


УДК 553

 <https://doi.org/10.31996/mru.2024.3.86-87>

А. А. ТОЛКУНОВ, канд. геол. наук (Інститут відновлюваної енергетики НАН України), schreibikus@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-9904-9693>

A. TOLKUNOV, Candidate of Geological Sciences (Institute of Renewable Energy of NAS of Ukraine), schreibikus@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-9904-9693>

ГЕОЛОГІЧНІ, ЕКОНОМІЧНІ, ГЕОГРАФІЧНІ ТА ІНШІ ПЕРЕДУМОВИ ПІДЗЕМНОГО ЗБЕРІГАННЯ ВОДНЮ В УКРАЇНІ

GEOLOGICAL, ECONOMIC, GEOGRAPHICAL AND OTHER PREREQUISITES FOR UNDERGROUND HYDROGEN STORAGE IN UKRAINE

З переходом до стійкої енергетики та прагненням зменшити вуглецеві викиди водень стає одним із ключових енергетичних носіїв майбутнього. Одним із найбільш економічно ефективних способів зберігання водню є підземне зберігання. У статті розглядаються технології підземного зберігання водню, його деякі геологічні, економічні, географічні та технологічні передумови, а також критерії вибору оптимальної ділянки надр для підземного зберігання водню в Україні.

Ключові слова: геологічні критерії, економічні критерії, підземне зберігання водню, соляні каверни, відновлювальна енергетика, зелений водень.

With the transition to sustainable energy and the desire to reduce carbon emissions, hydrogen is becoming one of the key energy carriers of the future. Hydrogen has great potential as a clean energy source, especially in the context of the transport sector and power generation. However, its high volatility and low energy density under normal conditions make it difficult to store and transport. One of the most cost-effective ways to store hydrogen is its underground storage. Underground storage of hydrogen can become a key element in the system of integration of renewable energy sources. It will make it possible to store excess energy obtained from solar and wind installations and use it in periods of low energy production and ensure the efficient use of hydrogen in various sectors of the economy. The article examines the technologies of underground hydrogen storage, some of its geological, economic, geographical and technological prerequisites, as well as criteria for choosing the optimal subsoil area for underground hydrogen storage in Ukraine. The availability of infrastructure, such as transport networks, energy facilities and appropriate communications, plays an important role in the selection of underground storage sites. Ukraine has significant potential in the production of green hydrogen in the western and, to a greater extent, southern parts of the country. It is proposed to consider the location of underground hydrogen storage there. Subsoil areas promising for underground hydrogen storage should become objects of further research. The successful implementation of projects to create underground hydrogen storage facilities in Ukraine will contribute to the creation of a more sustainable and environmentally friendly energy system.

Keywords: geological criteria, economic criteria, underground hydrogen storage, salt caverns, renewable energy, green hydrogen.

Вступ

Водень має великий потенціал як чисте джерело енергії, особливо в контексті транспортного сектору та виробництва електроенергії. Однак його висока леткість і низька щільність енергії за нормальних умов створюють значні труднощі для його зберігання та транспортування. Підземне зберігання водню дозволить акумулювати надмірну енергію, одержувану від сонячних та вітряних установок, використовувати її в періоди низького виробництва енергії та забезпечити ефективне застосування водню в різних секторах економіки.

Аналіз останніх публікацій, присвячених проблемі, що досліджується [1–5], дозволив виокремити актуальне питання, яке заслуговує на особливу увагу, – визначення критеріїв вибору оптимальної ділянки надр підземного зберігання водню.

Мета роботи – вивчення геологічних, економічних, географічних та інших передумов для підземного зберігання водню в Україні, визначення критеріїв вибору оптимальної ділянки надр.

Виклад основного матеріалу дослідження

Підземне зберігання водню можна класифікувати за кількома основними типами:

1. Зберігання у соляних кавернах (див. рисунок). Соляні каверни утворюються шляхом розчинення солей у підземних соляних пластах. До основних їх переваг відносять високу щільність зберігання та можливість створення відносно

великих сховищ. Однак є виклики, пов'язані з високими витратами на створення та підтримку соляних каверн, а також з потенційним ризиком витоків.

2. Зберігання у відпрацьованих родовищах вуглеводнів. Такі сховища водню зазвичай суттєво більші за сховища у соляних відкладах. Оскільки газові родовища вже вивчені та експлуатуються, це може суттєво знизити витрати на створення сховищ. Однак необхідно враховувати хімічну активність водню та можливі зміни у властивостях порід.

3. Зберігання у водоносних горизонтах. Водоносні горизонти також можуть бути використані для зберігання водню. Однією з переваг такого типу сховищ є те, що водоносні горизонти можуть забезпечити довгострокову стабільність. Однак необхідно враховувати вплив водню на хімічний склад та тиск в аквіфері, а також потенційні екологічні ризики.

В Україні є необхідні ресурси та можливості для підземного зберігання водню. Проте їх використання потребує врахування відповідних геологічних, економічних, географічних та інших передумов.

1. Геологічні передумови. Україна має різноманітні геологічні формації, включаючи соляні відклади у Вінницькій, Львівській, Полтавській, Одеській та інших областях. Соляні формації, такі як соляні каверни в Прикарпатті, є потенційними кандидатами для підземного зберігання водню. Крім того, в Україні є перспективні глибокозалегаючі осадові породи, наприклад у Дніпровсько-Донецькій западині, які можуть бути використані для зберігання водню.

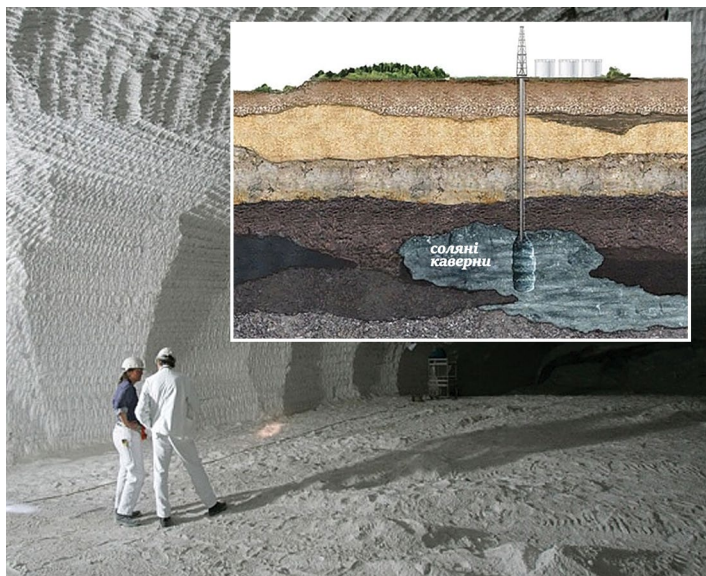


Рисунок. Соляні пласти та соляні каверни

2. Економічні передумови. Економічна ефективність підземного зберігання водню в Україні залежатиме від капітальних та операційних витрат, пов'язаних із розробкою та експлуатацією сховищ. Україна має значний потенціал для зниження капітальних витрат за рахунок використання існуючої інфраструктури, такої як газові сховища та трубопроводи. Операційні витрати можуть бути знижені за рахунок використання сучасних технологій та методів буріння.

3. Географічні передумови. Україна розташована в Центральній Європі. А це має стратегічно важливе значення для транспортування водню між Східною та Західною Європою. Розвиток підземного зберігання водню може покращити інтеграцію української енергетичної системи з європейським енергетичним ринком. Також важливо враховувати близькість до великих споживачів енергії та існуючу інфраструктуру, що може сприяти більш ефективному розподілу водню.

4. Технологічні передумови. Сучасні технології буріння та будівництва критично важливі для створення ефективних підземних сховищ (горизонтальне буріння та використання високоміцних матеріалів для герметизації сприяють створенню надійних сховищ та зниженню ризику витоків).

Проведені дослідження дозволили виділити ряд критеріїв вибору оптимальної ділянки надр підземного зберігання водню.

Геологічні критерії

1. Пористість та проникність порід-колекторів.
2. Оцінка геологічної будови перспективного об'єкта для підземного зберігання водню включає вивчення наявності породи-флюїдоупора та можливих порушень, які можуть впливати на герметичність сховища.
3. Геологічна стабільність у часі: довгострокова стабільність зберігання вимагає врахування тектонічної активності та можливих змін у структурі породи з часом.
4. Гідрогеологічні умови: наявність підземних вод та їх хімічний склад можуть впливати на ефективність зберігання водню. Важливо враховувати рівень підземних вод, їхню взаємодію з воднем та потенційні зміни у гідрогеологічних умовах, які можуть призвести до негативних наслідків.

Економічні критерії

1. Капітальні витрати: створення підземних сховищ потребує значних інвестицій, пов'язаних із бурінням, будівництвом та закупівлею необхідного обладнання.

2. Операційні витрати: підземне зберігання водню потребує постійного моніторингу та технічного обслуговування. Операційні витрати включають витрати на управління, моніторинг, контроль якості та підтримку роботи сховища.

3. Економічна життєздатність: оцінка довгострокових економічних переваг зберігання водню включає аналіз потенційних доходів, пов'язаних із транспортуванням та використанням водню. Необхідно враховувати ринкові умови, попит на водень та можливість отримання прибутку від експлуатації сховища.

Географічні критерії

1. Близькість до джерел та споживачів водню: оптимальне розташування сховища включає близькість до основних джерел виробництва водню та його споживачів. З огляду на значний потенціал України у виробництві зеленого водню у західній та більшою мірою південній частинах країни, розташування підземних сховищ має бути саме там.

2. Доступність інфраструктури: наявність існуючої інфраструктури, такої як транспортні мережі (відповідно підготовлені), енергетичні об'єкти та відповідні комунікації, відіграє важливу роль у виборі місць для підземного зберігання.

3. Екологічні та соціальні фактори: вибір розташування повинен враховувати екологічні та соціальні аспекти. Уникнення розміщення сховищ поблизу житлових районів, природоохоронних територій і потенційно чутливих екосистем допомагає мінімізувати негативні екологічні та соціальні впливи.

Висновки

Підземне зберігання водню буде відігравати ключову роль у майбутньому відновлюваної енергетики України. Інновації в галузі матеріалів, інтеграція з відновлювальними джерелами енергії, технологічні вдосконалення та міжнародне співробітництво можуть значно покращити ефективність та безпеку підземного зберігання водню. Україна має значний потенціал у виробництві зеленого водню у західній та більшою мірою південній частинах країни. Пропонується розглянути розташування підземних сховищ водню саме там. Перспективні для підземного зберігання водню ділянки надр мають стати об'єктами подальших досліджень. Успішна реалізація проєктів зі створення підземних сховищ водню в Україні буде сприяти формуванню більш стійкої та екологічно чистої енергетичної системи.

ЛІТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Heinemann N., Scafidi J., Pickup G., Thaysen E., Hassanpouryouzband A., Wilkinson M., Satterley A., Booth M., Edlmann K., Haszeldin R. Hydrogen Storage in Saline Aquifers: The Role of Cushion Gas for Injection and Production // International Journal of Hydrogen Energy. – 2021. – Vol. 46. – P. 39284-39296. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.09.174>
2. Malachowska A., Łukasik N., Mioduska J., Gębicki J. Hydrogen storage in geological formations – The Potential of salt caverns // Energie. – 2022. – Vol. 15, No. 14. – P. 5038. <https://doi.org/10.3390/en15145038>
3. Thiyagarajan S. R., Emadi H., Hussain A., Patange P., Watson M. A Comprehensive Review of the Mechanisms and Efficiency of Underground Hydrogen Storage // Journal of Energy Storage. – 2022. – Vol. 51. – Article ID. – P. 104490. <https://doi.org/10.1016/j.est.2022.104490>
4. Wallace R. L., Cai Z., Zhang H., Zhang K., Guo C. Utility-Scale Subsurface Hydrogen Storage: UK Perspectives and Technology // International Journal of Hydrogen Energy. – 2021. – Vol. 4. – P. 25137-25159. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.05.034>
5. Zhang F., Zhao P., Niu M., Maddy J. The Survey of Key Technologies in Hydrogen Energy Storage // International Journal of Hydrogen Energy. – 2016. – Vol. 41. – P. 14535-14552. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.05.293>

Рукопис отримано 10.09.2024.