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

УДК 620.9:502/504

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ КЛАСИФІКАЦІЇ UNFC ДЛЯ ПРОЕКТІВ ВЛОВЛЮВАННЯ І ЗБЕРІГАННЯ CO_2

***Курило М.М.*[1]**, *д. геол. н., доцент, marikurylo@meta.ua;*
***Паюк С.О.*[2]**, *asc@dkz.gov.ua,*
1 – Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна,
2 – Державна комісія України по запасах корисних копалин, Київ, Україна

У роботі проводиться аналіз об'єктів оцінки та класифікаційних ознак для проектів вловлювання і зберігання CO_2 в Рамковій класифікації ООН. Для оцінки і класифікації проектів використовують наступні ознаки: екологічна, економічна та соціальна життєздатність проекту; статус проекту та ступінь геологічного вивчення. Проект як об'єкт оцінки включає не лише ресурси геологічного середовища для зберігання CO_2 та кількості вловлювання і зберігання , а також все обладнання та системи, необхідні для цих процесів, в тому числі нагнітальні та спостережні свердловини, наземне обладнання, шлейфи закачування та центр управління операціями, свердловини для скидання тиску та обладнання для переробки видобутого флюїду. Залежно від місця передачі на зберігання проект може включати трубопровід закачування. Показні відмінності класифікації проектів на різних стадіях промислового освоєння. Відзначено, що ознаки і класи РК ООН повинні застосовуватись не лише для ресурсів геологічного середовища для зберігання CO_2 як основного, але й як супутнього виду господарської діяльності.

APPLICATION PECULARITIES OF THE UN FRAMEWORK CLASSIFICATION TO CO_2 CAPTURE AND STORAGE PROJECTS

***Kurylo M.*[1]**, *Dr. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., marikurylo@meta.ua;*
***Payuk S.*[2]**, *asc@dkz.gov.ua,*
1 – Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine,
2 – State Commission of Ukraine on Mineral Reserves, Kyiv, Ukraine

The study analyzes the assessment objects and classification features for CO_2 capture and storage projects in the UN Framework Classification. The following features are used to assess and classify projects: environmental, economic and social viability of the project; project maturity and level of geological study. The project as an assessment object includes not only the resources of the geological environment for the storage of CO_2 and the capture and storage amount, but also all the equipment and systems necessary for these processes, including injection and monitoring wells, surface equipment, injection loops and an operations control center, pressure relief wells and equipment for processing the extracted fluid, the project may include an injection pipeline. It was noted the features and classes of the UNFC should be applied not only to resources of the geological environment for CO2 storage as the main one, but also as an additional type of economic activity.

Сьогодні проекти вловлювання і зберігання CO_2 розглядаються як важлива складова зеленого енергетичного переходу і управління змін клімату і за останні роки сформували окремий вид бізнесу, який часто пов'язаний із комплексним освоєнням виснажених родовищ вуглеводнів. Розвиток і масштаби цієї діяльності сформували необхідність нормалізації способів звітності про потенціал і ресурси для вловлювання і зберігання CO_2. Загальна система оцінки та порівняння таких проектів потрібна інвесторам, регуляторним органам, урядам і споживачам як основа для всебічного огляду поточних і майбутніх сценаріїв енергетичної стійкості на рівні проекту, компанії, країни, регіону або світу.

Оцінка ресурсів зберігання CO_2 передбачає кількісну і якісну оцінку, а також ступінь зрілості і невизначеності проектів (SRMS, 2024). Ці оцінки пов'язані з проектами розробки на різних стадіях проектування та реалізації. Використання узгодженої системи класифікації покращує співставність між проектами та групами проектів, а також ефективність зберігання. Класифікаційна система повинна враховувати як технічні, так і комерційні фактори, які впливають на економічну доцільність проекту, його продуктивний термін експлуатації та відповідні грошові потоки

У роботі проводиться аналіз об'єктів оцінки та класифікаційних ознак для ресурсів та проектів вловлювання і зберігання CO_2 в Рамковій класифікації ООН/UNFC United Nations Framework Classification for Resources (UNFC, 2019) з метою встановлення ознак, які дозволяють проводити оперативне управління ресурсами.

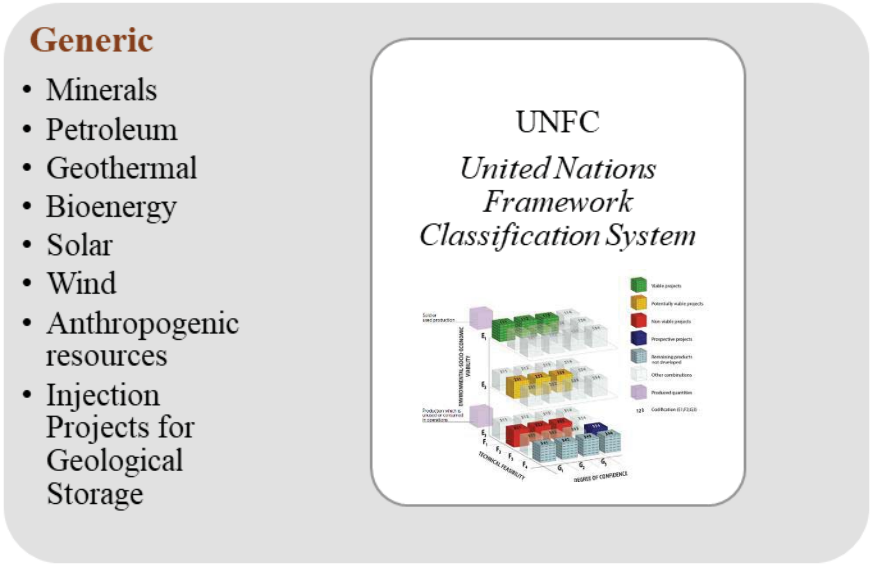

Рис. 1. Система документів і специфікацій РКООН/UNFC

United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009 (UNFC-2009) to Geothermal Energy Resources.

Європейська економічна комісія ООН має загальну систему класифікації викопних енергетичних та мінеральних запасів і ресурсів під назвою Рамкова класифікація викопних енергетичних та мінеральних запасів і ресурсів ООН.

Основна увага в Специфікації РКООН для проектів вловлювання і зберігання CO_2 приділяється класифікації проектів закачування, пов'язаних з геологічним зберіганням CO_2, однак, ті самі принципи зрілості проекту можуть бути застосовні й до інших проектів закачування, якщо рідини закачуються в підземний геологічний пласт для зберігання.

Головними об’єктами оцінки в Специфікації (*Supplementary Specifications, 2024)* розглядаються проекти, ресурси і геологічне сховище.

Термін «геологічне зберігання» відноситься головним чином до постійного утримання CO2 у підземних геологічних пластах (колекторах), з метою ізоляції. Колектором-сховищем може бути виснажений нафтогазовий колектор або мінералізований водоносний горизонт. CO_2, азот або природний газ іноді закачують на нафтовому родовище на стадії розробки для збільшення кількості вуглеводнів, які вилучаються. Названий документ (*Supplementary Specifications, 2024*) був розроблений в першу чергу з урахуванням геологічного зберігання CO2, але також може бути застосований до інших форм проектів закачування, де флюїд зберігається в геологічних пластах. Підземне зберігання водню іноді називають геологічним зберіганням водню. Оскільки зберігання водню, швидше за все, є тимчасовим, а не постійним, це можна більшою мірою порівняти з підземним зберіганням газу, як описано нижче.

РКООН класифікує самі проекти, а також кількості ресурсів, пов'язані з проектами вловлювання і зберігання CO_2 . Кожен проект пов'язаний з певною кількістю, яка може бути видобута за наявності певного технічного рішення та певних інвестицій. Проекти можуть бути різного масштабу та мати різний ступінь зрілості. Для проектів закачування з метою геологічного зберігання ресурсом є колектор, доступний для геологічного зберігання. Класифікована кількість - це кількість певного флюїду, наприклад, CO_2, який може зберігатися в цьому колекторі за умови реалізації проекту закачування.

Особливістю специфікації РКООН для ресурсів проектів вловлювання і зберігання CO_2 є використання єдиних базових критеріїв систематизації геологічної, технічної , економічної та всіх інших видів інформації, що дозволяє оцінювати, порівнювати, проводити

експертизи та забезпечувати прийняття рішень не лише регіональних проектів, але й традиційних енергетичних ресурсів та комплексних проектів використання надр.

РКООН для проектів вловлювання і зберігання CO_2 базується на використанні названої Класифікації як універсальної системи, в якій запаси систематизують на основі трьох фундаментальних критеріїв: 1) економічної і соціальної життєздатності проекту (вісь E); 2) статусу й обґрунтованості проекту освоєння родовища (вісь F); 3) геологічної вивченості (вісь G) з використанням цифрової системи кодів. Комбінації цих критеріїв створюють тривимірну систему кодів (рисунок 2).

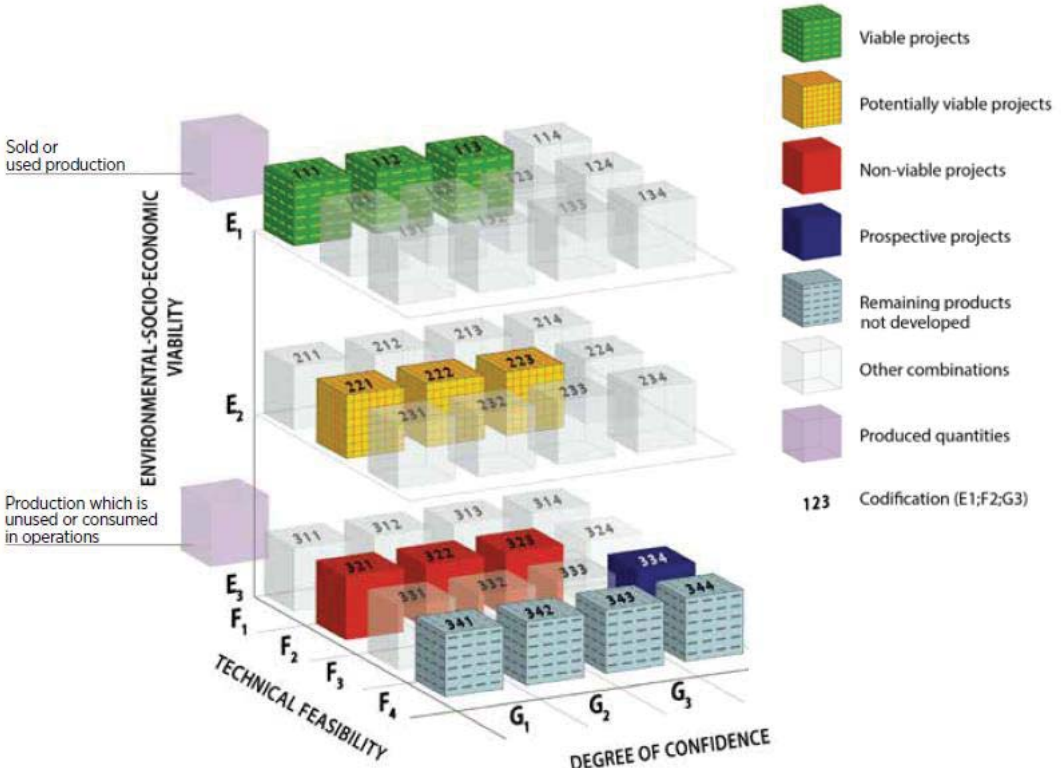

Рис. 2. Категорії UNFC і приклади класів (UNFC, 2019)

Перша група категорій (вісь E1, E2, E3) визначає ступінь сприятливості соціальних та економічних умов для забезпечення комерційної життєздатності проекту, які включають ринкові ціни, відповідні юридичні, нормативні, природоохоронні і контрактні умови. Друга група категорій (вісь F1, F2, F3) визначає результати опрацювання технологій, досліджень і взятих зобов'язань, потрібних для реалізації проекту. Вони охоплюють ланку від початкових досліджень до опрацьованого (чинного) проекту і відображають стандартні принципи керування виробничо-збутовим ланцюгом. Третя група категорій (вісь G1, G2, G3, G4) визначає ступінь достовірності оцінки об’єму продукції, що отримується під час реалізації проекту. Комбінація категорій визначає клас проекту (стадію та перспективність). З метою більшої прозорості за глобального обміну інформацією в UNFC визначено додаткові типові підкласи, що засновані на повній деталізації за додатковими підкатегоріями (*UNFC, 2019; UNFC, 2023*).

Основні терміни Класифікації РКООН/UNFC, які стосуються ресурсів вловлювання і зберігання CO_2 подані відповідно до документу Supplementary Specifications for the application of the United Nations Framework Classification for Resources (Update 2019) to Injection Projects for the Purpose of Geological Storage (*Specifications.., 2024*). Оцінка і класифікація включає оцінку наступних складових:

- кількості закачування та зберігання флюїду, який був закачаний та наразі зберігається в колекторі. Проекти на цьому етапі все ще можуть вимагати таких заходів, як

моніторинг будь-якого руху флюїду, щоб переконатися в наявності впевненості в тому, що флюїд утримується в колекторі.

- кількості втрат, тобто визначення кількості, які можуть бути доставлені до місця закачування, але втрачаються під час транспортування або в наземному обладнанні до закачування. Еквівалентні некомерційному видобутку.
- комерційні та потенційно комерційні проекти: геологічне зберігання, пов'язане з відомим пластом, в який триває закачування з метою геологічного зберігання або який може бути використаний для зберігання в майбутньому. Класифікація базується на технічних та комерційних дослідженнях, пов'язаних з певними видами закачування.
- некомерційні проекти закачування: додаткове геологічне зберігання, пов'язане з відомим колектором, який не використовується для зберігання в жодному з визначених на поточний момент проектів закачування.
- проекти скринінгу: геологічне зберігання, пов'язане з невідкритим колектором, який може бути використаний для зберігання в майбутньому за умови підтвердження наявності колектора;
- об’єкти, для яких зберігання недоцільне: колектор, який не буде доступний для зберігання або колектор, в якому зберігання з будь-якої причини є недоцільним.

Систематизація цих об’єктів наведена в таблиці 1.

Окремими пунктами в Специфікації відзначено обов’язкову оцінку життєвого циклу реалізації проекту, при цьому відзначено, що техніко-економічне обґрунтування проекту повинно включати два компоненти: закачування флюїду та утримання флюїду за допомогою однієї або декількох технологій. Проект повинен включати заходи після припинення активного закачування, в тому числі моніторинг будь-якого переміщення флюїду та забезпечення впевненості в тому, що закачуваний флюїд утримується в колекторі. Те, як це вплине на загальний життєвий цикл проекту, залежатиме від специфіки проекту, колектора, закачуваного флюїду та застосовних норм та приписів.

Таблиця 1

Скорочена версія UNFC з основними класами і категоріями, адаптована для застосування в проектах вловлювання і зберігання CO_2

Класи РКООН-2009, визначені за категоріями для проектів закачування з метою геологічного зберігання					
Загальний об'єм геологічного зберігання	Кількість ресурсів закачування та зберігання				
	Кількість втрат [a]				
		Клас	Категорія		
			E	F	G
	Майбутнє зберігання в рамках комерційних проектів закачування	Комерційні проекти закачування [c]	1	1	1, 2, 3
	Майбутнє зберігання у відомих колекторах в рамках проектів закачування	Потенційно комерційні проекти закачування	2	2	1, 2, 3
		Некомерційні проекти закачування	3	2	1, 2, 3
	Зберігання недоцільно		3	4	1, 2, 3
	Потенційне майбутнє зберігання у невідкритих колекторах в рамках проектів закачування	Проекти скринінгу	3	3	4
	Зберігання недоцільно		3	4	4

Таблиця 2

Класи і підкласи РКООН-2009, визначені підкатегоріями, адаптовані для застосування в проектах закачування з метою геологічного зберігання [a]

Класи РКООН-2009, визначені за категоріями і підкатегоріями для проектів закачування						
Загальний об'єм геологічного зберігання	**Кількості закачування та зберігання**					
	Втрачені кількості					
	Клас		**Підклас**	**Категорія**		
				E	F	G
	Відомий колектор	Комерційні проекти закачування	Активне закачування	1	1.1	1, 2, 3
			Погоджені до розробки	1	1.2	1, 2, 3
			Виправдані для розробки	1	1.3	1, 2, 3
		Потенційно комерційні проекти закачування	Очікується розробка	2[b]	2.1	1, 2, 3
			Розробка призупинена	2	2.2	1, 2, 3
		Некомерційні проекти закачування	Розробка не з'ясована	3.2	2.2	1, 2, 3
			Розробка недоцільна	3.3	2.3	1, 2, 3
		Зберігання недоцільно		3.3	4	1, 2, 3
	Невідкритий колектор	Проекти скрінінгу	Ідентифіковане геологічне сховище	3.2	3.1[c]	4
			Визначене геологічне сховище	3.2	3.2[c]	4
			Прогнозоване геологічне зберігання	3.2	3.3[c]	4
		Зберігання недоцільно		3.3	4	4

Таким чином, класифікація проектів проєктів вловлювання і зберігання CO_2 за ознаками і класами РКООН передбачає визначення їх екологічної, економічної та соціальної життєздатності, статусу проекту та ступеня геологічного вивчення. Обов'язково в якості об'єкту розглядається проект, який включає не лише ресурси геологічного середовища для зберігання CO_2 та кількості вловлювання і зберігання , а також все обладнання та системи, необхідні для цих процесів, в тому числі нагнітальні та спостережні свердловини, наземне обладнання, шлейфи закачування та центр управління операціями, свердловини для скидання тиску та обладнання для переробки видобутого флюїду. Залежно від місця передачі на зберігання проект може включати трубопровід закачування.

Ознаки і класи РК ООН повинні застосовуватись не лише для ресурсів геологічного середовища для зберігання CO_2 як основного, але й як супутнього виду господарської діяльності. CO_2, азот або природний газ можуть бути використані паралельно з видобуванням на нафтовому родовище на стадії розробки для збільшення кількості вуглеводнів, які вилучаються.

Список використаних джерел:

1. *Rudko, G. I.* (2017). UNFC mineral reserves and resources as a tool for harmonizing world classifications. *Mineral resources of Ukraine*, (4), 7-10. https://mru-journal.com.ua/index.php/mru/article/view/223.

2. *SRMS* CO2 Storage Resources 5 Management System// https://www.spe.org/media/filer_public/6f/2f/6f2ff44b-abae-4894-821a-f17c35df22ea/srms_draft6_public_review.pdf

3. Supplementary Specifications for the application of the United Nations Framework Classification for Resources (Update 2019) to Injection Projects for the Purpose of Geological Storage, (2024) // https://unece.org/sites/default/files/2024-07/UNFC%20Injection%20Project%20Specs%20update%202024.pdf

4. UNFC United Nations Framework Classification for Resources (UNFC) (2019) //https://unece.org/sites/default/files/2020-12/E_ECE_ENERGY_109_WEB.pdf1

5. UNFC and Social and Environmental Management. 2023//https://unece.org/unfc-and-social-and-environmental-management-0