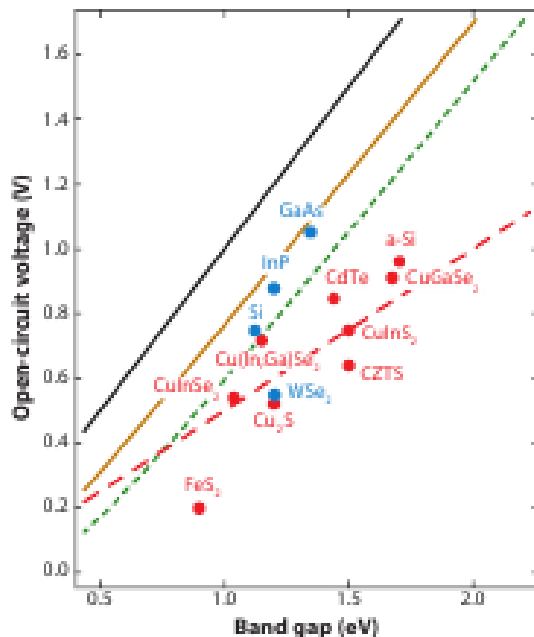
2) Струм короткого замикання (I_{sc}).

Зростає при зменшенні ширини забороненої зони матеріалу. Для заданої ширини забороненої зони, визначається відбиттям, абсорбцією світла, рекомбінацією носіїв заряду.

3) Напруга холостого ходу (V_{oc}).

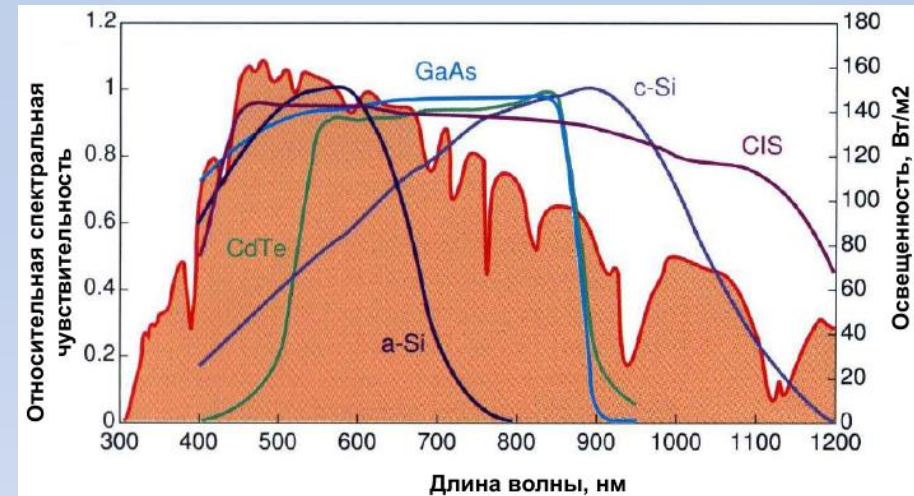
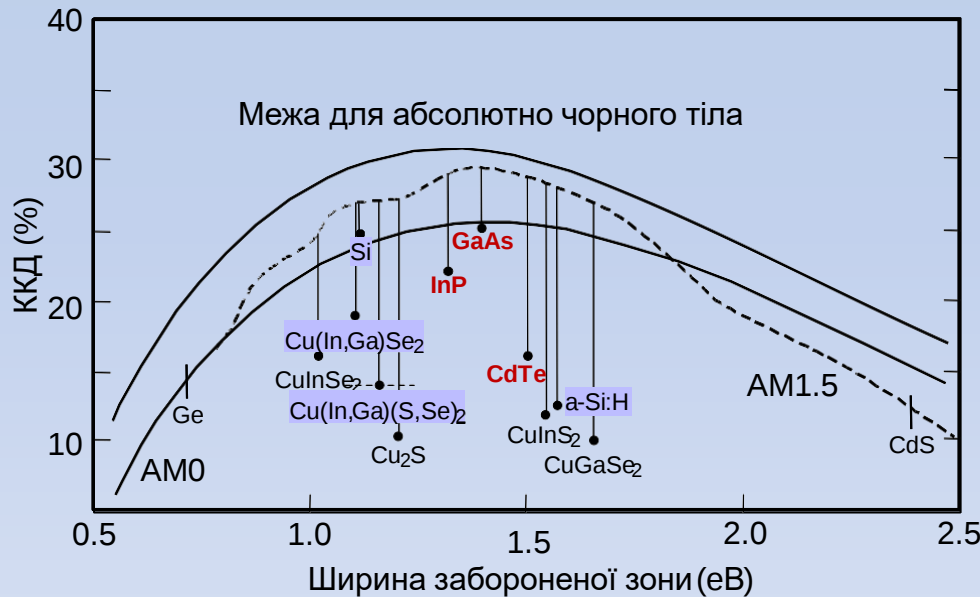
Зростає при зростанні ширини забороненої зони.

Для заданої ширини забороненої зони матеріалу, визначається рекомбінацією носіїв заряду.



МАКСИМАЛЬНИЙ ККД СЕ

*ККД СЕ визначається шириною забороненої зони поглинального матеріалу.
Оптимальною є ширина забороненої зони $E_g \sim (1,3-1,5) \text{ eV}$ ($T = 25^\circ \text{C}$).*

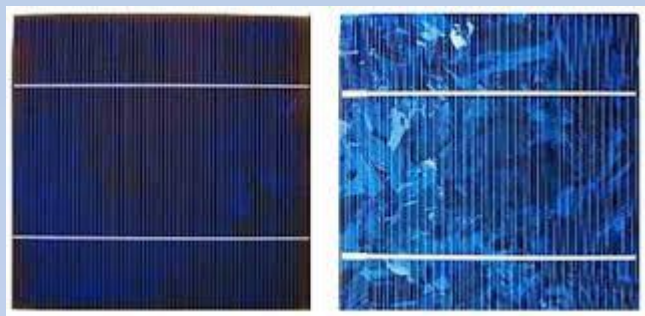


Залежність максимального коефіцієнта корисної дії СЕ від ширини забороненої зони матеріалу: CIS – CuInSe_2 , CIGS – Cu(In,Ga)Se_2 , CIGSS – Cu(In,Ga)(S,Se)_2 . Умова освітлення AM1,5; $T = 25^\circ \text{C}$

Відносна спектральна чутливість ФЕП з поглинаючим шаром з різних напівпровідників

ПЕРЕХІД ВІД НЕПРЯМОЗОННИХ ДО ПРЯМОЗОННИХ НАПІВПРОВІДНИКІВ

Непрямозонні н/п



Кремній (Si)

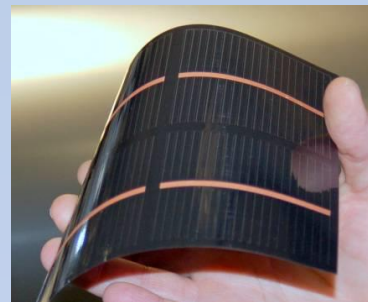
с-Si $d = 180-300$ мкм



Моно - Si

Полі - Si

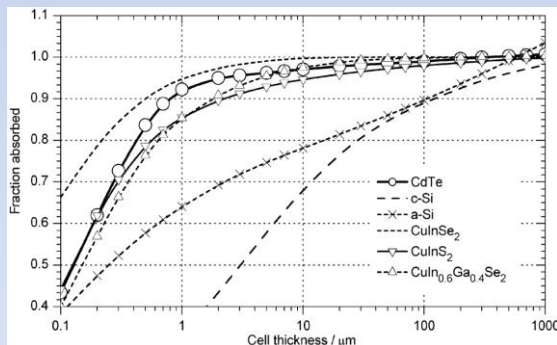
Прямозонні н/п



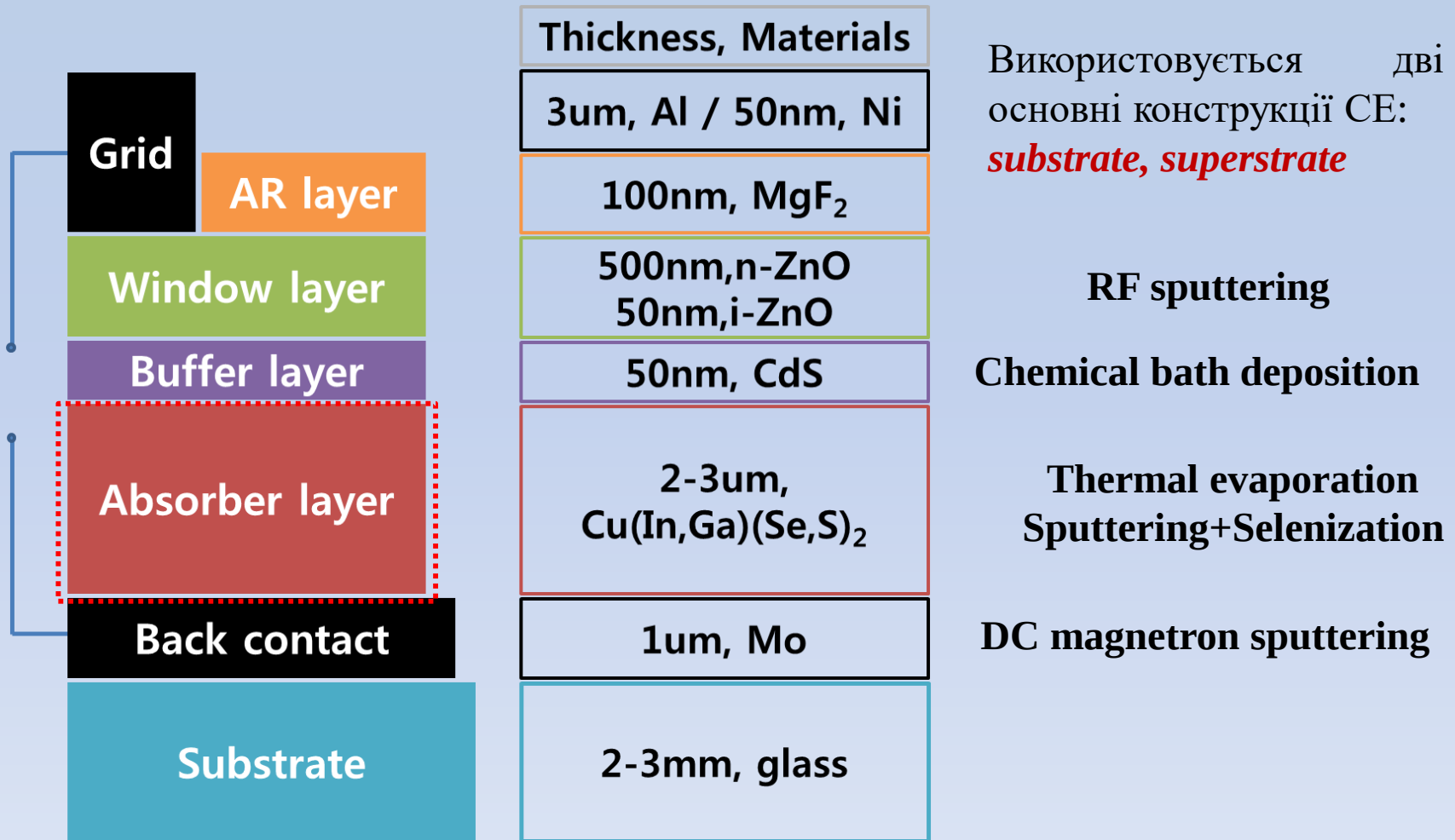
Тонкі плівки

CdTe $d \sim 1-2$ мкм
Cu(In,Ga)(S,Se)₂ $d \sim 1-2$ мкм

Сьогодні, ефективність ФЕП на основі обох матеріалів перевищує 20%



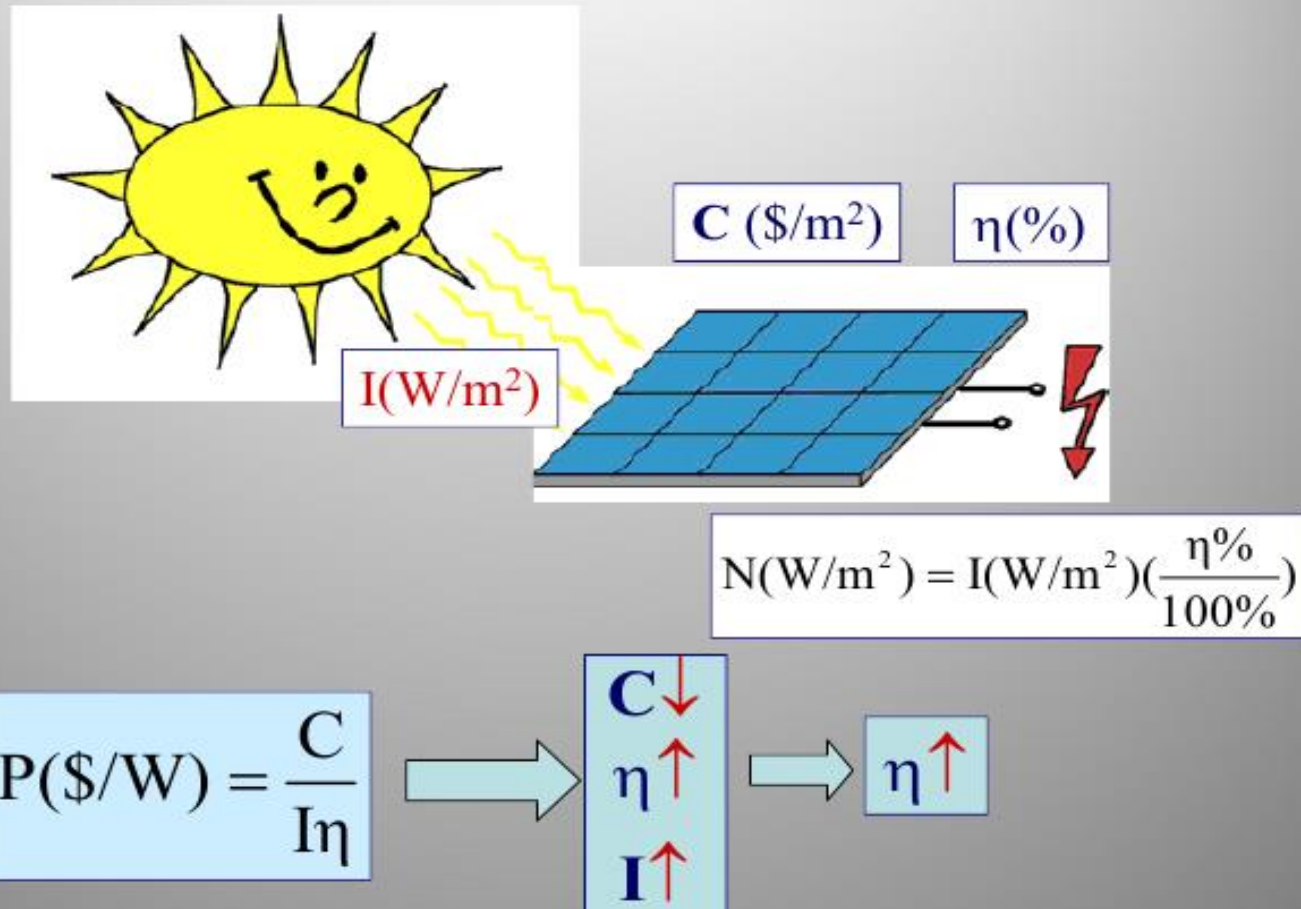
ТИПОВА КОНСТРУКЦІЯ СЕ НА ОСНОВІ ГП (CdS/CIGS)



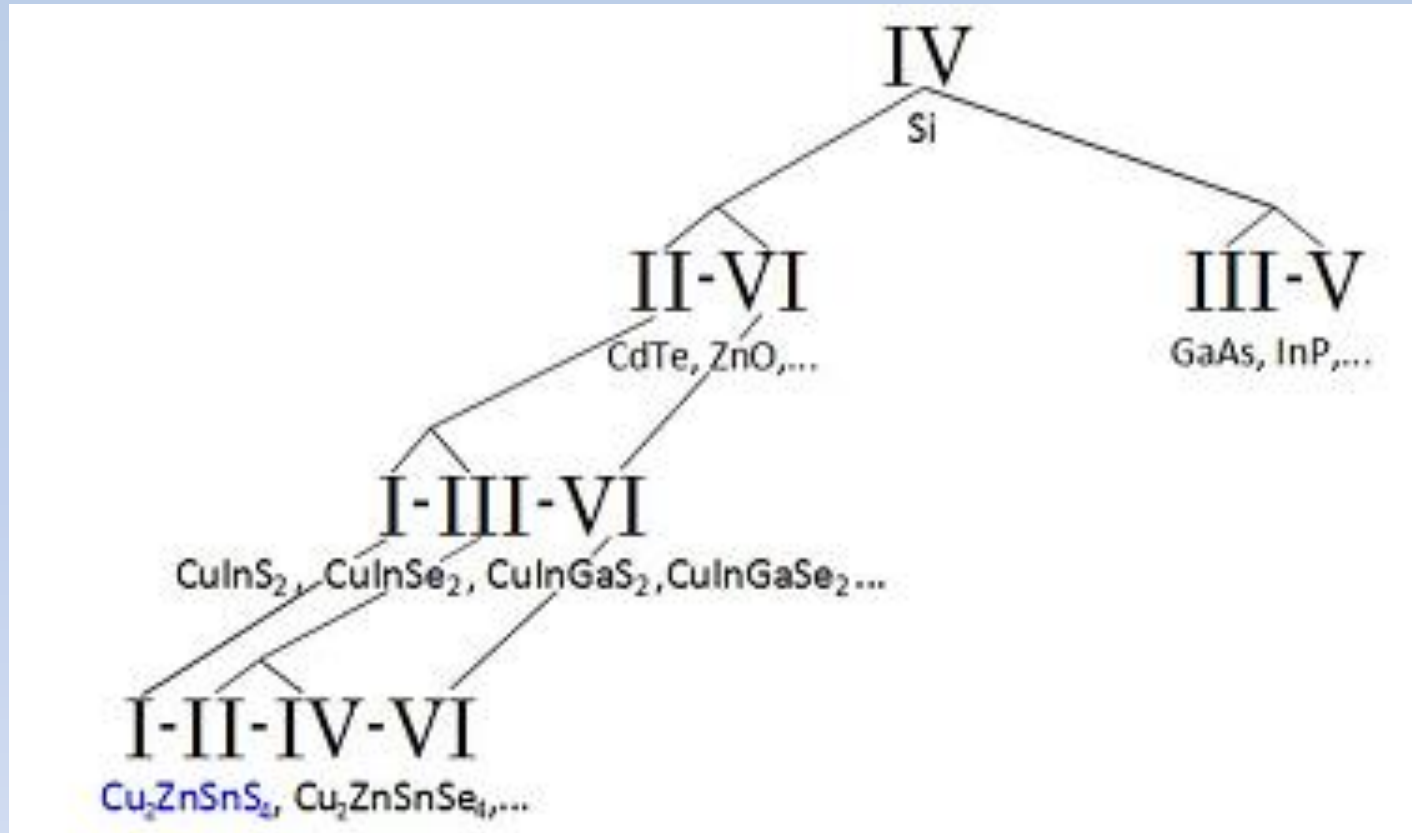
Конструкція substrate

ВАРТІСТЬ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Вартість отримання 1 Вт сонячної енергії



СПОЛУКИ ДЛЯ ПОГЛИНАЛЬНИХ ШАРІВ СЕ



A_3B_5 , A_2B_6 , A_4B_6 , халькопирітні сполуки CIS, CIGS, CIGSS – $(CuInSe_2, CuIn_{1-x}Ga_xSe_2, Cu(In,Ga)(S,Se)_2)$ та чотирикомпонентні сполуки CZTS(Se) (Cu_2ZnSnS_4 та $Cu_2ZnSnSe_4$)

ПОКОЛІННЯ ФЕП

В наш час прийнято виділяти **три покоління ФЕП**:

Кристалічні (перше покоління):

- монокристалічні кремнієві;
- полікристалічні (мультикристалічні) кремнієві;
- технології вирощування тонкостінних заготовок:
- EFG (Edge defined film-fed crystal growth technique), S-web (Siemens), тонкошаровий полікремній (Apex).

Тонкоплівкові (друге покоління):

- кремнієві: аморфні, мікрокристалічні, нанокристалічні, CSG (crystalline silicon on glass);
- на основі телуриду кадмію (CdTe);
- на основі селеніду міді-індію-галію (CIGS);

ФЕП третього покоління:

- неорганічні ФЕП на основі нових матеріалів (CZTSSe ($\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4(\text{Se}_4)$), **перовскіти** (CaTiO_3 , $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbX}_3$, де CH_3NH_3 - іон метіламонію, Pb - свинець, а X - іон з числа галогенів (може бути як I, Br, так і Cl);
- ФЕП на основі каскадних структур;
- фотосенсибілізовані барвники (dye-sensitized solar cell, DSC);
- органічні (полімерні) ФЕП (OPV);
- нові принципи перетворення сонячної енергії



1-е покоління
Кремниевые пластины

- толщина > 250 мкм
- ограничение по площади из-за использования пластин
- сложное интеграция в модуль
- негибкие

ДОРОГИЕ
Si, GaAs пластины



2-е покоління
Тонкие пленки на стекле

- толщина < 3 мкм
- возможность осаждения на большие площади
- монолитная интеграция в модуль
- негибкие

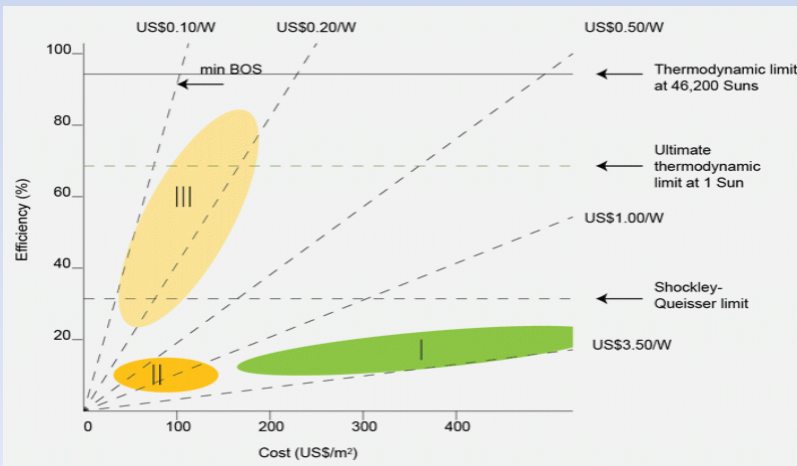
ПОТЕНЦИАЛЬНО НЕДОРОГИЕ
a-Si, CdTe, CIGS



3-е покоління
Тонкие пленки на гибких подложках

- толщина < 3 мкм
- возможность осаждения на большие площади
- легкая интеграция в модуль
- гибкие

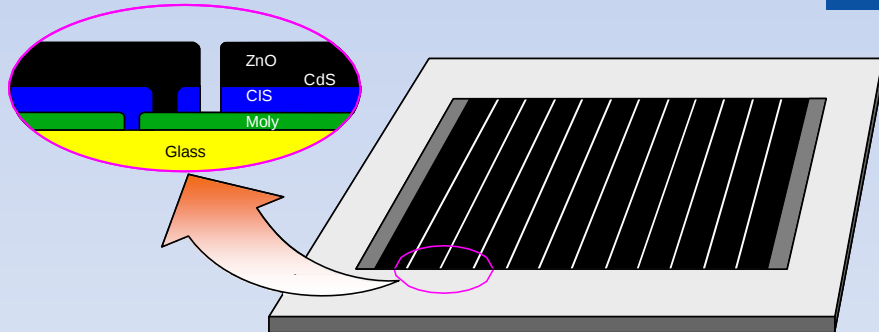
ПОТЕНЦИАЛЬНО НЕДОРОГИЕ
a-Si, CdTe, CIGS



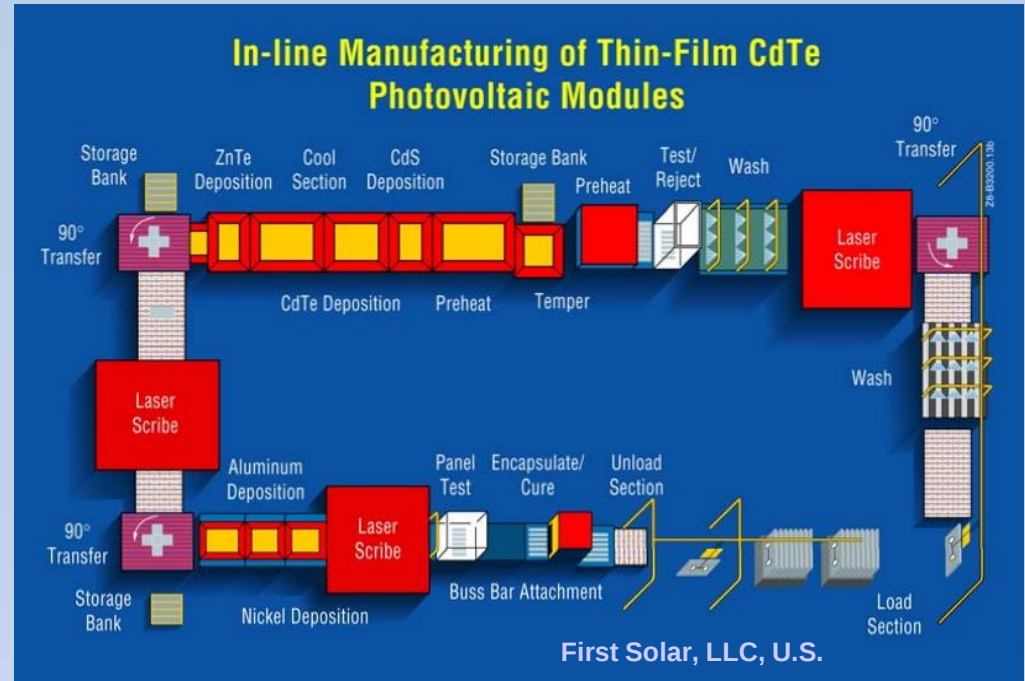
Вартість сонячної електрики як функція ефективності та ціни різних фотоелектричних модулів. Три виділені області позначають три покоління СЕ. Синя лінія, зазначена як «min BOS» (Balance of system costs), вказує мінімальну межу витрат, пов'язаних з монтажем та обслуговуванням установок, вартістю землі і т. ін. Для сучасних модулів на основі монокристалічного кремнію ці витрати становлять приблизно 250 \$/м².

ТЕХНОЛОГІЯ ТОНКОПЛІВКОВИХ ФЕП

- Як адсорбер використовуються тонкоплівкові прямозонні матеріали ($d \sim 1$ мкм замість ~ 300 мкм для Si)
- Низька вартість підкладки (скло, нержавіюча сталь, пластик)
- Використовуються високопродуктивні процеси осадження (періодичні або безперервні)
- Більш низькі температури обробки (менше використання енергії); безвакуумні методи
- Менше етапів збірки модулів; надійний зв'язок СЕ

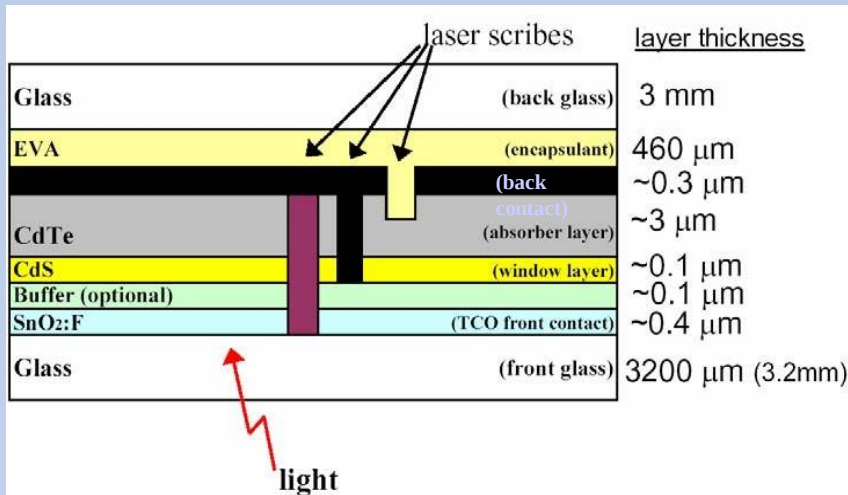


- Ефективність СЕ визначається матеріалом, його доступністю, простотою виготовлення, надійністю модуля, сприйняттям ринком



- **Провідні технології:**
Аморфний кремній (a-Si: H)
CdTe, CIGS, CZTS, Піровскіти
- **Майбутні технології:**
Плівковий (полікристалічний) кремній
Полікристалічні мультипереходи
Нові принципи перетворення енергії

ТОНКОПЛІВКОВІ СЕ НА ОСНОВІ CdTe



Для великомасштабного осадження СЕ з ККД>10% підходять наступні методи – газотранспортний метод, електроосадження, розпилення, сублімація, CVD розпилення, тощо

При великомасштабному виробництві:

- Час осадження CdS/CdTe <1 хв.;
- Створення модуля від початку до кінця ~4 години;
- Створюється СЕ до 25 МВт/рік (First Solar, LLC, U.S.).

• Ключовими питаннями є:

- властивості плівок CdS і пошук альтернативних буферних/віконних шарів;
- зародження і ріст плівок CdTe; товщина шарів
- власні дефекти і легування;
- взаємна дифузія на межі CdS/CdTe;
- **відпал і термообробка (CdCl₂)**;
- пошук матеріалів тильного контакту (Cu/Au, Au, Ni, ZnTe:Cu, Sb₂Te₃:Ni); роль дифузії Cu;
- сумісність кроків технологічного процесу; спрощення технологічного процесу.

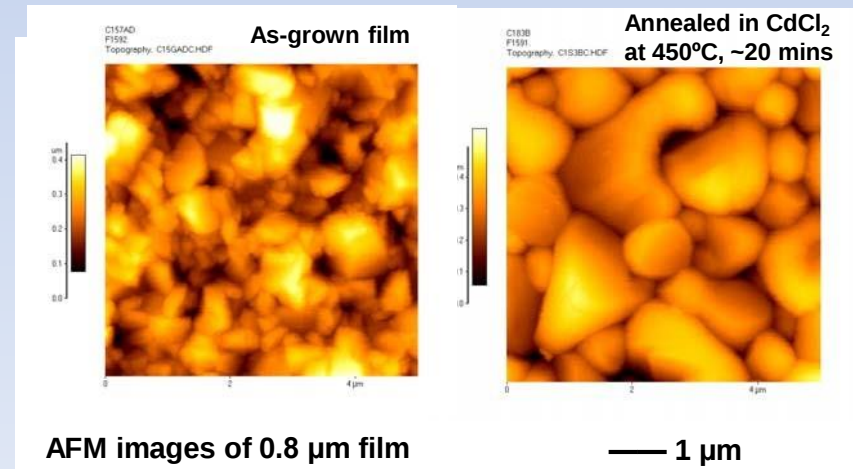
• Питання використання і утилізації Cd.

22,0 % лабораторні СЕ

18,6% кращі прототипи модулів

11-12% комерційні модулі

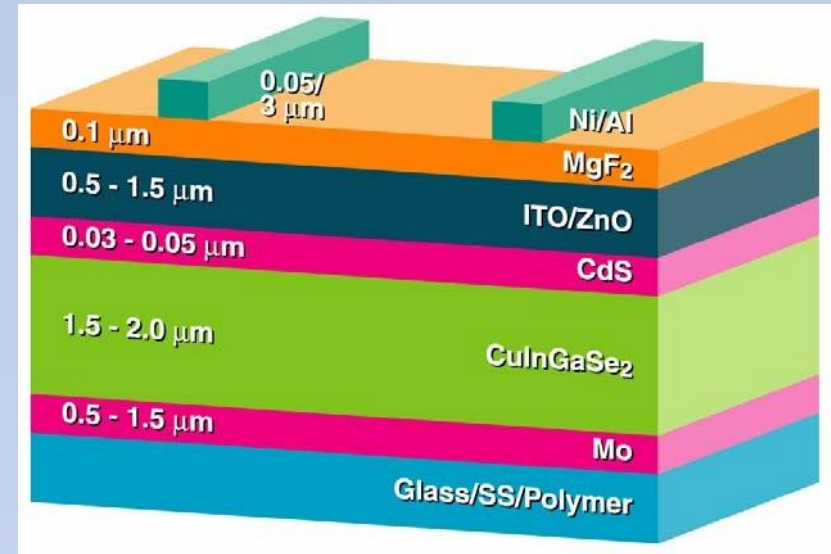
10-20 років гарантії



ТОНКОПЛІВКОВІ СЕ НА ОСНОВІ CIGS

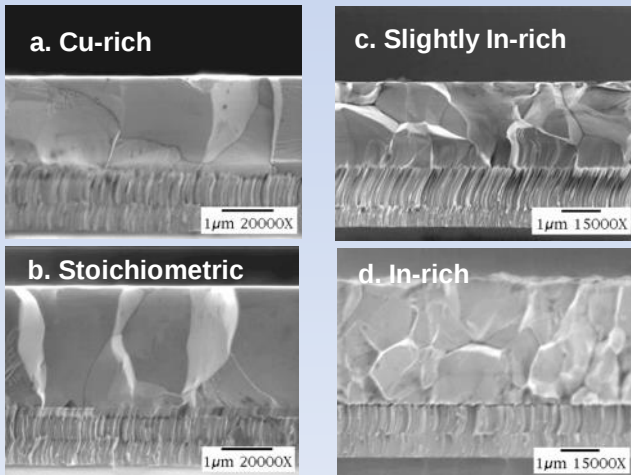
- Різноманітні методи осадження:
співвипаровування елементів,
розпилення/селенізація, безвакуумні методи
(мокра хімія, електроосадження);
Скляні або гнучкі підкладки (нержавіюча
стал, поліаміди);
На стадії реалізації виготовлення декілька МВт,
зростання інтересу у всьому світі

23,35% лабораторні СЕ
22,0% з вікном ZnS ("Cd-free" СЕ)
19,2% кращі прототипи модулів
15,7% комерційні модулі
гарантія до 10 років



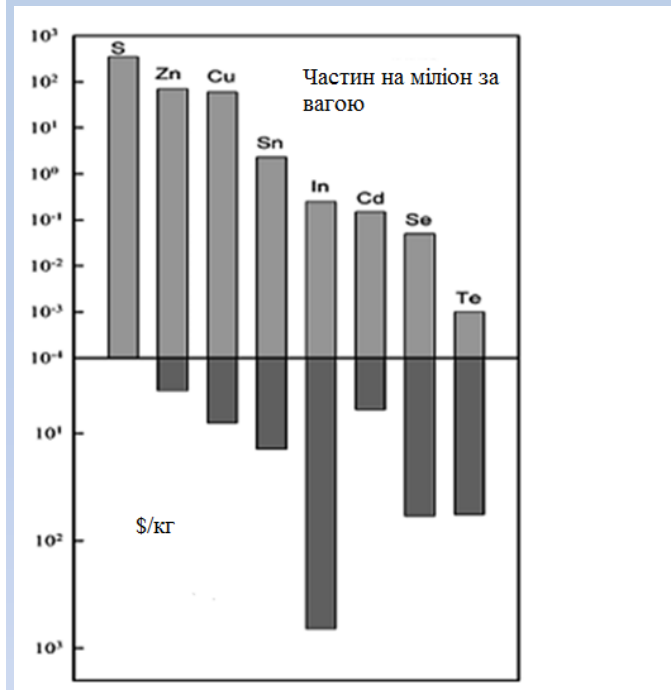
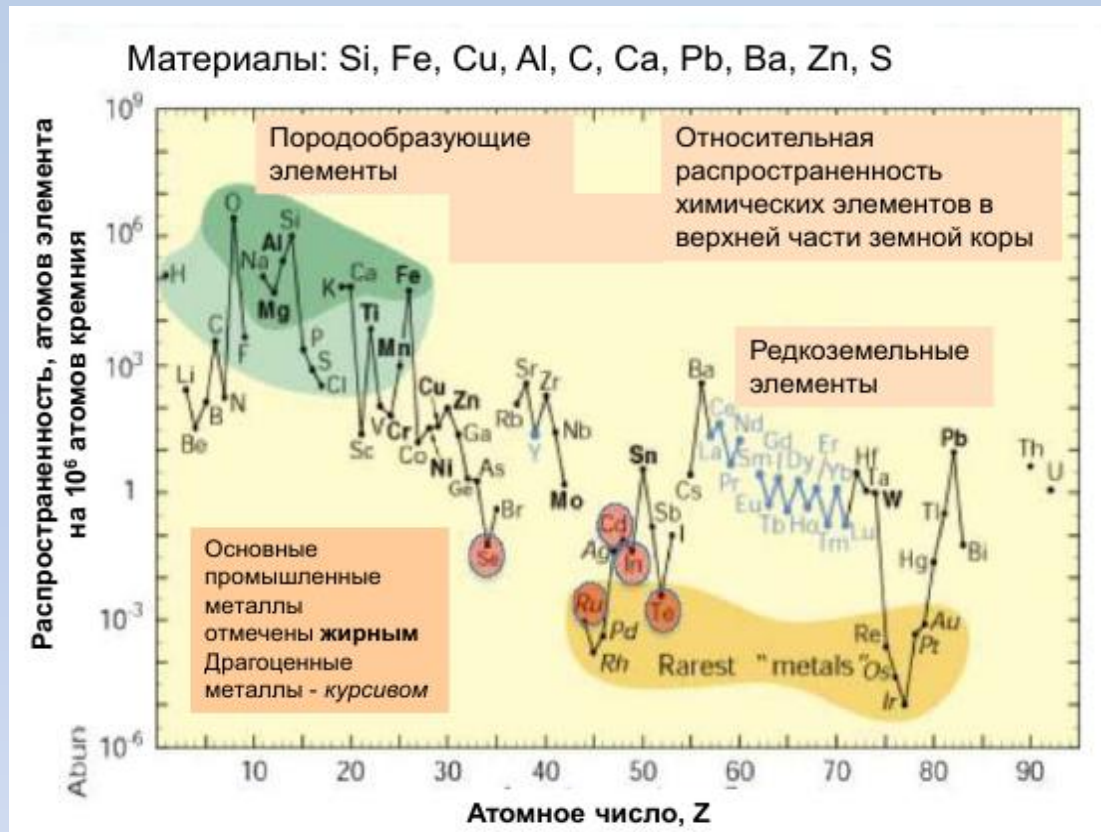
Розуміння механізмів росту плівки, мікроструктури, дефектів,
фізики приладів – поки що немає;

- Способи отримання високоефективних пристроїв: перший етап збагачення Cu (великі зерна), другий крок збагачення In (для встановлення остаточного складу);
- Роль Na (необхідний етап); велика ширина ЗЗ сплавів (Ga, S)
- Альтернативні, Cd-Free віконні/буферні шари;
- Управління процесом для отримання однорідного складу і тонких плівок (<1 мкм); висока пропускна здатність.



SEM images of stages of film growth (a → d)

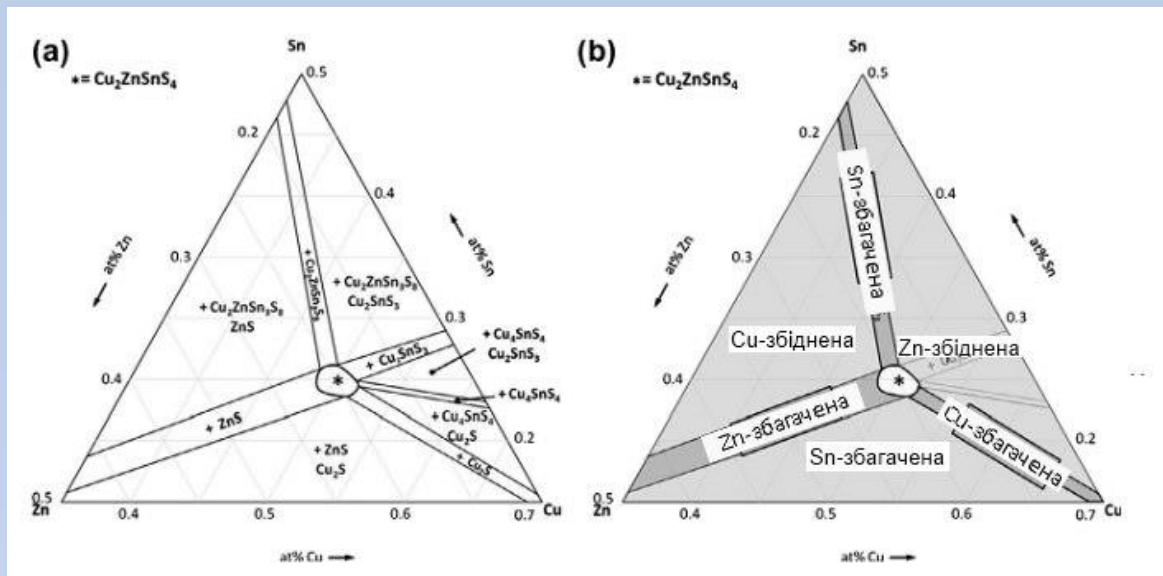
НОВІ МАТЕРІАЛИ ПОГЛИНАЛЬНИХ ШАРІВ СЕ



Поширення у земній корі та ціна видобутку елементів

Замість CdTe, CuInSe₂ (CIS), Cu(In,Ga)Se₂ (CIGS), Cu(In,Ga)(S,Se)₂ (CIGSS)
запропоновані **нові кістертитні матеріали**
Cu₂ZnSnS₄ (CZTS), Cu₂ZnSnSe₄ (CZTSe), Cu₂ZnSn(S,Se)₄ (CZTSSe)

ОБЛАСТЬ ІСНУВАННЯ СПОЛУКИ $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$



Область існування сполуки $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ та вторинні фази, які можуть виникати при її отриманні при $T_s = 400^\circ\text{C}$

Очікувані вторинні фази у різних областях потрійної фазової діаграми, що наведена на рис.

Область	Можливі вторинні фази
Збіднення Cu	$\text{Cu}_2\text{ZnSn}_3\text{S}_8 + \text{ZnS}$
Збагачення Sn	$\text{Cu}_2\text{ZnSn}_3\text{S}_8$
Збіднення Zn	$\text{Cu-Sn-S} + \text{Cu}_2\text{ZnSn}_3\text{S}_8 / \text{Cu}_2\text{S}$
Збагачення Cu	Cu_2S
Збіднення Sn	$\text{Cu}_2\text{S}, \text{ZnS}$
Збагачення Zn	ZnS

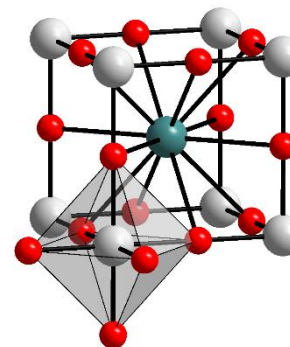
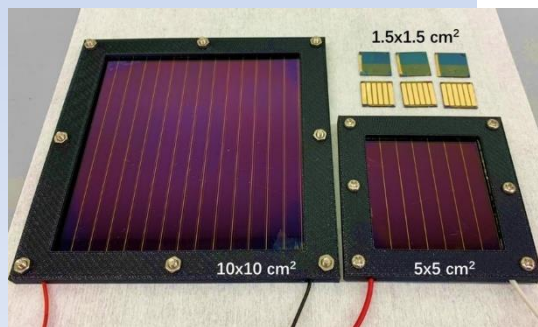
ПЕРОВСКІТНІ СЕ

Перовскітові СЕ — відносно нова область сонячних технологій, що швидко розвивається. *Перші розробки у сфері сонячної енергетики із цього матеріалу з'явилися у період з 2006 по 2008 рік.* Тоді важко було говорити про прорив, оскільки ККД таких елементів ледь перевищував значення 2-3%. *На те, щоби підняти їх ККД до 22%, пішло приблизно 7 років.* *Перовскіти є гібридними сполуками, що складаються з галогенідів металів і органічних компонентів.* Емпірична формула: CaTiO_3 . *Перовскіти прямозонні сполуки.*

На сьогоднішній день найефективніші перовскітові фотоелементи виготовлені з наступною комбінацією матеріалів відповідно до структури ABX_3 : A = органічний катіон - метиламоній (CH_3NH_3) + B = Великий неорганічний катіон - зазвичай свинець (II) (Pb^{2+}) XZ = аніон галогену - зазвичай хлорид (Cl^-) або йодид (I^-).

Вчені постійно експериментують над комбінацією елементів у структурі. Так, на початку 2018 року було представлено *безсвинцеві* елементи на основі титану, що дозволяє зменшити токсичність виробництва.

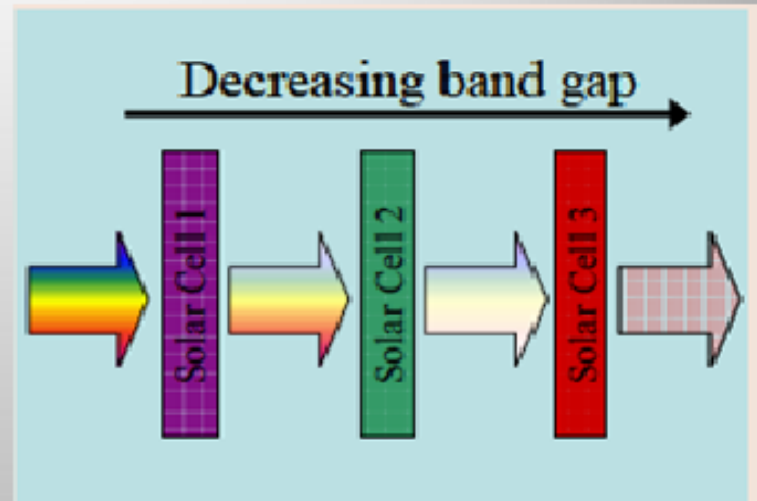
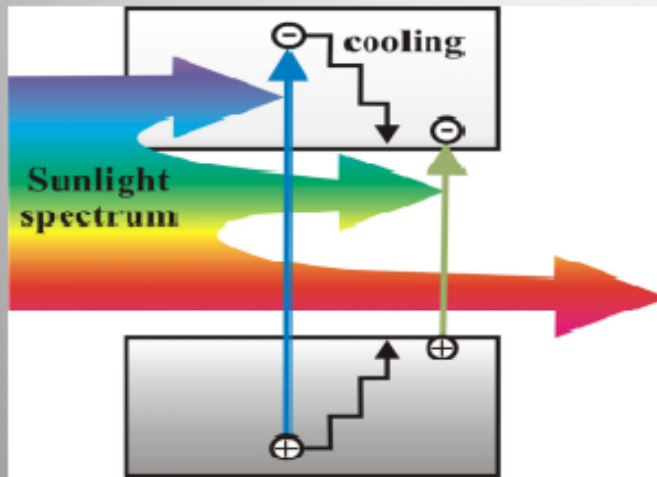
Основною і найважливішою перевагою перовскітових СЕ є їхня *дешевизна в порівнянні з кремнієвими (Si) елементами.* Сонячні батареї на базі Si коштують сьогодні в середньому *70 центів за 1 Вт*, а сонячні батареї на основі перовскіту можуть знизити їхню вартість до *(10-15) центів за 1 Вт*. Кремнієві СЕ при товщині 180 мікрон поглинають стільки ж світла, скільки перовскіт поглине при товщині *всього 1 мікрон*. До того ж спектр світла, що перетворюється в електрику, у перовскіта ширше, ніж у кремнію. Ще однією перевагою перовскітових фотоелементів є можливість застосування їх як *«чорнила»* для друку на різних поверхнях, у тому числі на прозорих підкладках. Основним стримуючим фактором використання є *низька надійність СЕ з перовскітовою структурою.* Вони не довговічні і схильні до руйнування при впливі вологи та ультрафіолетового випромінювання. Саме *збільшення надійності та терміну служби* стоїть першочерговим завданням перед інженерами для подальших розробок.



Структура перовскіту
(бірюзовий – атом кальцію,
сірий – атом титану,
червоний – атом кисню.

БАГАТОПЕРЕХІДНІ (КАСКАДНІ) СОНЯЧНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ

Многоэлементные батареи

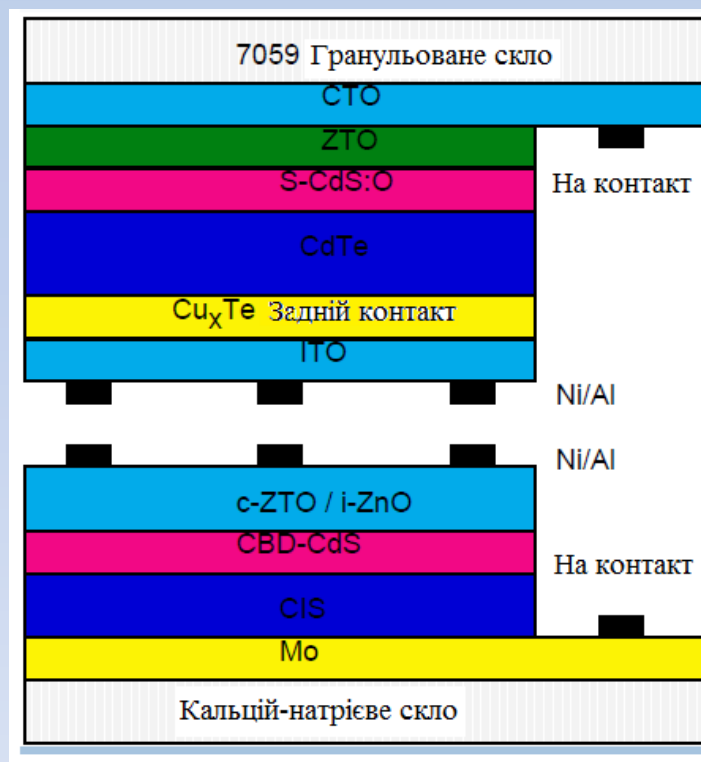
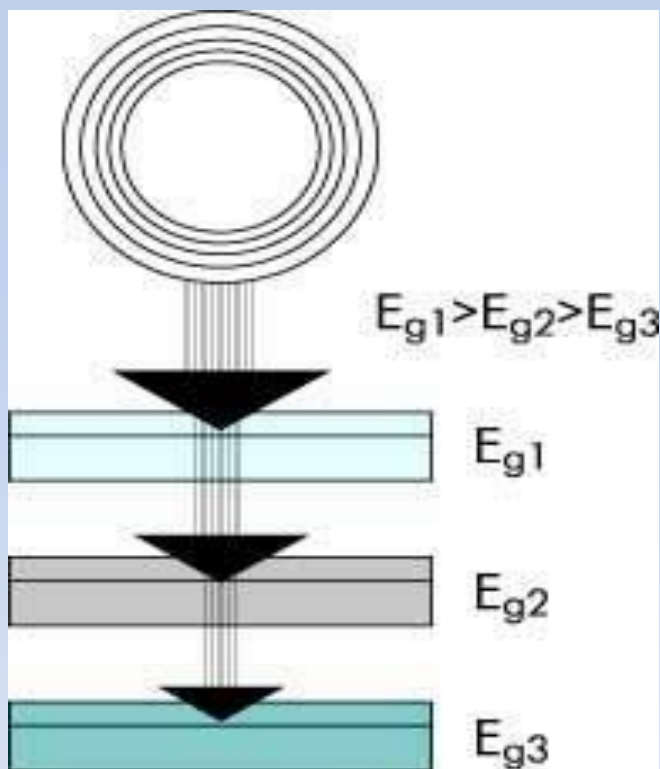


Предел Shockley-Queisser для эффективности однопереходных элементов $\Rightarrow$ **31%** (**41%** с концентраторами)

2-х	$\Rightarrow$	42.5%	(55.5%)
3-х	$\Rightarrow$	48.6%	(63.2%)
4-х	$\Rightarrow$	52.5%	(67.9%)
5-ти	$\Rightarrow$	68.2%	(86.8%)

БАГАТОПЕРЕХІДНІ (КАСКАДНІ) СОНЯЧНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ

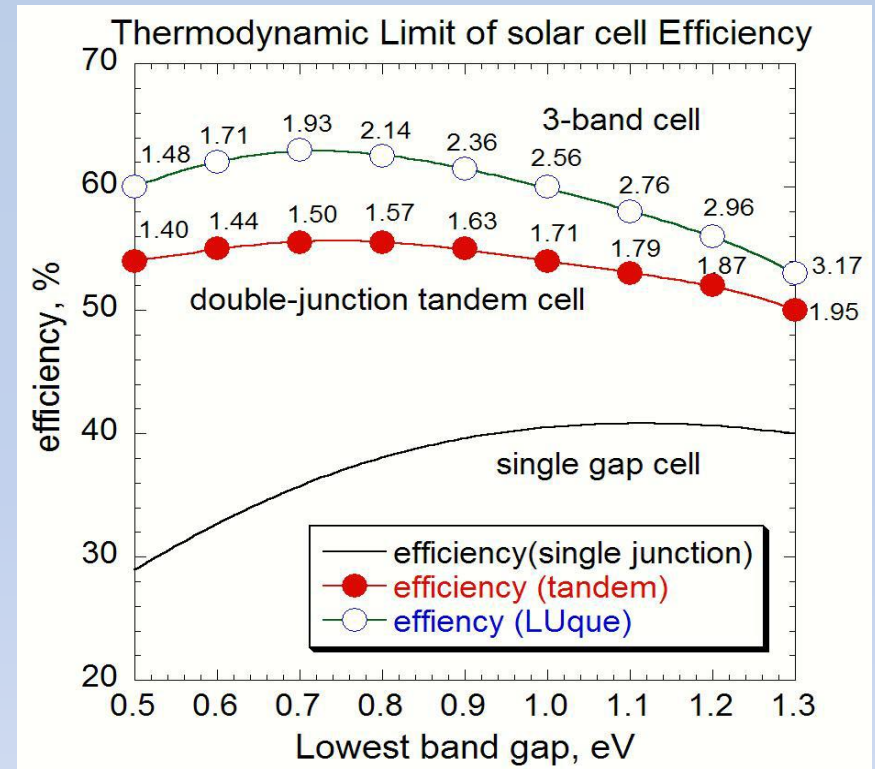
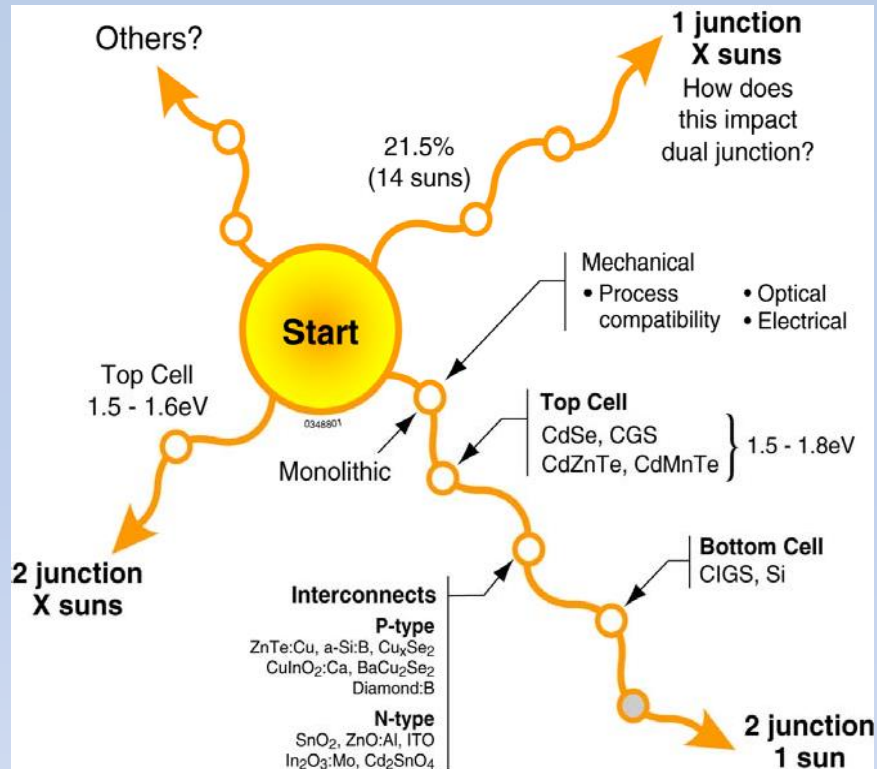
У типовому *багатоперехідному (каскадному, тандемному) сонячному елементі* одиночні фотоелементи розташовані один за одним таким чином, що сонячне світло спочатку потрапляє на елемент з найбільшою шириною забороненої зони, при цьому поглинаються фотони з найбільшою енергією. Пропущені верхнім шаром фотони проникають в наступний елемент з меншою шириною забороненої зони і так далі.



Принцип роботи та будова багатоперехідного ФЕП

СЕ або ставляться один за одним, або сонячний спектр розділяється на складові за допомогою лінз чи інших пристроїв

ККД КАСКАДНИХ СЕ



Шляхи розвитку СЕ

ККД двоперехідного СЕ
GaInP/GaAs; GaInAsP/GaInAs з
концентратором у наш час складає
46,0%

Теоретичний ККД двоперехідних СЕ без концентраторів - 42%, триперехідних - 49%, чотириперехідних з забороненою зоною 1.8 еВ/1.4 еВ/1.0 еВ/0.7 еВ - 52,5%, *а елементів з нескінченною кількістю шарів - 68%. При застосуванні концентрованого сонячного випромінювання межа продуктивності СЕ з нескінченною кількістю шарів складає 86,8%*

СЕ З КОНЦЕНТРАТОРАМИ

- Технологічність продемонстрована для всіх компонентів системи:

- низька концентрація, лінійний фокус
- висока концентрація, точка фокусу
- заломлююча та відбиваюча оптика
- вторинна оптика; пасивне/активне охолодження
- відстеження і підтримка; установка
- висока ефективність елементів (Si, A_3B_5) у виробництві знаходяться СЕ з кращою ефективністю:

27,6% Si (при 92X)

30,5% GaAs (при 258X)

23,3 % CIGS (тонкоплівкові) (при 15X)

44,4% InGaP/GaAs/InGaAs (при 302X)

**46% GaInP/GaAs, GaInAsP₂/GaIn
двоперехідний (при 508X)**

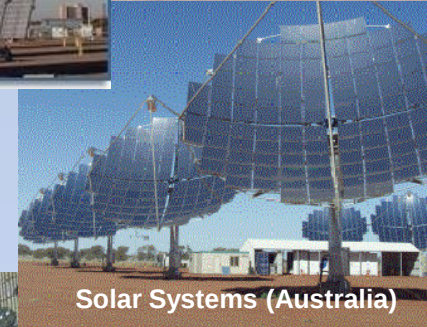
- Комерційні модулі: ~20,5% (Si, 70X)
- Передбачуються низькі витрати при великомасштабному виробництві та розгортанні



Amonix (U.S.)



ENTECH (U.S.)



Solar Systems (Australia)



Sharp & Daido
Steel (Japan)

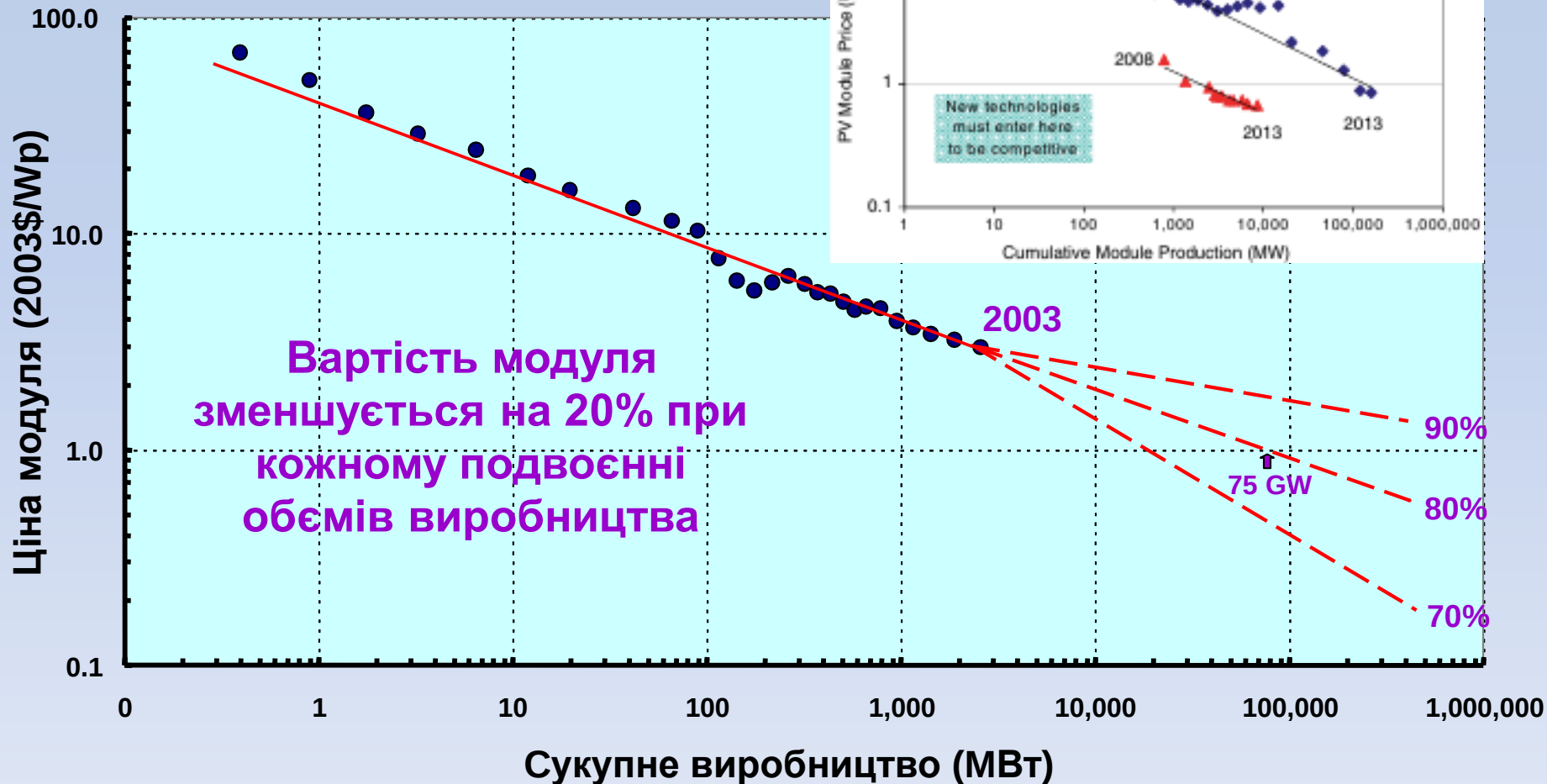


Concentrating
Technologies (U.S.)

- Використання обмежене в районах з високим непрямым сонячним випромінюванням
- Багато з сучасних розподілених СЕ, що є на ринку, не підходить для роботи з концентраторами (> 25 кВт)

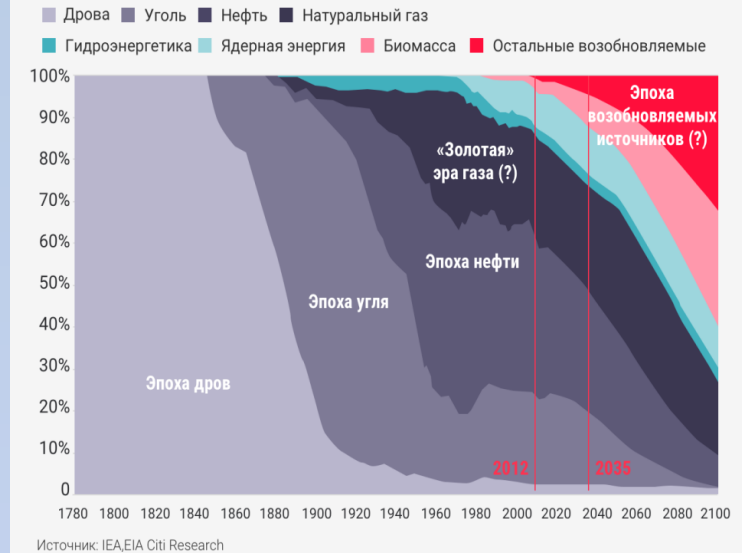
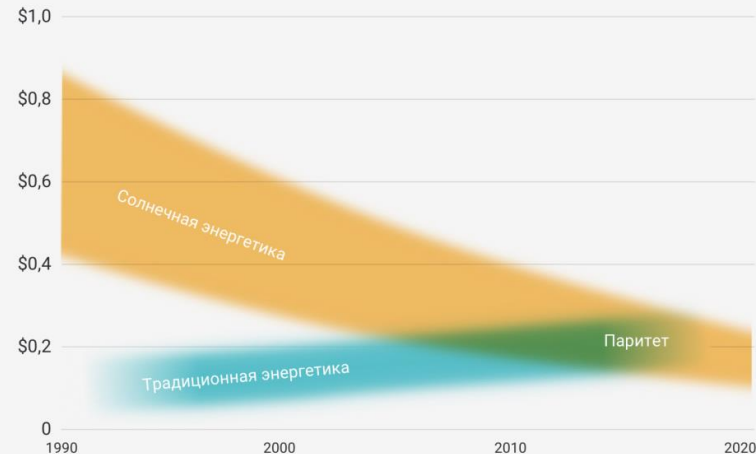
ЗНИЖЕННЯ ВАРТОСТІ ФЕП

У 2015 р. середня вартість енергії вітру становить \$83 за МВт-год., а для тонкоплівкових сонячних батарей - \$122 за МВт-год, в той час як вугільна електрика коштує \$75 за МВт-год. в Північній і Південній Америці та \$105 в Європі, а газова електрика - \$82 в Північній і Південній Америці, та \$118 в Європі.



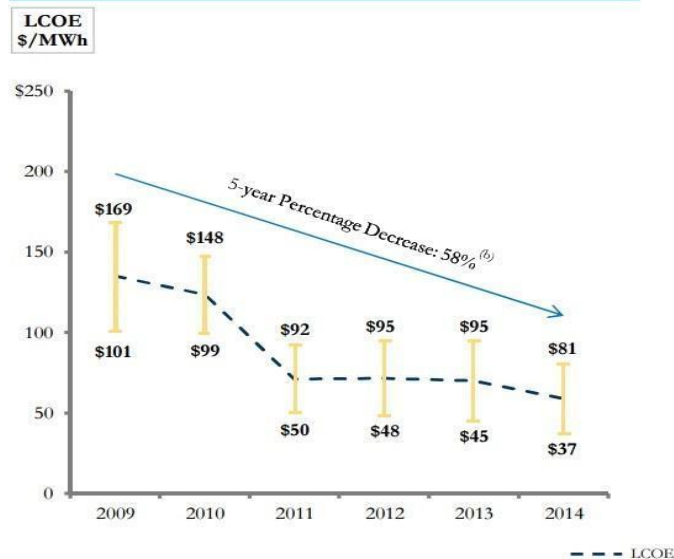
ЗНИЖЕННЯ ВАРТОСТІ СОЛЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Стоимость киловатт-часа электроэнергии
в долларах США 2005 года

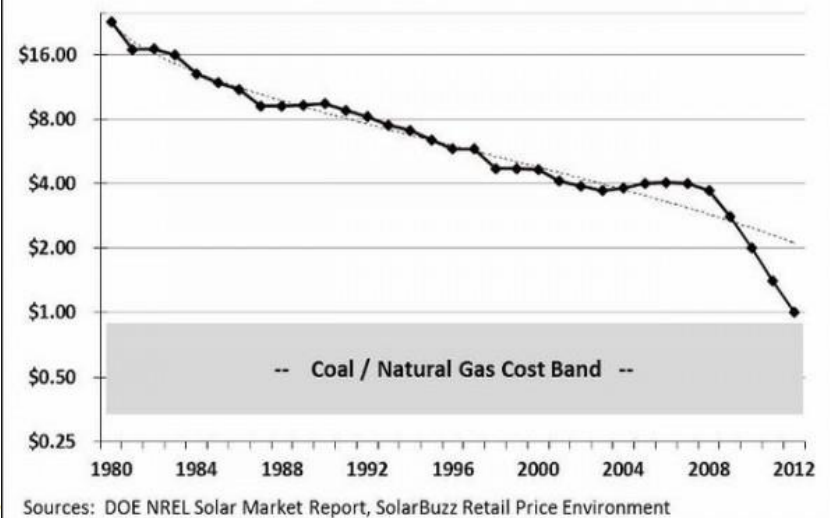


Источник: IEA, EIA, Citi Research

WIND LCOE

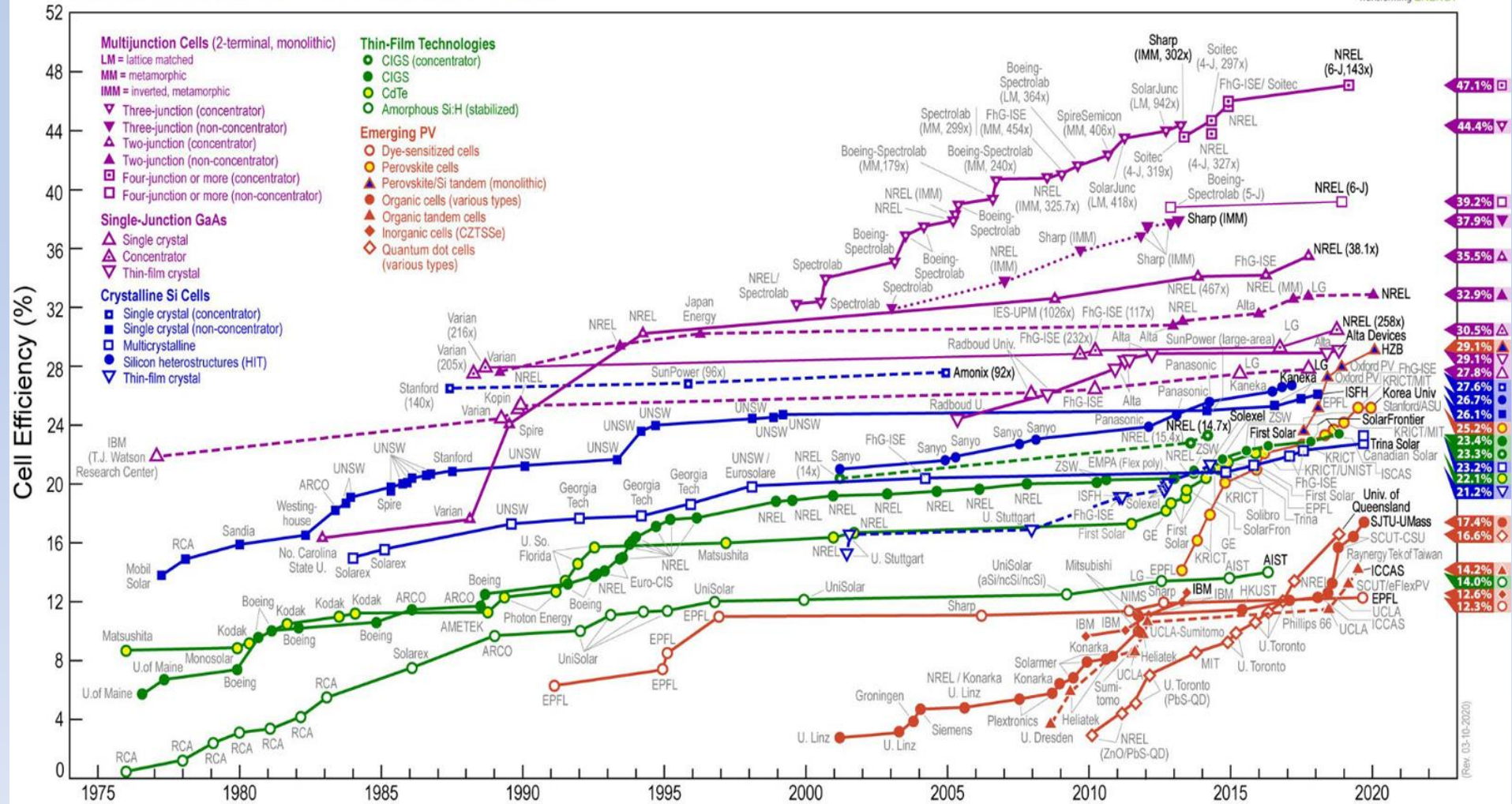


Plummeting Cost of Solar Modules
(Cost Per Watt in 2012 Dollars)



ЗРОСТАННЯ ККД СЕ

Best Research-Cell Efficiencies



ОСНОВНІ ПАРАМЕТРИ СУЧАСНИХ ОДНОПЕРЕХОДНИХ СЕ

TABLE 1 Confirmed single-junction terrestrial cell and submodule efficiencies measured under the global AM1.5 spectrum (1000 W/m²) at 25°C (IEC 60904-3: 2008 or ASTM G-173-03 global).

Classification	Efficiency (%)	Area (cm ²)	V _{oc} (V)	J _{sc} (mA/cm ²)	Fill factor (%)	Test centre (date)	Description
<i>Silicon</i>							
Si (crystalline cell)	26.8 ± 0.4 ^a	274.4 (t)	0.7514	41.45 ^b	86.1	ISFH (10/22)	LONGi, n-type HJT ⁴
Si (DS wafer cell)	24.4 ± 0.3 ^a	267.5 (t)	0.7132	41.47 ^c	82.5	ISFH (8/20)	Jinko Solar, n-type
Si (thin transfer submodule)	21.2 ± 0.4	239.7 (ap)	0.687 ^e	38.50 ^{d,e}	80.3	NREL (4/14)	Solexel (35 µm thick) ⁵
Si (thin film minimodule)	10.5 ± 0.3	94.0 (ap)	0.492 ^e	29.7 ^{d,f}	72.1	FhG-ISE (8/07)	CSG Solar (<2 µm on glass) ⁶
<i>III-V cells</i>							
GaAs (thin film cell)	29.1 ± 0.6	0.998 (ap)	1.1272	29.78 ^g	86.7	FhG-ISE (10/18)	Alta Devices ⁷
GaAs (multicrystalline)	18.4 ± 0.5	4.011 (t)	0.994	23.2	79.7	NREL (11/95)	RTI, Ge substrate ⁸
InP (crystalline cell)	24.2 ± 0.5 ^h	1.008 (ap)	0.939	31.15 ⁱ	82.6	NREL (3/13)	NREL ⁹
<i>Thin film chalcogenide</i>							
CIGS (cell) (Cd-free)	23.35 ± 0.5	1.043 (da)	0.734	39.58 ^j	80.4	AIST (11/18)	Solar Frontier ¹⁰
CIGSSe (submodule)	20.3 ± 0.4	526.7 (ap)	0.6834	39.55 ^{d,k}	75.1	NREL (5/23)	Avancis, 100 cells ¹¹
CdTe (cell)	21.0 ± 0.4	1.0623 (ap)	0.8759	30.25 ^e	79.4	Newport (8/14)	First Solar, on glass ¹²
CZTSSe (cell)	12.1 ± 0.3	1.066 (da)	0.5379	35.29 ^k	63.6	NPVM (4/23)	IoP/CAS ¹³
CZTS (cell)	10.0 ± 0.2	1.113 (da)	0.7083	21.77 ⁱ	65.1	NREL (3/17)	UNSW ¹⁴
<i>Amorphous/Microcrystalline</i>							
Si (amorphous cell)	10.2 ± 0.3 ^{L_h}	1.001 (da)	0.896	16.36 ^e	69.8	AIST (7/14)	AIST ¹⁵
Si (microcrystalline cell)	11.9 ± 0.3 ^h	1.044 (da)	0.550	29.72 ⁱ	75.0	AIST (2/17)	AIST ¹⁶
<i>Perovskite</i>							
Perovskite (cell)	25.2 ± 0.8^m	1.0347 (da)	1.162	26.39ⁿ	82.0	Newport (9/23)	NorthwesternU¹⁷
Perovskite (minimodule)	22.4 ± 0.5 ^m	26.02 (da)	1.127 ^d	25.61 ^{d,b}	77.6	NPVM (7/22)	EPFLSion/NCEPU, 8 cells ¹⁸
<i>Dye sensitised</i>							
Dye (cell)	11.9 ± 0.4 ^o	1.005 (da)	0.744	22.47 ^p	71.2	AIST (9/12)	Sharp ^{19,20}
Dye (minimodule)	10.7 ± 0.4 ^o	26.55 (da)	0.754 ^d	20.19 ^{d,q}	69.9	AIST (2/15)	Sharp, 7 serial cells ^{19,20}
Dye (submodule)	8.8 ± 0.3 ^o	398.8 (da)	0.697 ^d	18.42 ^{d,r}	68.7	AIST (9/12)	Sharp, 26 serial cells ^{19,20}
<i>Organic</i>							
Organic (cell)	15.2 ± 0.2 ^{h,s}	1.015 (da)	0.8467	24.24 ^c	74.3	FhG-ISE (10/20)	Fraunhofer ISE ²¹
Organic (minimodule)	15.7 ± 0.3 ^s	19.31(da)	0.8771 ^d	24.37 ^k	73.4	JET (1/23)	ZhejiangU, 7 cells ²²
Organic (submodule)	11.7 ± 0.2 ^s	203.98 (da)	0.8177 ^d	20.68 ^{d,t}	69.3	FhG-ISE (10/19)	ZAE Bayern, 33 cells ²³

ОСНОВНІ ПАРАМЕТРИ СУЧАСНИХ БАГАТОПЕРЕХОДНИХ СЕ

TABLE 3 Confirmed multiple-junction terrestrial cell and submodule efficiencies measured under the global AM1.5 spectrum (1000 W/m²) at 25°C (IEC 60904-3: 2008 or ASTM G-173-03 global)

Classificatio	Efficiency (%)	Area (cm ²)	V _{oc} (V)	J _{sc} (mA/cm ²)	Fill factor (%)	Test centre (date)	Description
<i>III–V multijunctions</i>							
5-junction cell (bonded) (2.17/1.68/1.40/1.06/.73 eV)	38.8 ± 1.2	1.021 (ap)	4.767	9.564	85.2	NREL (7/13)	Spectrolab, 2-terminal ³⁸
InGaP/GaAs/InGaAs	37.9 ± 1.2	1.047 (ap)	3.065	14.27 ^a	86.7	AIST (2/13)	Sharp, 2 term. ³⁹
GaInP/GaAs (monolithic)	32.8 ± 1.4	1.000 (ap)	2.568	14.56 ^b	87.7	NREL (9/17)	LG Electronics, 2 term.
<i>Multijunctions with c-Si</i>							
GaInP/GaInAsP/Si (wafer bonded)	35.9 ± 1.3^c	3.987 (ap)	3.248	13.11^d	84.3	FhG-ISE (4/20)	Fraunhofer ISE, 2-term.
GaInP/GaAs/Si (mech. stack)	35.9 ± 0.5 ^c	1.002 (da)	2.52/0.681	13.6/11.0	87.5/78.5	NREL (2/17)	NREL/CSEM/EPFL, 4-term. ⁴⁰
GaInP/GaAs/Si (monolithic)	25.9 ± 0.9 ^c	3.987 (ap)	2.647	12.21 ^e	80.2	FhG-ISE (6/20)	Fraunhofer ISE, 2-term. ⁴¹
GaAsP/Si (monolithic)	23.4 ± 0.3	1.026 (ap)	1.732	17.34 ^f	77.7	NREL (5/20)	OSU/UNSW/SolAero, 2-term ⁴²
GaAs/Si (mech. stack)	32.8 ± 0.5 ^c	1.003 (da)	1.09/0.683	28.9/11.1 ^g	85.0/79.2	NREL (12/16)	NREL/CSEM/EPFL, 4-term. ⁴³
Perovskite/Si (2-terminal)	29.5 ± 0.5^h	1.121 (da)	1.884	20.26^d	77.3	NREL (12/20)	Oxford PV
GaInP/GaInAs/Ge; Si (spectral split minimodule)	34.5 ± 2.0	27.83 (ap)	2.66/0.65	13.1/9.3	85.6/79.0	NREL (4/16)	UNSW/Azur/Trina, 4-term. ⁴⁴
<i>Other multijunctions</i>							
Perovskite/CIGS	24.2 ± 0.7 ^h	1.045 (da)	1.768	19.24 ^f	72.9	FhG-ISE (1/20)	HZB, 2-terminal ⁴⁵
Perovskite/perovskite	24.2 ± 0.8 ^h	1.041 (da)	1.986	15.93 ^f	76.6	JET (12/19)	Nanjing U, 2-term. ⁴⁶
a-Si/nc-Si/nc-Si (thin film)	14.0 ± 0.4 ^{i,c}	1.045 (da)	1.922	9.94 ^j	73.4	AIST (5/16)	AIST, 2-term. ⁴⁷
a-Si/nc-Si (thin-film cell)	12.7 ± 0.4 ^{i,c}	1.000 (da)	1.342	13.45 ^k	70.2	AIST (10/14)	AIST, 2-term. ⁴⁸
<i>Notable exceptions</i>							
GaInP/GaAs	32.9 ± 0.5 ^c	0.250 (ap)	2.500	15.36 ^l	85.7	NREL (1/20)	NREL, multiple QW
GaInP/GaAs/GaInAs	37.8 ± 1.4	0.998 (ap)	3.013	14.60 ^l	85.8	NREL (1/18)	Microlink (ELO) ⁴⁹
6-junction (monolithic) (2.19/1.76/1.45/1.19/.97/.7 eV)	39.2 ± 3.2 ^c	0.247 (ap)	5.549	8.457 ^m	83.5	NREL (11/18)	NREL, inv. metamorphic ⁵⁰
Perovskite/perovskite	26.4 ± 0.8^h	0.0494 (da)	2.048	16.54^d	77.9	JET (2/21)	Nanjing U, 2-term.⁴⁶
GaInP/AlGaAs/CIGS	28.1 ± 1.2^c	0.1386 (da)	2.952	11.72^d	81.1	AIST (1/21)	AIST/FhG-ISE, 2-term.⁵¹

ДИНАМІКА РОЗВИТКУ СВІТОВОЇ ГЕЛІОЕНЕРГЕТИКИ

• У 2021 році всі сонячні панелі, що працюють на Землі, виробили 1032 ГВт·год, або 3,6 % світової електроенергії. У 2022 році загальна встановлена потужність усіх працюючих сонячних панелей на Землі становила 1433 ГВт, а у 2024 р досягла 2 ТВт. Тобто для встановлення першого ТВт знадобилося 68 років, а другого всього 2 роки!!!! Мета до 2030 року встановити 8 ТВт сонячних потужностей. Глобальна виробнича потужність світової економіки вже становить 1 ТВт на рік.

• Поновлювані джерела продовжують бурхливе зростання. До 2022 року встановлена потужність ВДЕ має зрости на 43% (на 1000 ГВт), а це дорівнює близько половини сьогоденної потужності вугільної енергетики. Прогноз на 2017 рік на 12% вище, ніж для минулого року, переважно завдяки сонячним станціям в Китаї і Індії. **Три країни - Китай, Індія і США встановлять більш ½ всіх нових потужностей ВДЕ до 2025 р.** Загальна потужність сонячної енергетики до того часу перевищить енергосистеми Індії та Японії разом узятих.

• В генерації електроенергії, ВДЕ повинні вирости на третину до рівня 8000 ТВт·год, що дорівнює загальному споживання Китаю, Індії та Німеччини разом узятих. До 2022 р., ВДЕ будуть поставляти більше 30% енергії, порівнюючи з 24% в 2016 р. Зростання чистої енергетики буде в два рази швидше, ніж в газовій і вугільній галузях. Незважаючи на те, що вугілля все ще залишатиметься головним джерелом енергії через 5 років, ВДЕ зменшать відставання в потужності удвічі за цей період.

• Установка нових сонячних і вітрових станцій в минулому році була підтримана рекордно низькими цінами, які впали аж до рівня 3 центів за кВт·год. Настільки низькі ціни з'явилися в декількох країнах, в тому числі в Об'єднаних Арабських Еміратах, Індії, Мексиці і Чилі.

• Крім кількісних показників в світі чистої енергетики відбулися і якісні зміни. Один з головних трендів - перетворення високотехнологічних ВДЕ в дешеві і надійні постачальники енергії. Сонячні фотоелектричні панелі в 2014 р. коштували на три чверті менше, ніж в 2009 році, а ціни на вітрові турбіни знизилися майже на третину за той же період. Вартість електроенергії від сонячних установок впала наполовину в порівнянні з 2010 роком. Середня вартість поставок електроенергії вітрогенераторів склала 0,05 - 0,07 дол. за кіловат-годину (кВт/год) при вартості до 0,14 дол. за кВт/год поставок з електростанцій на викопному паливі. **Вартість енергії сонця та вітра у 2016 р. стала нижчою ніж виробленої традиційними джерелами у 35 країнах світу.** За прогнозами Міжнародного енергетичного агентства (МЕА) до кінця 2021 р. середні витрати в сонячній електроенергетиці знизяться на 25%, а у виробництві наземної вітряної енергії - на 15%.

НАЙБІЛЬШІ СОНЯЧНІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ СВІТУ

• *Найбільшу в світі сонячна електростанція - Midong PV farm, Китай.*

• Цей амбітний проект, розташований неподалік міста Урумчі в провінції Сінцзян, має потужність **3,5 ГВт і займає площу 33 000 акрів**, порівнянну з більш ніж 6000 футбольних полів. Сонячна електростанція щорічно вироблятиме близько 6,09 мільярдів кіловат-годин (кВт-год) електроенергії. Якщо зважити на те, що електромобіль споживає близько 3000 кВт-год на рік, то 6,09 млрд кВт-год можуть забезпечити електроенергією 2,03 млн електромобілів щорічно.

• *В даний час Китай може похвалитися трьома найбільшими сонячними електростанціями у світі за потужністю.* Окрім нової станції в Сінцзяні, діють електростанції **Ningxia Tenggelі та Golmud Wutumeiren**, кожна потужністю 3



Сонячна електростанція Sambhar Lake, Індія.

Її будує консорціум з 6 державних компаній, в тому числі Bharat Heavy Electricals Ltd., Power Grid Corp of India, Hindustan Salts. Потужність: **4 ГВт**. *Новий монстр - сонячна електростанція в Індії, буде побудована у 70 км від Джайпуру (Раджастхан), матиме потужність у вісім разів вищу в порівнянні з існуючими сонячними електростанціями Сполучених Штатів. Проект коштує \$ 4 млрд.* Тим не менше, існує конфлікт між Урядом штату, що хоче використовувати землі для добування солі, та бажання федерального уряду, яке прагне до розробки сонячних проектів.

Сонячна електростанція Longyangxia Dam Solar Park, Китай.

Потужність: **850 МВт**. Перша черга проекту 320 МВт була завершена в кінці 2013 року, а друга черга - 530 МВт в кінці 2015 року. *Загальна площа 23 км². Сонячна електростанція інтегрована з гідроелектростанцією.* Парк з'єднано з гідравлічними турбінами, які автоматично регулюють потужність для врівноваження змінного навантаження від сонячної електростанції перед передачею електроенергії в енергомережу. Такі рішення нівелюють проблеми, пов'язані зі змінною сонячної генерації, допомагаючи економити воду.

ПЛАВУЧІ СОНЯЧНІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ



З 2011 р. французька компанія Ciel & Terre розробляє плаваючі сонячні установки Floating Hydrelia PV. Це дозволяє розміщувати стандартні панелі на великих водних просторах, таких як водосховища, затоплені кар'єри, іригаційні канали, ставки тощо

•Руйнування АЕС у Фукусімі, показали, що атомна енергія не найкращий спосіб виробництва енергії. Тому *Японія все більше переходить на поновлювані джерела*, більш безпечні для навколишнього середовища. Одним з останніх реалізованих проєктів, є найбільші в світі *плаваючі сонячні електростанції*. Сонячні електростанції повинні займати величезні поверхні, щоб їх будівництво було економічно виправдано. Тим часом, земля є дуже цінною, і не кожна країна буде готова використовувати її таким чином. Тому все частіше проєктується плаваючі споруди на поверхні води, яку і так ні в один спосіб не можна використовувати.

•Глобальна високотехнологічна компанія *Кусосера* закінчила будівництво *двох найбільших у світі плаваючих сонячних електростанцій на озерах Хігасіхіра та Нішіхіра у префектурі Хьоґо*. Це один з наймасштабніших етапів створення японцями цілої мережі гігантських надводних СЕС. Загальна потужність, що виробляється сонячними панелями нових об'єктів складе близько *3200 МВт-год електроенергії на рік*. Плаваючі електростанції оснащені більш ніж 10000 сонячних 255-ватних модулів, виробництва Кусосера. Будівельники передбачили безперебійну роботу станції в екстремальних погодних умовах (урагани, землетруси) - сонячні панелі встановлені на платформах із високоміцного поліетилену. А тінь створювана надводними конструкціями дозволяє знизити поширення небажаних водоростей і одночасно допомагає зберігати водні ресурси водойм, знижуючи кількість води, що випаровується з його поверхні. Крім того, японські засоби масової інформації зазначають, що *у найближчому майбутньому планується запуск ще більшої плаваючої СЕС. Озеро Yamakura Dam розмістить на своїх водах приблизно 50 000 сонячних модулів і генеруватиме понад 15 000 МВт-год електрики на рік*.

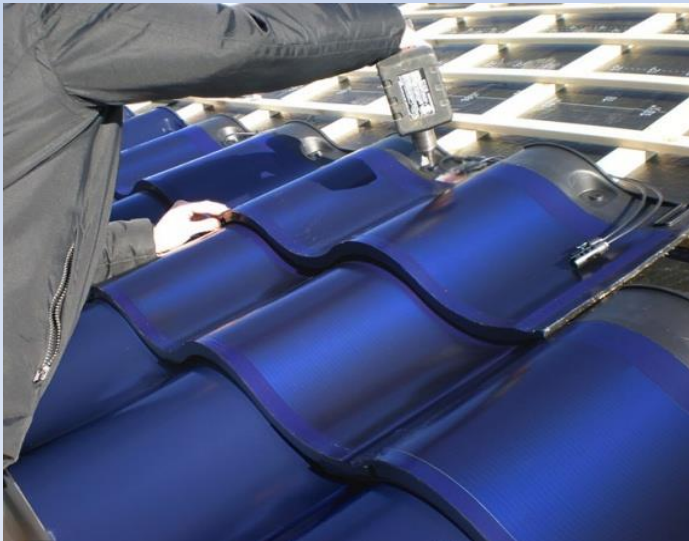
ПЛАВУЧІ СОНЯЧНІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

•Весною 2017 р. влада Китаю оголосила, що *найбільша в світі плавуча сонячна електростанція*, нарешті, була запущена в експлуатацію і підключена до місцевої електромережі. Розташована поблизу *міста Хуайнань в провінції Аньхой* нова плавуча електростанція має потужність **40 МВт** і була розроблена інженерами компанії Sungrow Power Supply Co. Особливо іронічно у всій цій історії те, що електростанція була розміщена в районі затопленого вугільного кар'єру, який колись забезпечував країну викопним паливом, яке забруднює атмосферу. У минулому році на воду вже була спущена 20-мегаваттна сонячна електростанція, але Китай планує активно нарощувати кількість подібних конструкцій в найближчі роки. Плавучі сонячні електростанції стають все більш популярними завдяки їх унікальному дизайну і відсутності необхідності виділення ділянки землі для їх розміщення. Крім усього іншого, такі станції уповільнює випаровування води, що вчений вважає плюсом для екології. А *низька температура біля поверхні моря або океану дозволяє ефективно охолоджувати фотоелектричні панелі і знижує ризик їх виходу з ладу. До 2024 року Китай планує збільшити кількість енергії, одержуваної від сонячних електростанцій до 20% від загального споживання.*

•*Острів Діду-Фінолу, що входить до складу атола Південний Арі на Мальдівських островах, обзавівся найбільшою в світі морською сонячною електростанцією.* Енергія установки Solar Sea від компанії Swim Sol використовується для потреб розташованого на острові п'ятизіркового готелю. До складу установки входять 12 плаваючих в морі панелей, захищених від хвиль, штормів і солоної води.



ІНТЕГРОВАНІ СОНЯЧНІ БАТАРЕЇ



•Американський виробник електромобілів **Tesla Motors** представив у жовтні 2016 р. у Лос-Анджелесі нові моделі сонячних батарей, розраховані для установки на дахах будинків. Новинка була представлена за кілька тижнів до передбачуваного завершення операції по злиттю Tesla Motors і енергетичною компанією SolarCity.

•Нові сонячні батареї не схожі на звичні. Як заявив в ході презентації глава Tesla Ілон Маск, *мова йде про початок виробництва дахів, вся поверхня яких буде суцільний сонячною батареєю, а не набором сонячних модулів.* Для даху представлені чотири види покриття: *скляна і шиферна плитка, черепиця і фактура скло.* Дах, який назвали **Solar Roof**, може повністю живити електрикою приватний будинок, при цьому коштує дешевше звичайних сонячних батарей, вбудованих в дах. Перші дахи, що складаються з нових сонячних панелей, будуть продані і встановлені вже в наступному році.

•Деякі компанії вставляють фотоелектричні панелі в глиняну черепицю. Монтаж сонячної плитки проводиться одночасно з кладкою черепиці. Сонячні панелі складаються з окремих монокристалічних елементів, з'єднаних послідовно. 4 окремі панелі з номінальною потужністю 6,25 Вт разом утворюють фотоелектричний модуль. Потужність такого модуля 25 Вт; 1 м² поверхні має вихідну потужність 75 Вт.

Монтаж сонячних панелей разом з металочерепицею

АЕРОСТАТНІ СОНЯЧНІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

•Істотним недоліком існуючих СЕУ є нерівномірність їх роботи, що пов'язано зі зміною потоку сонячного випромінювання, що досягає поверхні Землі, викликаного погодними умовами, зміною пір року і часу доби. **Сонячні аеростатні електростанції** (САЕС) можуть стати одним з можливих нових напрямів, що дозволяють більш ефективно використовувати сонячну енергію. У САЕС основний елемент - аеростат - може бути винесено на кілька кілометрів над поверхнею Землі, вище хмар, що забезпечує безперервне використання сонячної енергії протягом дня. Принципова схема роботи **САЕС з паровою турбіною** полягає в **поглинанні поверхнею аеростата сонячного випромінювання та нагріванні за рахунок цього водяної пари, що знаходиться всередині**. При цьому оболонка аеростата виконується двошаровою. Сонячні промені, проходячи через зовнішній прозорий шар, нагрівають внутрішній шар оболонки з нанесеним покриттям, що поглинає сонячне випромінювання. Водяна пара, що знаходиться всередині оболонки нагрівається тепловим потоком, який надходить через оболонку, до 100-150 °С. Прошарок газу (повітря) між шарами, виконуючи роль теплоізоляції, зменшує втрати тепла в атмосферу. Тиск пари практично дорівнює тиску зовнішнього повітря. Водяна пара за гнучким паропроводом подається на парову турбіну, потім конденсується в конденсаторі, вода з конденсатора знову подається насосами у внутрішню порожнину оболонки, де випаровується при контакті з перегрітою водяною парою. **ККД такої установки може скласти 25%**, при цьому завдяки запасу водяної пари у внутрішній порожнині аеростата установка може працювати і вночі. При діаметрі аеростата 150 м і розміщенні на висоті 5 км **установка може мати потужність 2 МВт**.

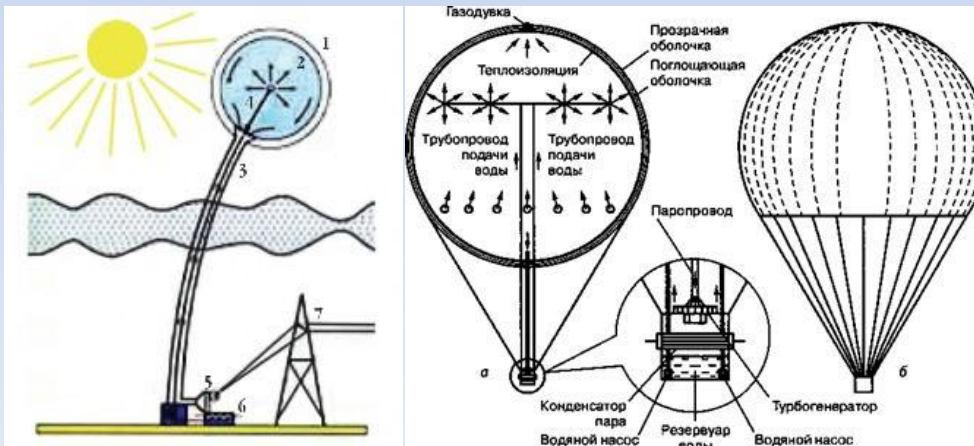
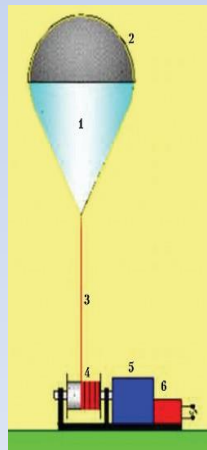


Схема САЕС та принцип її роботи: 1 - прозора оболонка; 2 - поглинає оболонка; 3 - паропровід; 4 - трубопровід з водяними насосами; 5 - парова турбіна з генератором; 6 - конденсатор; 7 - ЛЕП

АЕРОСТАТНІ СОНЯЧНІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

• Перша дослідно-промислова САЕС «*Чорна перлина*», що введена в експлуатацію в 2003 р, складається з приймача сонячної енергії у вигляді декількох шарів гнучких сферичних оболонок. Важливою перевагою конструкції є те, що пара, що нагнітається компресором в розділений на відсіки простір між прозорою і поглинаючою оболонками, завдяки автоматизованій системі клапанів циркулює тільки по стороні, що освітлюється. Така САЕС потужністю 5 МВт займає площу 0,3 км². В іншій САЕС «*Чорний місяць*», введений в дію в 2005 р, центр оболонки діаметром 300 м знаходиться на висоті 450 м, що дозволило різко скоротити використовувану площу. На підставі позитивного досвіду експлуатації цих САЕС Тайвань передбачає їх широке будівництво.



САЕС: 1 - оболонка балона аеростата; 2 - тонкоплівкові сонячні елементи; 3 - канат з електричним кабелем; 4 - барабан; 5 - електромотор; 7 редуктор; 6 - інвертор

СОНЯЧНІ ДОРОГИ



Французька компанія Colas у 2016 р. завершила *перший дослідний проект сонячної дороги Wattway*. Незвичайна ділянку шосе RD5 довжиною в один кілометр відкрилася для проїзду в селі Турувр-о-Перш (3400 жителів) в Нормандії. Цією дорогою щодня буде проїжджати близько двох тисяч машин.

У вересні 2016 р. компанія Qilu Transportation Development Group завершила *будівництво першого проекту дороги з сонячних панелей в місті Цзинань (Китай)*. В ході будівництва, яке тривало 10 місяців, дорогу оснастили 660 м² сонячних батарей. Зараз завершено будівництво другого проекту «сонячної дороги» на швидкісній автомагістралі Цзинань *протяжністю 1,6 км*. Дорожнє полотно складається з трьох шарів. Верхній шар являє собою «прозорий бетон», інноваційний матеріал, який має структурні властивості асфальту. Другий шар - самі сонячні панелі. Нижній шар складається з ізоляційних матеріалів, що захищають сонячні батареї від вологості землі знизу. Дорога буде досить міцною, щоб витримати навіть великі транспортні засоби, наприклад, вантажівки середнього розміру.

СОНЯЧНИЙ ТРАНСПОРТ

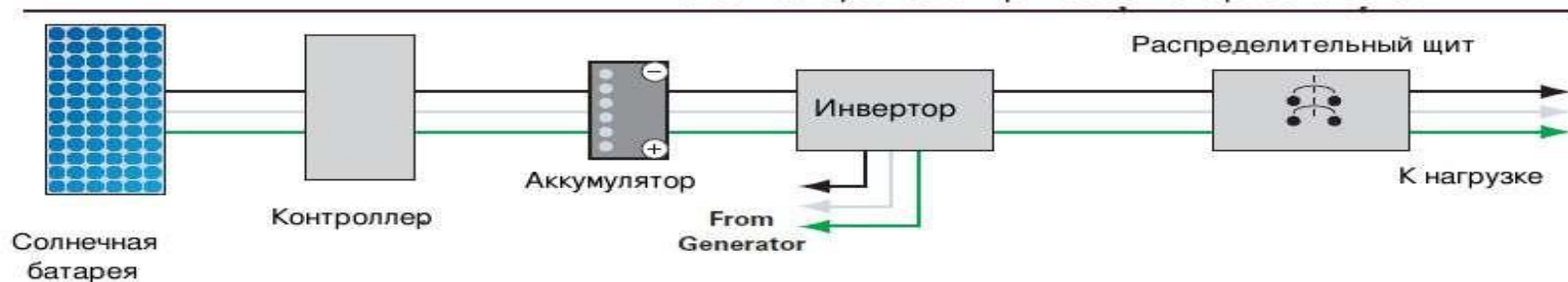
- Фотоелектричні елементи можуть встановлюватися на різних транспортних засобах: *човнах, електромобілях і гібридних автомобілях, літаках, дирижаблях тощо.*
- Фотоелектричні елементи виробляють електроенергію, яка використовується для бортового живлення транспортного засобу, або для електродвигуна електричного транспорту. В Італії та Японії фотоелектричні елементи встановлюють на даху залізничних поїздів. Вони виробляють електрику для кондиціонерів, освітлення і аварійних систем. Компанія Solatec LLC продає тонкоплівкові фотоелектричні елементи для установки на даху гібридного автомобіля *Toyota Prius*. Фотоелементи мають товщину 0,6 мм, що ніяк не впливає на аеродинаміку автомобіля. Вони призначені для зарядки акумуляторів, що дозволяє збільшити пробіг автомобіля на 10%.
- У 1981 р. льотчик *Paul Beattie Mac Cready* здійснив політ на літаку *Solar Challenger*, що живиться тільки сонячною енергією, подолавши відстань у 258 кілометрів зі швидкістю 48 км/год. У 2010 р. пілотований літак *Solar Impulse*, що працює на сонячній енергії, протримався в повітрі 24 години. Військові приділяють велику увагу до безпілотних літальних апаратів (БПЛА) на сонячній енергії, здатних триматися в повітрі надзвичайно довго - місяці і роки. Такі системи могли б замінити або доповнити супутники.



Швейцарський літак на сонячних батареях *Solar Impulse 2* здійснив *кругосвітний переліт*. «Імпульсом» по черзі керували пілоти Андре Боршберг і Бертран Пікар. Почав він свою подорож навколо Землі 9 березня 2015 року, а закінчив 26 липня 2016. В цілому літак зробив зупинки в 15 країнах світу і встановив ряд світових рекордів. Він встановив також рекорд *найтривалішого безперервного перебування в повітрі - понад 120 годин*. Всього *Solar Impulse 2* подолав більше 40 тисяч кілометрів. При цьому час, який він провів у повітрі, склав майже 510 годин. *Розмах крил літака дорівнює 72 метрам, а його вага 2,3 тони*. На ньому встановлено понад 17 тисяч сонячних батарей, від яких працюють чотири електромотори.

ТИПИ ФОТОЭЛЕКТРИЧНЫХ СИСТЕМ

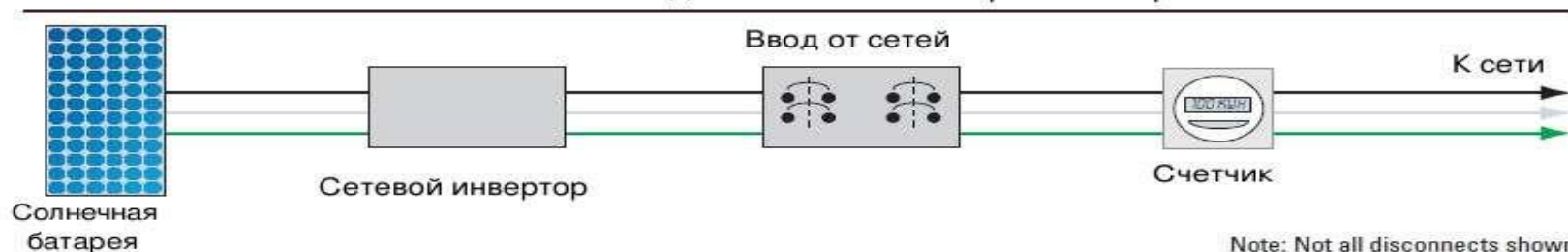
Автономная фотоэлектрическая энергосистема



Гибридная батарейно-сетевая фотоэлектрическая система



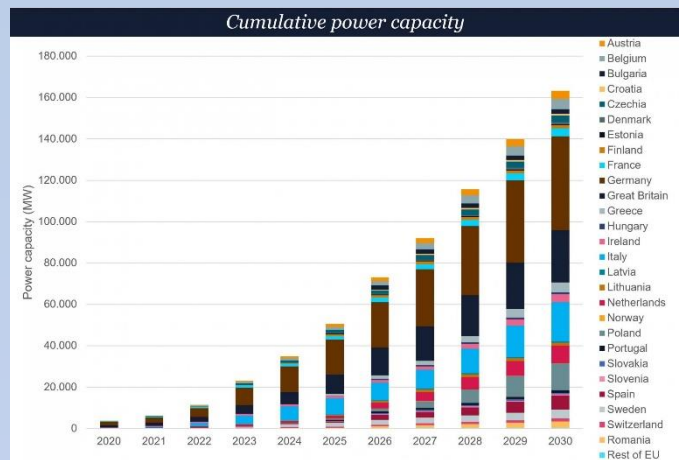
Соединенная с сетью фотоэлектрическая система



Note: Not all disconnects shown

СИСТЕМИ НАКОПИЧЕННЯ ЕНЕРГІЇ

Сукупна потужність систем зберігання енергії
у країнах Європи у 2020-2030 рр.



*Минулий рік в Європі став рекордним за встановленням систем зберігання енергії (energy storages): було розгорнуто 11,9 ГВт в усіх масштабах і технологіях, в результаті чого загальний обсяг установок досягнув 89 ГВт. Такі цифри у своєму дев'ятому щорічному виданні “Моніторинг європейського ринку систем накопичення енергії” (EMMES) наводять Європейська асоціація зберігання енергії (EASE) та дослідницька консалтингова компанія LCP Delta. Зазначається, що із загального об'єму у 89 ГВт **переважна частина – 53 ГВт – припадає на гідроакumuлюючі електростанції**. У сегменті сонячних електростанцій (СЕС) Італія додала 1,6 ГВт у 2024 році завдяки проектам на ринку потужностей, за нею йде Великобританія з 1,3 ГВт. Вже другий рік поспіль понад мільйон європейських будинків **встановили акумуляторні накопичувачі, як правило, разом із СЕС**. Попри уповільнення, Німеччина та Італія залишаються провідними ринками для домашніх систем зберігання, причому **в Німеччині у 2024 році було встановлено 510 000 нових установок**, навіть незважаючи на падіння на 10%. Ринок комерційних та промислових акумуляторних систем збільшився приблизно на 28%. У звіті також прогнозується подальше стрімке зростання галузі стореджів до 2030 року завдяки технологічному прогресу, політичній підтримці та іншим ключовим факторам. **Очікується, що до 2030 року в європейських мережах з'явиться ще 128 ГВт електрохімічних накопичувачів***

Источник: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/u-2024-roci-ievropa-dodala-12-gvt-sistem-zberigannya-enerгии/>

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ