



Державна служба
геології та надр
України



ДКЗ

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Інститут геологічних наук Національної академії наук України
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Львівський національний університет імені Івана Франка

2024 

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

IX міжнародна науково-практична конференція

НАДРОКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ. ПЕРСПЕКТИВИ ІНВЕСТУВАННЯ

7-11 жовтня 2024, м. Львів, Україна

IX international scientific-practical conference

SUBSOIL USE IN UKRAINE. PROSPECTS FOR INVESTMENT

7-11 october 2024, Lviv, Ukraine

ОЦІНКА ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ГЕОТЕРМАЛЬНИХ ПРОЕКТІВ НА ПРИКЛАДІ ECOFIELD SOLOTVYNO

Віршило І.В.^{1,2}, к. геол. н., доцент, ivirshylo@gmail.com,

Братах М.І.³, к. техн. н., Mykhailo.bratakh@ugv.com.ua,

Курило М.М.¹, д. геол. н., доцент, marikurylo@meta.ua,

Скрипник В.В.³, viktoriia.skrypnyk@ugv.com.ua,

1 – Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна,

2 – АТ «Укргазвидобування», м. Київ, Україна,

3 – АТ «Укргазвидобування» Український науково-дослідний інститут природних газів (УкрНДІгаз), м. Київ, Україна

В роботі визначені етапи і складові життєвого циклу реалізації геотермальних проектів. Виділені стадії та етапи відмінні за тривалістю, обсягами і видами робіт, капітальними та експлуатаційними витратами та іншими параметрами. Для подальшого оцінювання геотермальних проектів рекомендується виділяти від 4 до 8 головних етапів їх реалізації. За досвідом реалізації проектів геотермальної енергетики максимальні ризики і значна частка інвестицій припадає на перші етапи вивчення, розвідки та буріння свердловин. Вони можуть тривати від 4 до 7 років і з ними пов'язані до 50% всіх необхідних інвестицій. Типовий проект геотермальної енергетики має тривалість життєвого циклу від 25 до 50 років експлуатації в залежності від виробничої потужності станції та терміну забезпеченості ресурсами.

ASSESSMENT OF THE LIFE CYCLE OF GEOTHERMAL PROJECTS ON THE EXAMPLE OF ECOFIELD SOLOTVYNO

Virshylo I.², Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., ivirshylo@gmail.com,

Bratakh M.³, Cand. Sci. (Eng.) Mykhailo.bratakh@ugv.com.ua,

Kurylo M.¹, Dr. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., marikurylo@meta.ua,

Skrypnyk V.³, viktoriia.skrypnyk@ugv.com.ua,

1 – Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine,

2 – JSC "Ukrgezvydobuvannya", Kyiv, Ukraine,

3 – JSC "Ukrgezvydobuvannya" Ukrainian Research Institute of Natural Gases (UkrNDIGaz), Kyiv, Ukraine

The paper determines the stages and components of the life cycle of the implementation of geothermal projects. The selected stages differ in duration, volumes and types of work, capital and operating costs and other parameters. For the further evaluation of geothermal projects, it is recommended to distinguish from 4 to 8 main stages. According to the experience of the implementation of geothermal energy projects, the maximum risks and a significant share of investments fall on the first stages of exploration and drilling of wells. They can last from 4 to 7 years and are associated with up to 50% of all necessary investments. A typical geothermal energy project has a life cycle duration of 25 to 50 years of operation, depending on the plant's production capacity and the term of resource availability.

Геотермальні проекти реалізуються поетапно, що має на меті мінімізацію ризиків і максимально ефективного використання ресурсів – матеріальних, робочої сили, інвестицій та часу. Завданням кожного етапу і стадії є виокремлення найбільш перспективних ділянок і визначення найбільш прибуткових варіантів освоєння.

В окремих роботах по плануванню і проектуванню геотермальних проектів виділяють від 5 до 8 стадій, які в загальному стосуються виділення 2 базових періодів: вивчення ділянок надр (в. тому числі геологічне, технологічне, економічне та екологічне) та розробки геотермальних ресурсів. Типові складові цих періодів наведено на рис. 1.

Перший період вивчення (exploration), метою якого є виявлення перспективного пласта, включаючи дослідження можливого його використання, спочатку характеризується високою невизначеністю і відповідно має значний рівень геологічного та економічного ризиків, з яким необхідно зіткнутися через поступово зростаючі, але відносно недорогі інвестиції. Етап розробки/експлуатації передбачає вже невеликі ризики, але вимагає великих інвестицій.

За даними OLADE (OLADE, 1994; Alfonso Aragon-Aguilar, 2019; Geothermal Handbook, 2012) з практичної точки зору геотермальний проект можна розділити на етапи, які зображені на рис 1.

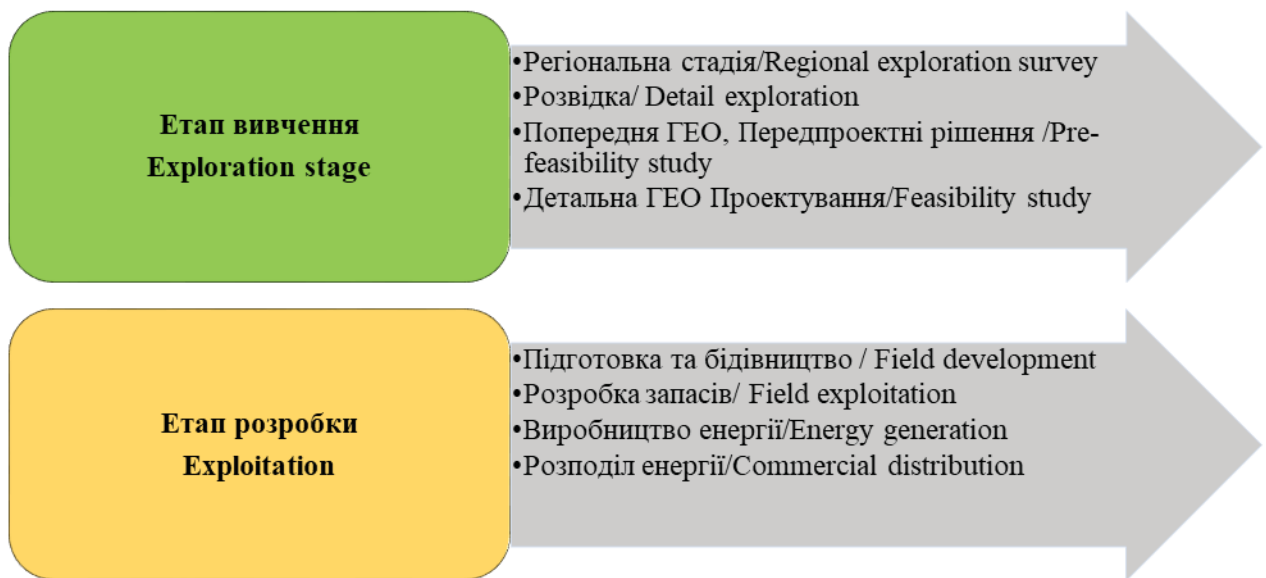


Рис. 1. Базові періоди геотермального проекту за даними OLADE
(*OLADE, 1994; Alfonso Aragyn-Aguilar, 2019; Geothermal Handbook, 2012*)

Для реалізації проекту в маловивченому регіоні необхідно починати з рекогносцирувального дослідження та пошуків, які охоплюють площу 1000 км² і більше. Ці роботи дозволяють сформулювати перші гіпотези щодо геотермальних перспектив регіону та вибрати один або кілька сприятливих районів для проведення розвідки і початкових техніко-економічних досліджень. Подібним чином буде розроблена детальна програма розвідки для геотермальних територій, які визначені за результатами робіт. Метою наступної стадії є виявлення за допомогою польових робіт можливого існування перспективного підземного резервуару. Територія цієї стадії налічує від 400 до 500 км². Після того, як геотермальний проект позитивно оцінюється на стадії попередньої ГЕО і передпроектних рішень, він розвивається до етапу техніко-економічного обґрунтування. Перевірка наявності пласта на площі від 10 до 100 км² здійснюється шляхом буріння глибоких свердловин. Так само оцінюються ймовірні запаси перспективної ділянки та розробляється ескізний проект систем, які будуть використовуватися на наступних етапах.

Стадія розробки включає продовження буріння свердловин, виконання детальних інженерно-геологічних і технологічних досліджень, оцінку ресурсів і підрахунок запасів, видобуток запасів, розробку проекту та будівництво електростанції.

Тривалість кожної стадії залежить від попереднього вивчення і підготовленості території і може змінюватися відповідно до інвестиційного забезпечення. Загалом, при наявності достатньої кількості усіх видів ресурсів характерний наступний розподіл етапів в часі. Процес, починаючи з дистанційного вивчення, рекогносцирування території, за якими слідує пошукове та розвідувальне буріння для підтвердження наявності ресурсу, зазвичай займає від двох до трьох років. Перш ніж можна буде розпочати операції, потрібно ще від трьох до п'яти років для додаткового буріння, облаштування свердловин та будівництва електростанції. Після введення в експлуатацію геотермальна енергія стає надійним та екологічно доцільним джерелом палива для довгострокового виробництва електроенергії за відносно стабільної вартості. Однак поєднання необхідності значних попередніх капітальних вкладень задовго до отримання доходів від продажу електроенергії та високого рівня ресурсного ризику до та під час ранньої стадії буріння може сповільнити темпи розвитку геотермальної енергетики і іноді вони заважають реалізації проектів.

Процес розробки ресурсу передбачає управління геотермальним флюїдом від його видобутку до його експлуатації шляхом виробництва електроенергії або будь-якого прямого використання тепла. Технології застосовуються під час експлуатації для оптимізації використання рідини та її транспортування до генеруючих установок, гарантуючи безперервну роботу родовища та спостерігаючи та контролюючи розвиток пласта.

На сьогодні стадії реалізації геотермальних проєктів описані у міжнародних публікаціях спеціалізованих організацій, інформація яких базується на досвіді, набутим різними країнами, де геотермальні проєкти були виконані. Зокрема, в публікаціях Міжнародної геотермальної асоціації (IGA) систематизовано деякі практики, які застосовуються в різних геотермальних проєктах. Незважаючи на відмінності в методології та техніці між різними країнами, загальне керівництво встановлює процес із семи етапів розробки цих проєктів. Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP) в Geothermal Handbook і в основному містить вище згадані етапи, із додаванням того, що на етапі експлуатації виділено ще дві складові: (1) будівництво генеруючої станції та (2) пуск- і експлуатація. Процес із семи етапів, запропонований (*Geothermal Handbook, 2012*), показаний на рисунку 3, додавши в кінці сьомого відповідно експлуатацію та польове обслуговування. Всі названі документи (*Alfonso Aragyn-Aguilar, 2019; Comparative Analysis, 2021; Geothermal Handbook, 2012; IGA, 2013; OLADE, 1994*) збігаються в попередньому обстеженні як підстави для ініціювання геотермального проєкту.

Відповідно до запропонованої схеми мінімальна тривалість реалізації проєкту геотермальної енергетики складе 22-25 років, а максимальна залежить від терміну забезпеченості геотермальними ресурсами та можливістю залучати початкові інвестиції.

На наступному рисунку 2 проілюстрована схема життєвого циклу типового геотермального проєкту за даними ESMAP. Подібно до попередніх описаних циклів тут виділено 2 базових періоди, перший з яких стосується пошуку, оцінки та підготовки самого ресурсу, а другий – будівництва і експлуатації. Тривалість мінімального циклу проєкту в цій схемі трохи вище ніж попередній схемі і складає 23-27 років.

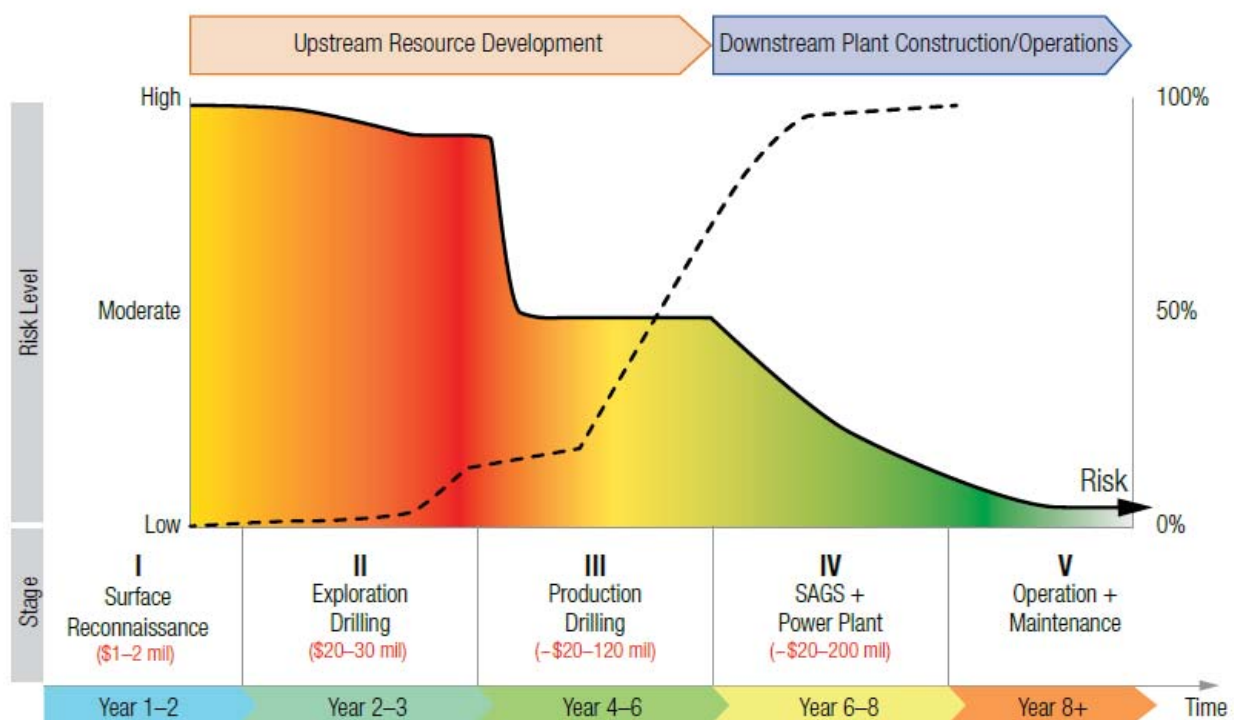


Рис. 2. Концептуальна схема життєвого циклу геотермального проєкту за даними (*Comparative Analysis, 2021*)

Вартість реалізації кожного етапу, який виділено на схемі коливається від перших мільйонів до сотень мільйонів доларів, і кумулятивно досягає 50% всіх необхідних інвестицій ≈ 125 млн \$ на етапі Експлуатаційне буріння/Exploitation drilling. Сумарні значення витрат, які необхідні для запуску проєкту до стадії виробництва досягають 200-350 млн \$ в залежності від масштабу ресурсів і потужності станції.

Розподіл сукупного ризику реалізації проєкту наведено на рис. 3 відповідно виділених стадій оцінювання і виробництва.

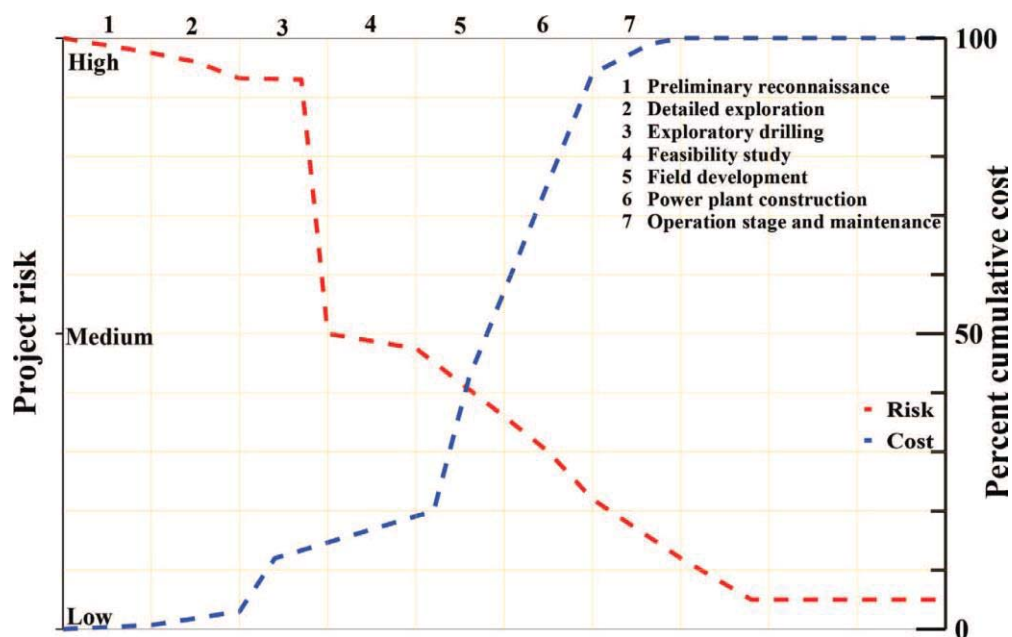


Рис. 3 Розподіл ризику реалізації та вартості геотермального проекту (за даними (Alfonso Aragyn-Aguilar, 2019; Comparative Analysis, 2021))

Для наступної оцінки геотермальних ресурсів ділянки Солотвино використано базову схему, яка наведена на рис.2-3. Термін освоєння геотермальних ресурсів ділянки Солотвино встановлено як середній розрахунковий період для аналогічних проектів за даними джерел (Geothermal Handbook, 2012; IRENA, 2017; Preparing Feasibility, 2021). В різних публікаціях і шаблонах пропонують використовувати період для геотермальних проектів:

15 років – як мінімальний з огляду на тривалий термін підготовки, будівництва і запуску експлуатації;

30 років – середній розрахунковий термін;

50 років – максимальний з врахуванням можливої зміни технології протягом даного періоду.

В даному дослідженні використано термін 30 років, вкл.23 роки виробництва, з врахуванням максимального строку надання спеціальних дозволів на використання надр. Основні стадії вивчення, підготовки, будівництва і промислового освоєння для ділянки Солотвино наведено в наступній таблиці. Ці періоди визначені у річному вимірі із використанням даних проектів-аналогів та рекомендації методичних документів у напрямі оцінки геотермальних проектів (Geothermal Handbook, 2012; IRENA, 2017; Preparing Feasibility, 2021).

Таблиця 1

Основні стадії вивчення, підготовки, будівництва і промислового освоєння для ділянки Солотвино

№	Eman/Stage	Тривалість, років/ Duration, years
1	Геологічне вивчення (регіональний масштаб)/ Regional exploration survey	1
2	Розвідка, буріння, оцінка/ Exploration drilling	2
3	Проектування/FS	1
4	Підготовка і будівництво в межах ділянки. Експлуатаційні свердловини/ Development	2
5	Будівництво станції/ Plant construction	1
6	Промислове освоєння і виробництво/ Operation and maintenance	23

Значення продуктивності встановлені відповідно до обраних технологічних рішень із врахуванням попиту в межах визначеного регіону. Для техніко-економічних розрахунків використано 2 варіанти продуктивності – 10 та 15 МВ. В річному розподілі продуктивності враховані періоди нарощування потужностей та їх зменшення в кінці терміну експлуатації. Розподіл виробничих потужностей наведено на наступних рис. 4.

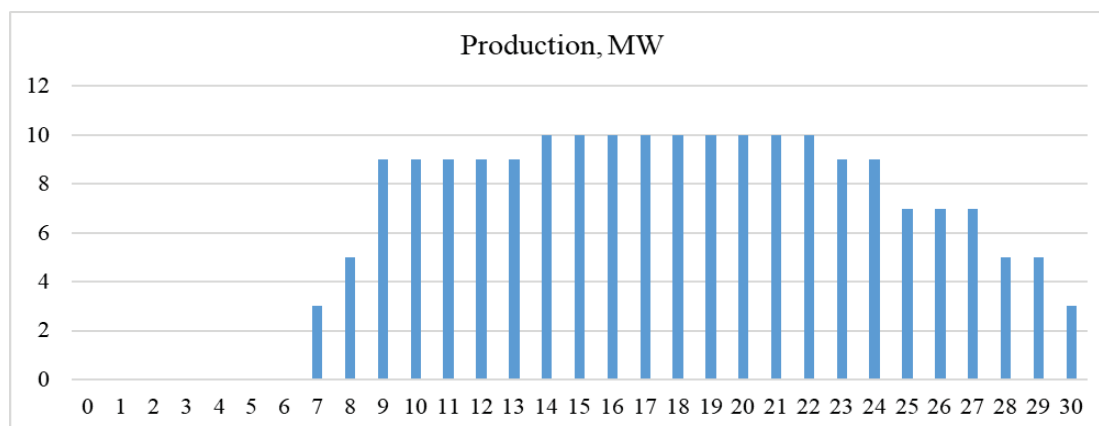


Рис. 4. Розподіл виробничих потужностей при освоєнні геотермальних ресурсів ділянки Солотвино протягом 30-річного періоду для максимальної продуктивності 10 МВ

Таким чином, для визначення доцільності проведення та економічної ефективності реалізації геотермального проекту визначають і обґрунтовують етапи і складові життєвого циклу такого освоєння. Виділені стадії та етапи відмінні за тривалістю, обсягами і видами робіт, капітальними та експлуатаційними витратами та іншими параметрами. Для подальшого оцінювання геотермальних проектів рекомендується виділяти від 4 до 8 головних етапів їх реалізації. За досвідом реалізації проектів геотермальної енергетики максимальні ризики і значна частка інвестицій припадає на перші етапи вивчення, розвідки та буріння свердловин. Вони можуть тривати від 4 до 7 років і з ними пов'язані до 50% всіх необхідних інвестицій. Типовий проект геотермальної енергетики має тривалість життєвого циклу від 25 до 50 років експлуатації в залежності від виробничої потужності станції та терміну забезпеченості ресурсами.

Список використаних джерел:

1. *Alfonso Aragyn-Aguilar, Georgina Izquierdo-Montalvo, Daniel Octavio Aragyn-Gaspar and Denise N. Barreto-Rivera. Stages of a Integrated Geothermal Project (2019), <https://www.intechopen.com/chapters/64027>. DOI: 10.5772/intechopen.81017.*
2. *Geothermal Handbook: Planning and Financing Power Generation Magnus Gehringer and Victor Loksha Energy Sector Management Assistance Program. (2012). The World Bank// https://www.esmap.org/sites/esmap.org/files/DocumentLibrary/FINAL_Geothermal%20Handbook_TR002-12_Reduced.pdf.*
3. *Geothermal Investment Guide// www.geoelec.eu/wp-content/uploads/2011/09/D3.4.pdf.*
4. *Comparative Analysis of Approaches to Geothermal Resource Risk Mitigation. Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP) (2021)// <https://www.esmap.org/node/56863>.*
5. *IGA Service GmbH. Geothermal exploration best practices: A Guide to Resource Data Collection, Analysis, and Presentation for Geothermal Projects. Germany: Bochum University of Applied Sciences (Hochschule Bochum); 2013. 74 pp.*
6. *IRENA (2017), Geothermal Power: Technology Brief, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.*
7. *Magnus Gehringer and Victor Loksha. Geothermal Handbook : Planning and Financing Power Generation. Energy Sector Management Assistance Program (2012). The World Bank// https://www.esmap.org/sites/esmap.org/files/DocumentLibrary/FINAL_Geothermal%20Handbook_TR002-12_Reduced.pdf.*

8. *Michelle Wagner, Tom Bide, Daniel Cassard, Jaco Huisman, Pascal Leroy, Špela Bavec et al. (2019). Optimising quality of information in RAW MATERIALS data collection across Europe (ORAMA), Technical Final Report & Recommendations, November 15, 2019, Brussels, Belgium// <http://www.orama-h2020.eu>.*

9. *OLADE (Organizaciyn LatinoAmericana de Energia), BID (Banco InterAmericano de Desarrollo). Guia para estudios de reconocimiento y prefactibilidad geotermicos, Quito, Ecuador; (1994). 146 p.*

10. *Preparing Feasibility Studies for Financing of Geothermal Projects: An Overview of Best Practices. ESMAP. (2021). Washington, DC: World Bank. License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO.*

11. *Specifications for the application of the United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009 (UNFC-2009) to Geothermal Energy Resources, (2016) // https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/UNFC_specs/UNFC.RE_e.pdf.*