АНАЛІЗ ЗМІН В КЛАСИФІКАЦІЇ ГЛИБОКИХ ГЕОТЕРМАЛЬНИХ СИСТЕМ ЧЕРЕЗ ПОЯВУ НОВИХ РІШЕНЬ В СФЕРІ БУРІННЯ

к.т.н. Лисак Олег Віталійович,
науковий співробітник відділу геотермальної енергетики
Інститут відновлюваної енергетики НАН України

XLI науково-технічна конференція молодих вчених та спеціалістів
Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, м. Київ, 17 травня

Типи геотермальних ресурсів

Геотермальні ресурси становлять ту частину тепловмісту твердої, рідкої та газоподібної фаз земної кори, яка може бути вилучена з надр Землі та використана при сучасному рівні розвитку геотермальної технології.

Джерело: [1] Відновлювані джерела енергії / За заг. ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. – 392 с

[2] Geothermal explained. IEA. URL: https://www.eia.gov/energyexplained/geothermal/.

Помилки в класифікації та термінології

Категоризація є важливою, оскільки вона розглядає потенційну роль технологій і те, що вони можуть запропонувати для енергетичного переходу. Оскільки відбувається зміна клімату і є гостра необхідність скоротити викиди вуглецю, кожна з технологій відновлюваної енергетики має відігравати свою роль.

На разі, в галузі геотермальної енергетики досі не змогли чітко сформулювати концепцію інформаційної політики про те, що геотермальна галузь може запропонувати.

Наприклад, був випадок, коли геотермальну теплову станцію характеризували як електричну.

Джерело: Power, energy, electricity, heat and geothermal – the importance of the right terminology Url: https://www.thinkgeoenergy.com/power-energy-electricity-heat-and-geothermal-the-importance-of-the-right-terminology/

Типи геотермальних ресурсів

- **гідротермальні** – теплота глибинних підземних термальних вод у вигляді геотермального теплоносія. Під геотермальним теплоносієм розуміється підземна вода, пара, природний газ та інші хімічні речовини чи їхня суміш, що добуваються із надр Землі та використовуються за допомогою тепло- і електрогенеруючих установок;
- **петротермальні** – теплота перегрітих сухих гірських порід, яка використовується за допомогою свердловинних теплообмінників або шляхом створення штучних підземних проникних колекторів;

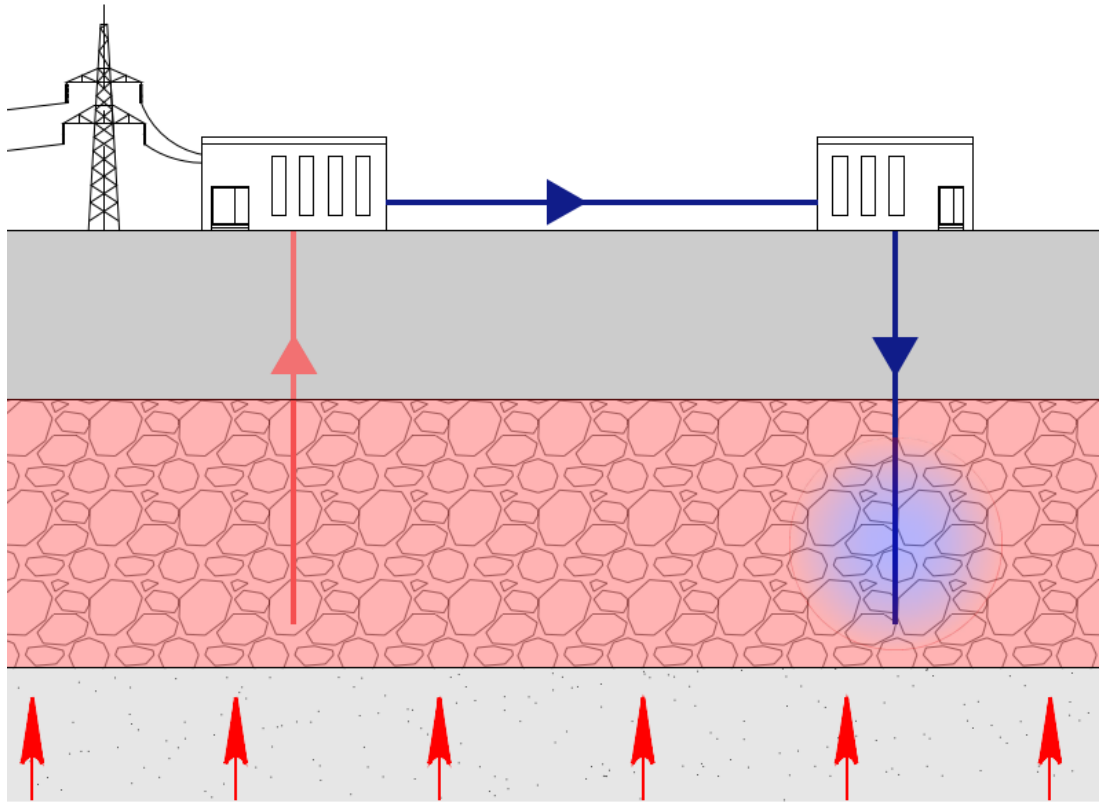
Глибинні геотермальні ресурси

- **субгеотермальні**, які пов’язані з теплотою підземних водоносних горизонтів і ненасичених водою верхніх шарів Землі до глибини 500 м (в [2] – 400 м).
- **до геотермальних ресурсів також відноситься скидна теплота** від відновлюваних джерел енергії, енергетичних установок на традиційному паливі та промислових підприємств, яка акумулюється у верхніх шарах Землі і використовується з енергетичною метою.

Джерело: [1] Відновлювані джерела енергії / За заг. ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. – 392 с

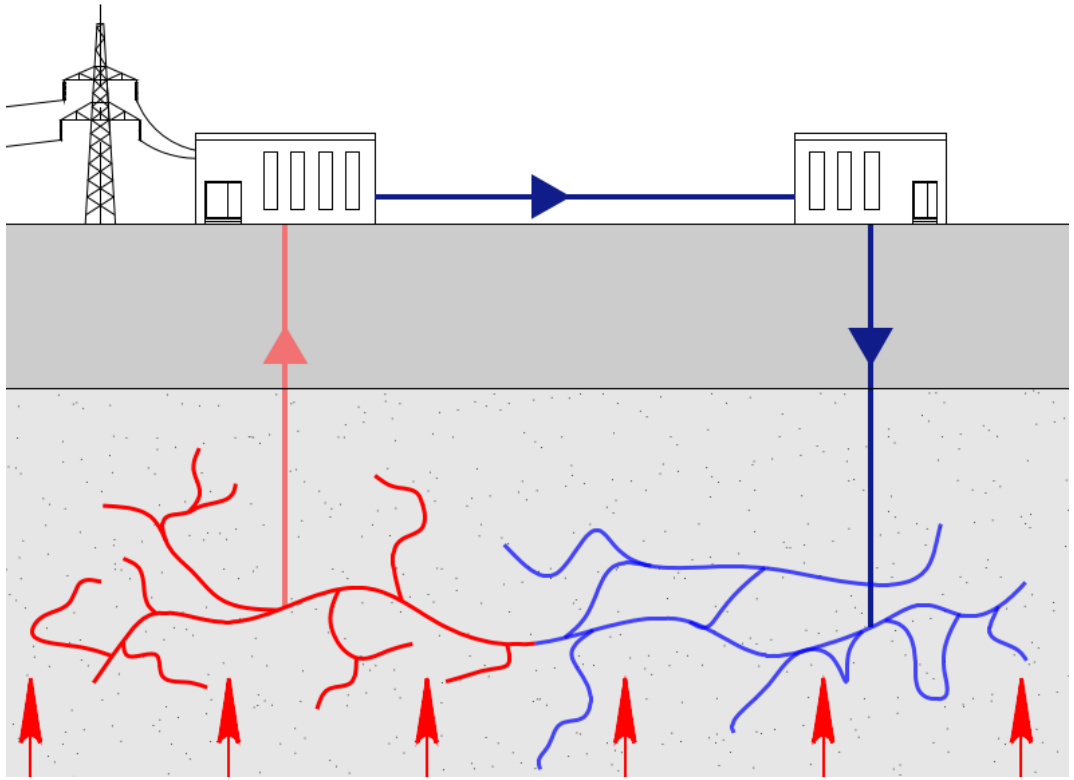
[2] Breede K., Dzebisashvili K., Falcone G. (2015) Overcoming challenges in the classification of deep geothermal potential // Geothermal Energy Science. 2015. № 1 (3). P. 19–39. https://doi.org/10.5194/gtes-3-19-2015

Традиційна схема видобування геотермальних ресурсів



Такі системи можна характеризувати як традиційні, що не використовують додаткового стимулювання теплообміну та є переважно розташованими в регіонах на межі тектонічних плит, геотермальні ресурси яких характеризувались значним надходженням теплоти, наявністю води в гірських породах та високою ступінню проникності гірських порід.

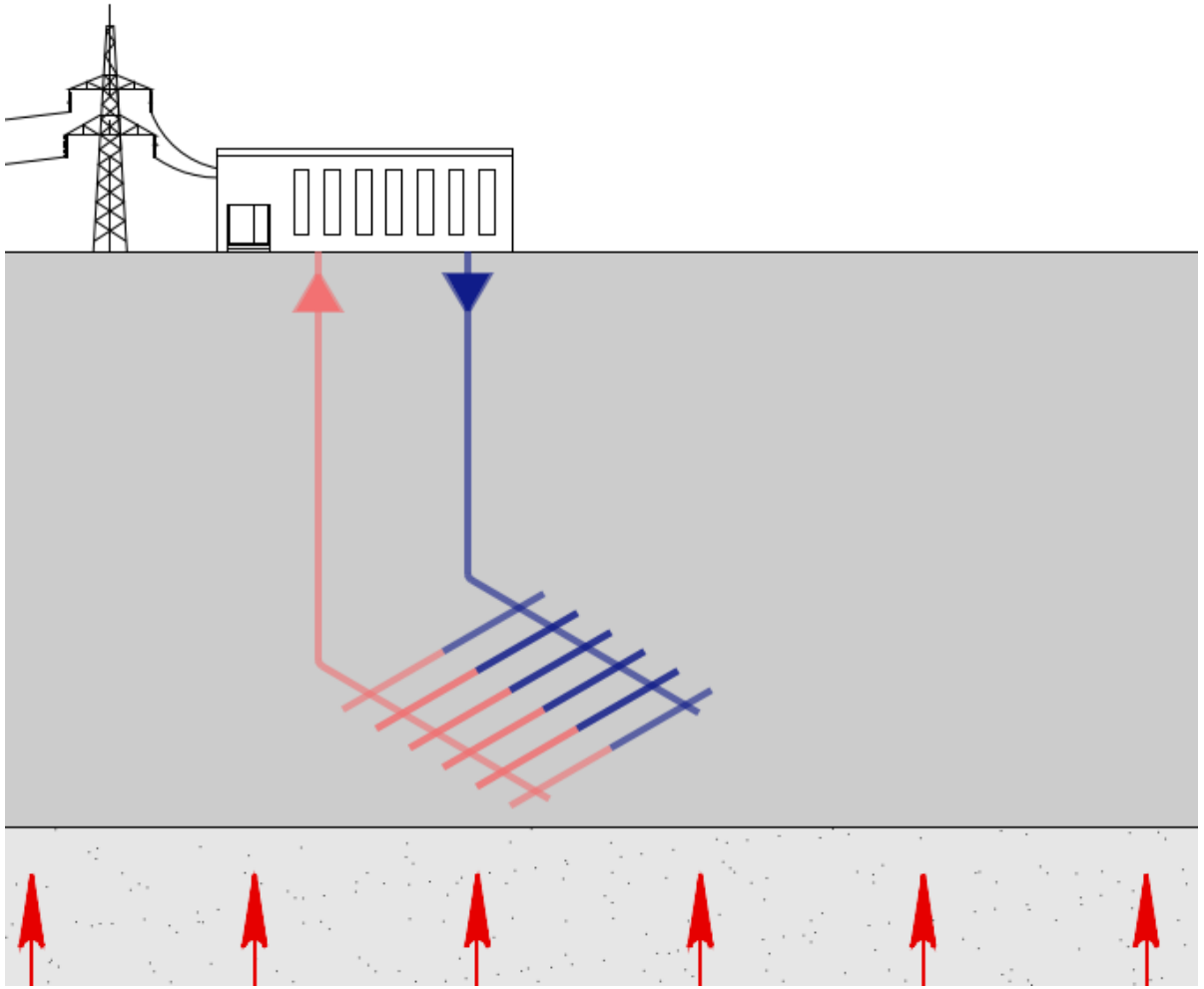
«Вдосконалена (або штучна) геотермальна система» (англ. enhanced (or engineered) geothermal system, EGS)



Традиційна EGS

Ці системи покращують проникність геотермального родовища за допомогою гідравлічної, хімічної та теплової стимуляції. Терміном EGS можуть позначати системи як гідро-, так й петротермальні, і хоча певні джерела його оминають, загалом термін отримав широке застосування . Переважно EGS демонструють як дві вертикальні свердловини з розривом пласту.

Вдосконалена EGS



Сьогодні є й більш оновлені концепції, які використовують горизонтальне буріння та багатостадійну технологію гідророзриву пласта.

Джерело: Utah FORGE publishes Wiki dashboard for open-access data. Url: https://www.thinkgeoenergy.com/utah-forge-publishes-wiki-dashboard-for-open-access-data/

Відмінності в термінології EGS

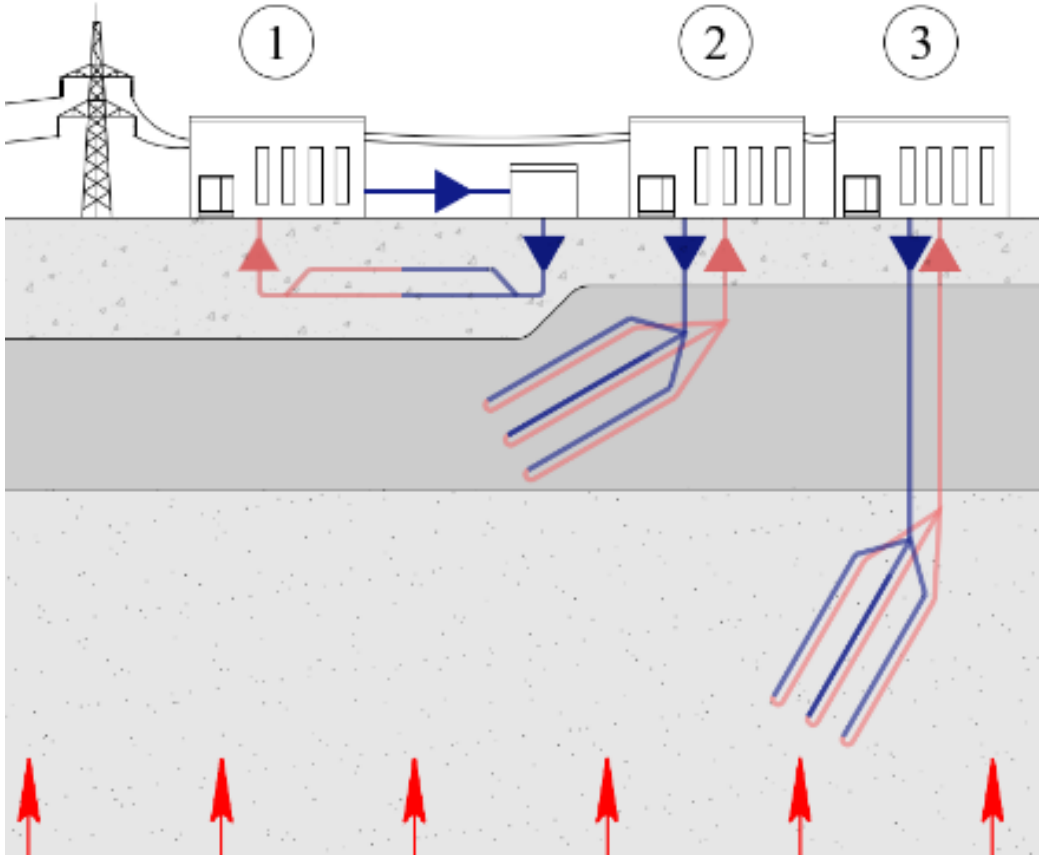
Hot Dry Rock (1970s) → **Hot Wet Rock (1998)** → **Stimulated geothermal systems, deep heat mining and deep earth geothermal (2000s)** → **EGS (2006)**

Терміни для позначення петротермальних систем:

- enhanced geothermal systems (EGSs)
- engineered geothermal systems (EGSs)
- hot dry rock (HDR)
- hot wet rock (HWR)
- deep heat mining (DHM)
- stimulated geothermal systems (SGSs)
- deep geothermal probes.

Джерело: Breede K., Dzebisashvili K., Falcone G. (2015) Overcoming challenges in the classification of deep geothermal potential // Geothermal Energy Science. 2015. № 1 (3). P. 19–39. https://doi.org/10.5194/gtes-3-19-2015

Вдосконалена геотермальна система (англ. advanced geothermal system, AGS)

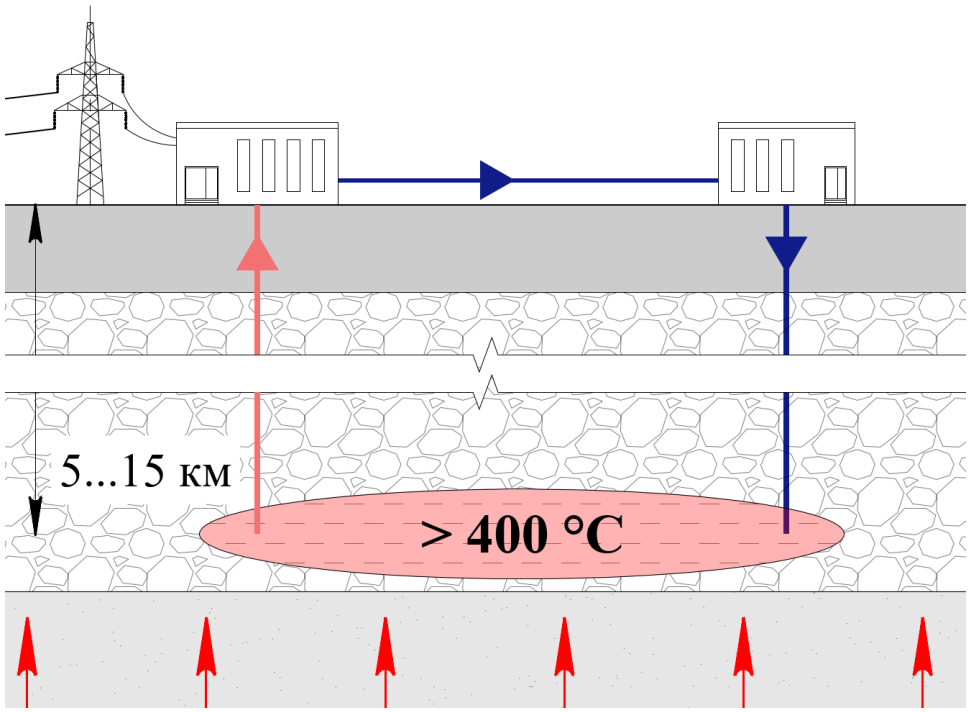


Приклад розвитку концепції AGS з використанням двох свердловин, на прикладі проєкту компанії Eavor:

(1) перша фаза впровадження проєкту, з горизонтальним теплообмінником;
(2) друга фаза впровадження проєкту, з масштабуванням продуктивності до мінімального рентабельного значення, з нижчим та похилим розміщенням теплообмінника;
(3) третя фаза проєкту, впровадження якої й буде фактичним проривом в розвитку технології, а продуктивність має бути значно.

Це системи, що мають глибокі, великі, штучні замкнуті контури, в яких циркулює теплоносій, що нагрівається гірськими породами високої температури, тобто теплообмін здійснюється за рахунок теплопровідності. AGS не потребує водоносного пласта і може бути застосована практично в будь-якому місці. Однак через потребу в довших свердловинах, вартість таких систем є вищою. AGS можна характеризувати як петротермальну, проте за своєю конструкцією та технологією створення вона значно відрізняється від петротермальних систем, що використовувались раніше.

Надкритична геотермальна система (англ. supercritical geothermal system, SGS)



Ця система використовує природний резервуар, що містить рідину в надкритичному стані . Ця система має бути продуктивнішою за традиційні, але потребуватиме вдосконалення технології буріння та спеціальних матеріалів. В одних джерелах SGS розглядали в розділі про AGS, а в інших – як окрему систему.

Вартість електроенергії AGS
2,59 грн/кВт

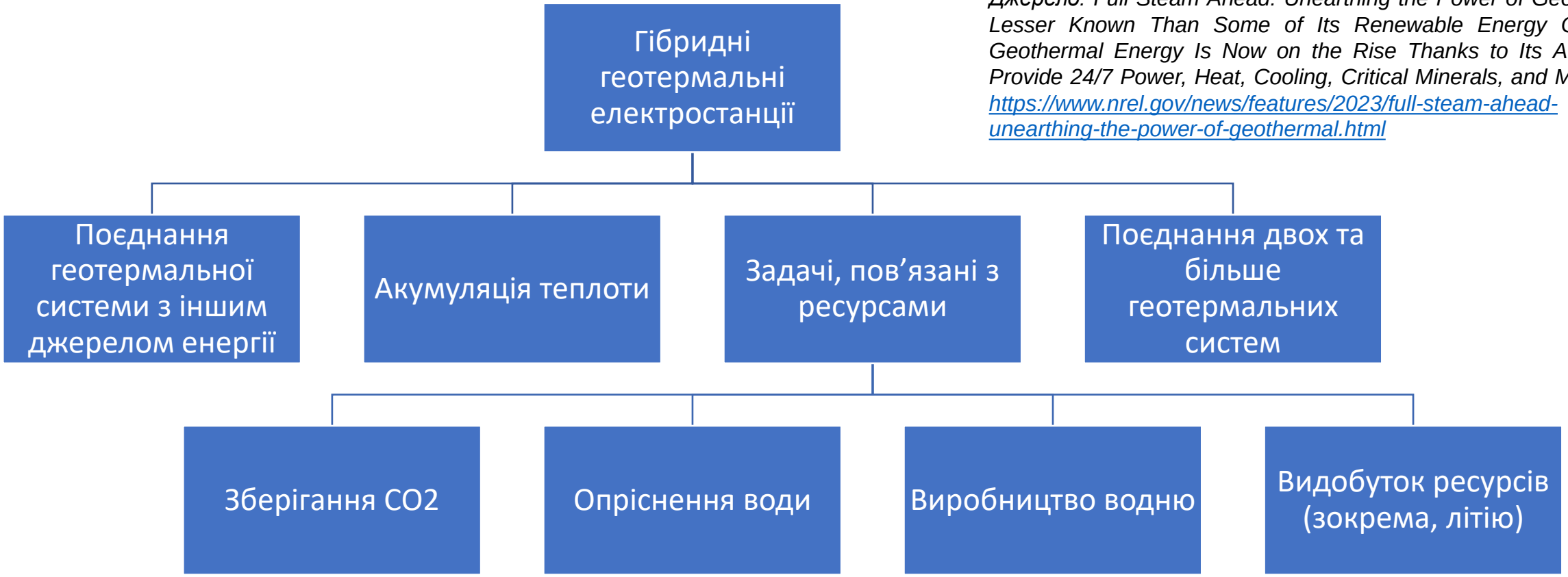
Джерело: The Role of Clean Firm Power Generation in a 2050 Net-Zero Electricity Grid https://www.eavor.com/what-the-experts-say/the-role-of-clean-firm-power-generation-in-a-2050-net-zero-electricity-grid/

Вартість електроенергії SGS
0,74...1,30 грн/кВт

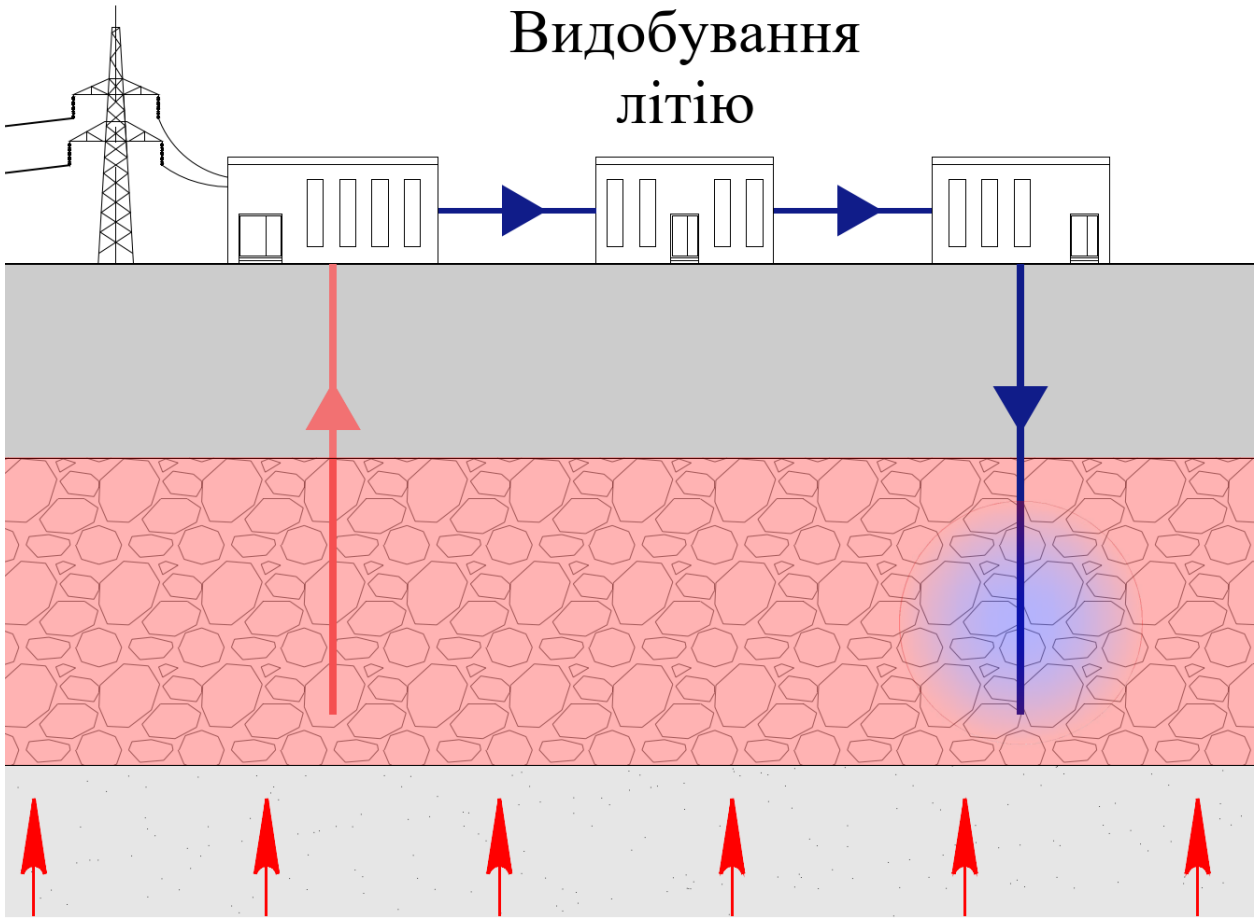
Джерело: Superhot Rock Energy: A Vision for Firm, Global Zero-Carbon Energy (November 2022. Url: https://www.catf.us/resource/superhot-rock-energy-a-vision-for-firm-global-zero-carbon-energy

«Гібридна геотермальна система» (англ. hybrid geothermal system, HGS)

Джерело: Full Steam Ahead: Unearthing the Power of Geothermal Lesser Known Than Some of Its Renewable Energy Cousins, Geothermal Energy Is Now on the Rise Thanks to Its Ability To Provide 24/7 Power, Heat, Cooling, Critical Minerals, and More Url: https://www.nrel.gov/news/features/2023/full-steam-ahead-unearthing-the-power-of-geothermal.html



Отримання літію з геотермального розсолу



Очікувана виробнича собівартість видобування геотермального літію очікується в приблизно 148 тис. грн за метричну тонну карбонату літію (LCE), а заявлені внутрішні норми прибутковості вказують на те, що такий рівень виробничої собівартості є економічно обґрунтованим за вартості вище 407 тис. грн/т LCE. Для порівняння, ринкові ціни з середини 2018 року коливаються від приблизно 278 до 740 тис. грн/т LCE.

Джерело: [1] Techno-Economic Analysis of Lithium Extraction from Geothermal Brines. Url: https://www.nrel.gov/docs/fy21osti/79178.pdf

[2] Geothermal Lithium in Europe. An industrial strategy for the geothermal lithium battery value-chain. May 2020. Url: https://www.egec.org/wp-content/uploads/2020/05/Geothermal-Lithium-paper_FINAL-Version.pdf

Висновки

Проведений аналіз показав, як останні інновації в сфері геотермальної енергетики призвели до розширення та ускладнення класифікацій геотермальних систем, зокрема й те, що нові системи вже не мають бути прив’язані до природніх джерел з високою температурою теплоносія, а можуть бути створені й в будь-яких інших регіонах.

Дякую Вам за увагу.
Слава Україні!