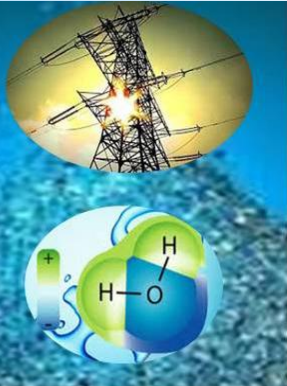


H_2



**ЦІЛЬОВА КОМПЛЕКСНА ПРОГРАМА
НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ
НАН УКРАЇНИ**

***«Розроблення методів
отримання та використання водню
з застосуванням відновлюваних
джерел енергії в системах
автономного енергозабезпечення»***

проекти 4-19, 4-20, 4-21

Науковий керівник: зав. відділу , д.т.н. Морозов Ю.П.

Виконавці : чл.-кор., Кудря С.О., с.н.с., д.т.н. Кузнєцов М.І., н.с. Барило А.А.,
м.н.с. Ніколаєвська Н.В.

Інститут відновлюваної енергетики НАН України

Мета досліджень проекту:

Обґрунтування і розробка технологічних засобів, які забезпечують енергоефективне отримання водню шляхом використання сонячної, вітрової та геотермальної енергії в системах автономного енергозабезпечення.

Задачі 3-го етапу:

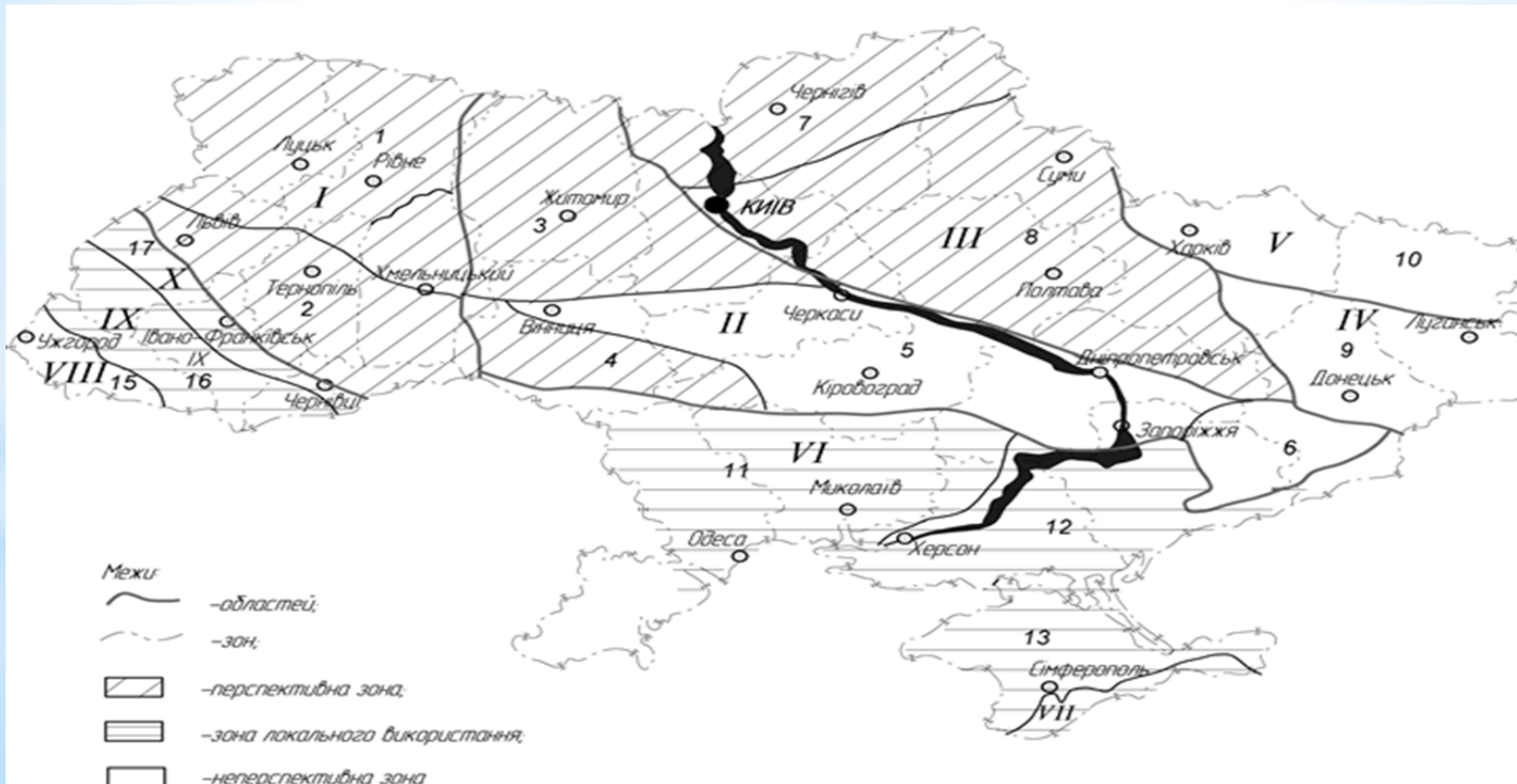
Визначити технологічні і техніко-економічні показники спорудження і експлуатації дослідно-промислових установок з використанням вітрової, сонячної і геотермальної енергії в системах автономного енергозабезпечення

Схема розташування сонячних, вітрових електростанцій, та газових сховищ



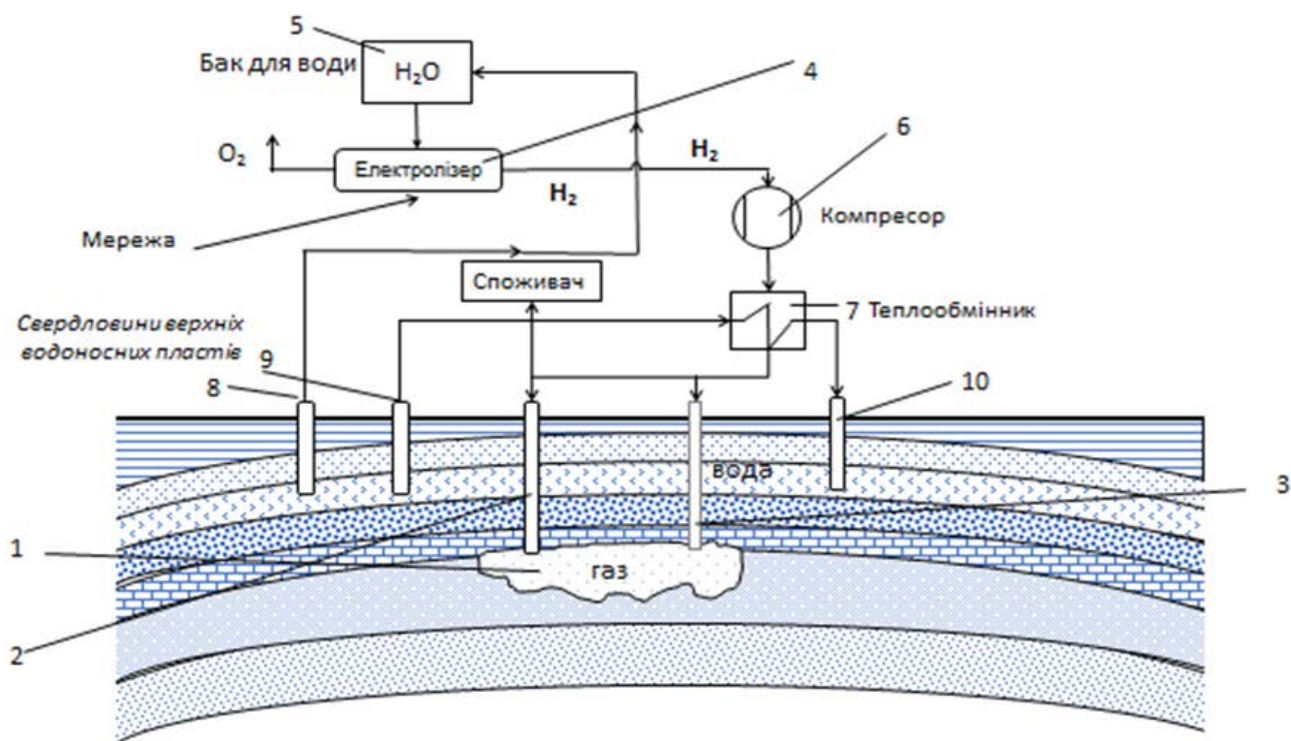
Гідрогеологічні умови підземних сховищ водню, що розташовані у верхніх водоносних горизонтах

Підземні водоносні горизонти до глибини 1000 м розповсюджені на усій території України, однак кількісно і якісно вони розподілені по регіонах країни нерівномірно, що пов'язано з відмінністю геології та фізико-географічних умов різних регіонів. Вони активно використовуються з метою водопостачання і технічного водопостачання населених пунктів.



* Спосіб створення підземних сховищ водню в водоносних і соляних пластах.

- * Водень, який закачується в водоносний пласт, охолоджується шляхом його теплообміну з пластовою водою водоносних пластів які залягають вище, причому вода яка охолоджується закачується в той же пласт. Таким чином, відбувається охолодження водню, який поступає після його компресії, за допомогою поверхневої води, яка має температуру 8-12⁰ С.



* Математична модель газового сховища в водоносному підземному пласті

Створення математичної моделі з метою розрахунку основних гідро-динамічних показників підземних сховищ газу в водоносних пластах з урахуванням переміщення газоводяного контакту при геометрії пласта і дебіту свердловин.

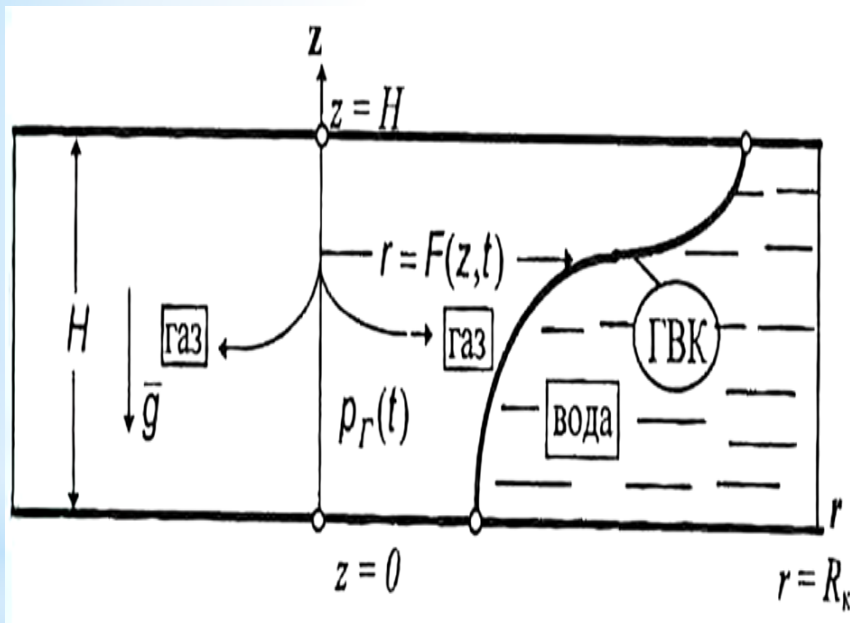


Схема витискування води з горизонтального пласта

- * Рівняння зміни потенціалу тиску в підземному сховищі з центральною скважиною : $\frac{\partial p}{\partial t} = a \frac{\partial^2 p}{\partial r^2} + a \frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial r} + a \frac{\partial^2 p}{\partial z^2}$
- * Границя газоводяного контакту - умова Кельвіна в загальних умовах:

$$F(x, y, z, t) = 0 \quad m \frac{\partial F}{\partial t} + v^1 \frac{\partial F}{\partial x} + v^2 \frac{\partial F}{\partial y} + v^3 \frac{\partial F}{\partial z} = 0$$

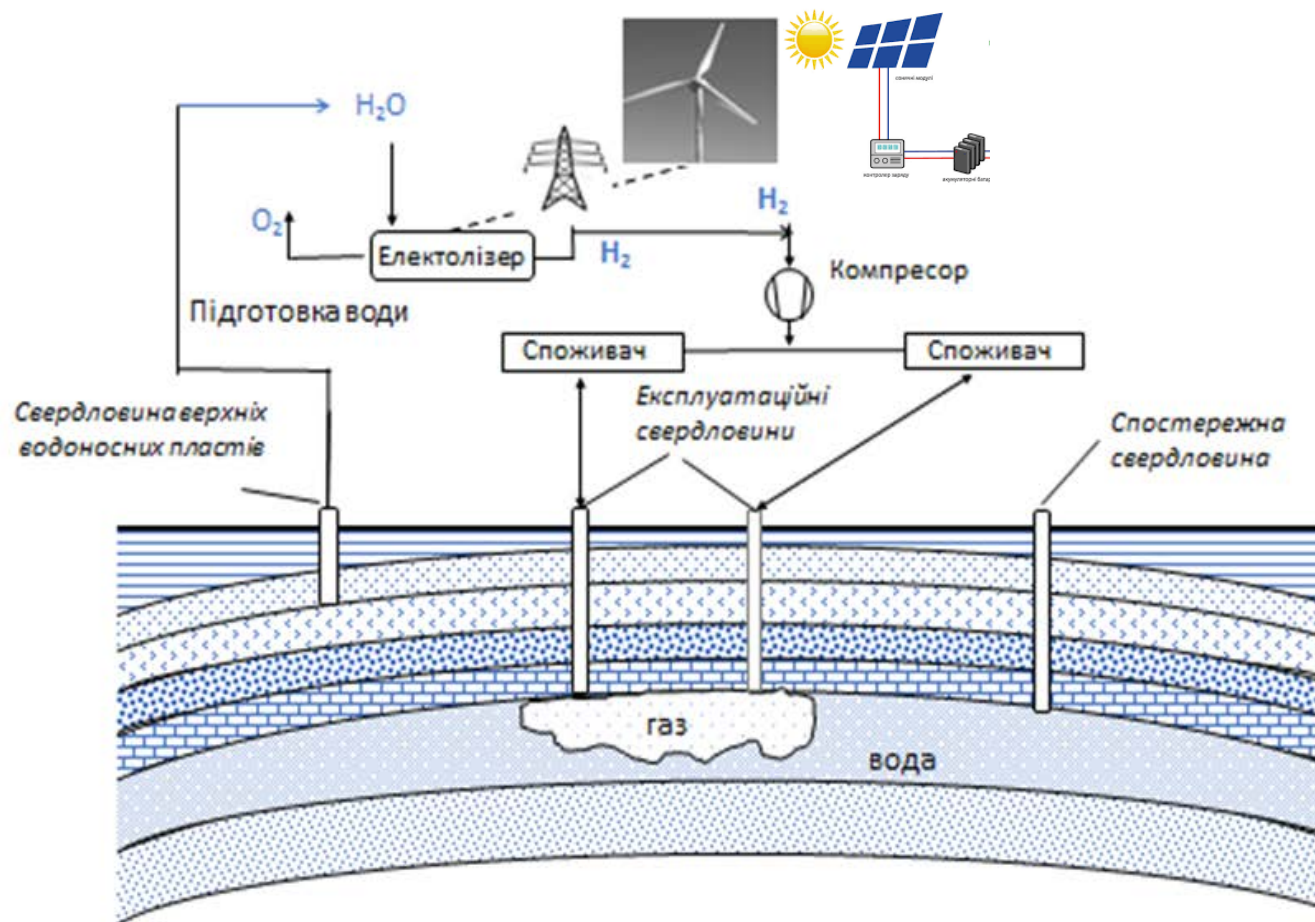
- * Швидкість руху води визначається рівнянням Дарсі:

$$u = -\frac{k}{\mu} \frac{\partial p}{\partial r} \quad ; \quad v = -\frac{k}{\mu} \left(\frac{\partial p}{\partial r} + \rho g \right)$$

- * де u і v - радіальна та вертикальна складова швидкості.
- * Початкові умови задовольняють виконанню постійного градієнта тиску по вертикалі:

$$p(r, z, t = 0) = p_0 + \Gamma z$$

Принципова схема підземного газосховища у водоносному пористому пласті з застосуванням вітрової чи сонячної електростанції

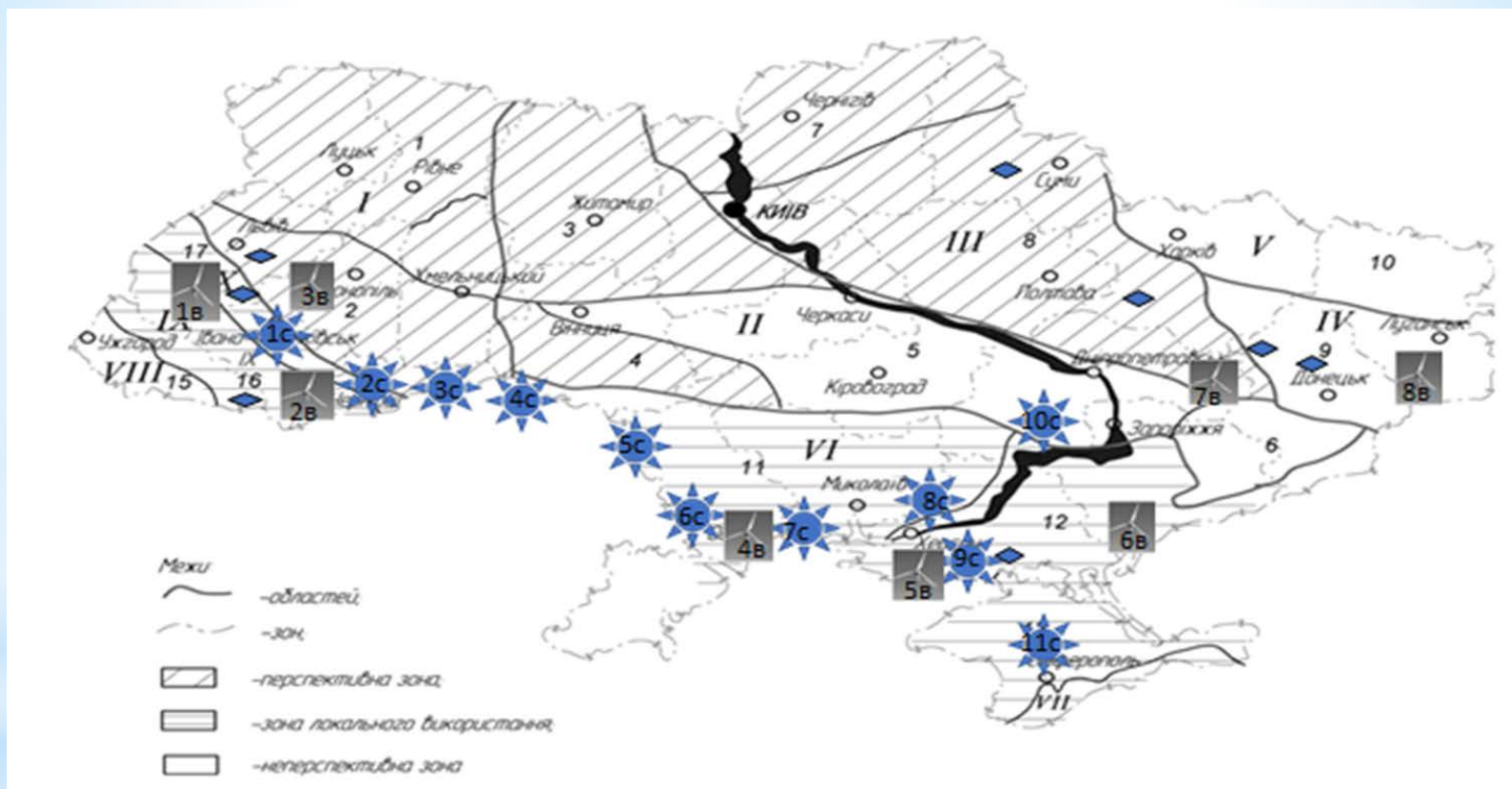


ПОТРЕБИ ВОДИ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ З ВИКОРИСТАННЯМ ВЕС та СЕС*

Категорія ресурсів	Величина (млрд. м ³ /рік)
Прогнозні ресурси	22,5
Видобуток з прогнозних ресурсів	1,2
Невикористані з прогнозних ресурсів	21,3

- * Стан підземних вод України / щорічник. Державне науково-виробниче підприємство «Геоінформ України»
- * За даними Атласу енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України (2020р.), потенціал виробітку електричної енергії ВЕС в Україні становить : $2\,173\,770 \cdot 10^6$ кВт год/рік.
- * Потенціал виробітку електричної енергії СЕС становить: 99 323млн.кВт*год/рік.
- * Кількість води, якщо врахувати питоме використання електричної енергії електролізером 5 кВт*год/м³, та що на 1 м³ водню необхідно $1,5$ л води, кількість води з використанням ВЕС і СЕС за один рік становить : $0,30 \cdot 10^9$ м³, що становить $0,00014\%$ від кількості води з невикористаних з прогнозних ресурсів України.

* Родовища соляних покладів , та існуючі ВЕС та СЕС



- Узагальнені по кількості ВЕС (від 1 до 6);

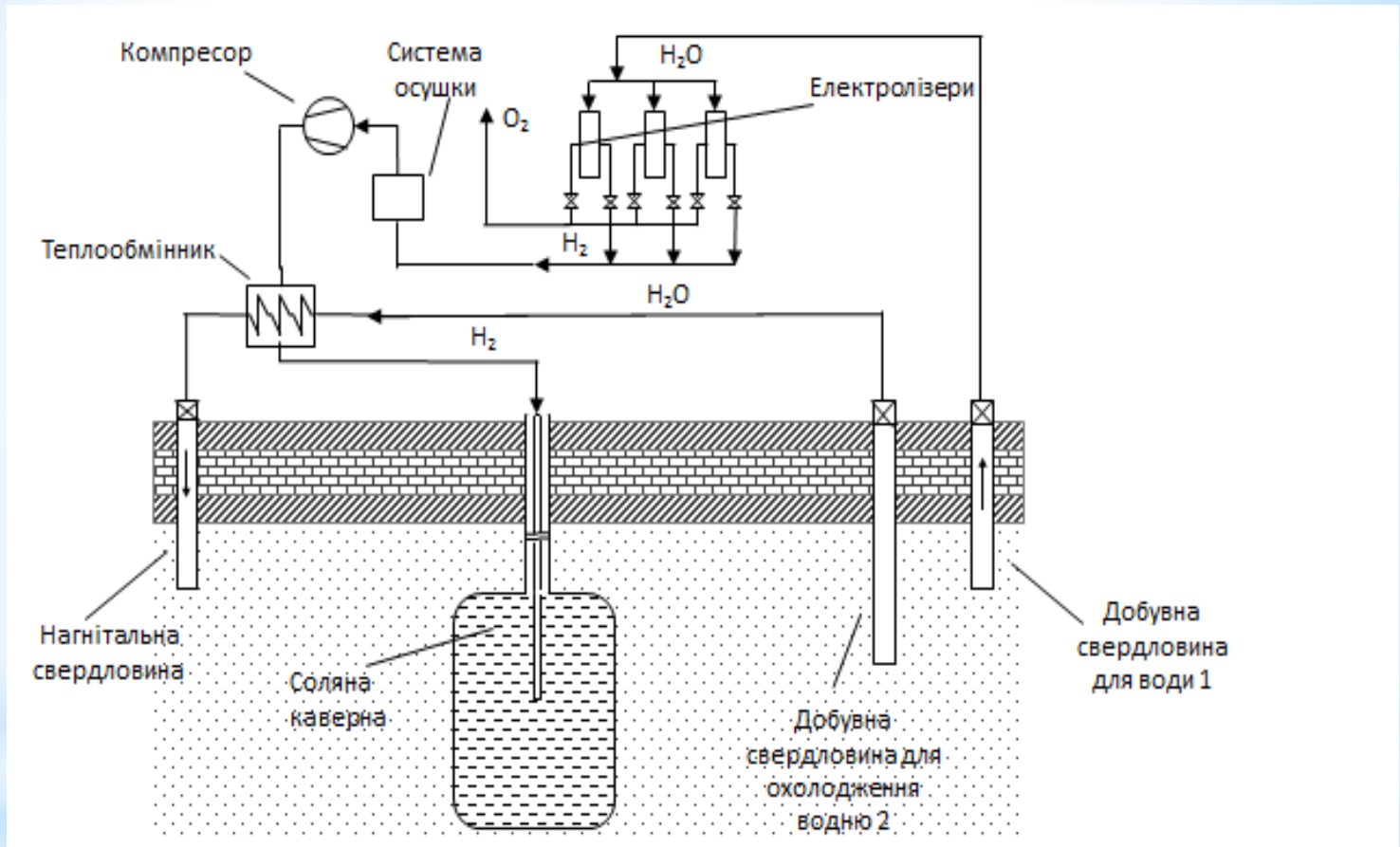


- узагальнені по кількості СЕС (від 1 до 12),



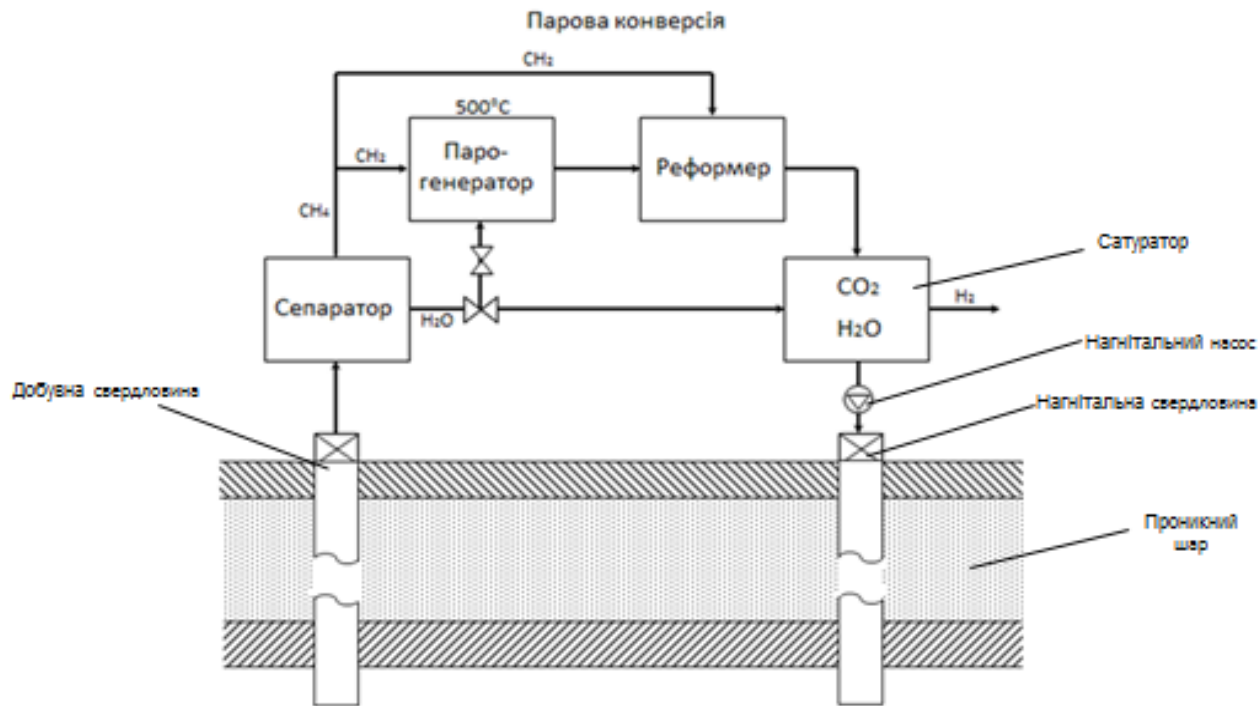
- соляні поклади

* Схема підземного сховища газу з використанням соляних покладів



Соленосна площа розташовується в межах Ізмаїльського та Кілійського районів Одеської області, глибина покладів 700 м ;об'єм каверни 75,0 тис. м³

* Використання геотермальної енергії для отримання водню за допомогою парової конверсії.



* Температура конверсії становить $350\text{-}475^{\circ}\text{C}$; вуглекислий газ закачується в підземні проникливі горизонти

В И С Н О В К И

- 1. Основною проблемою подальшого розвитку електроенергетики України є балансування відпущення електроенергії в електромережі. Одним із варіантів якого є сезонне акумулювання електроенергії шляхом використання водню.**
- 2. Сезонне акумулювання водню при його отриманні за рахунок відновлюваних джерел енергії можливе в підземних водоносних пластах, або в соляних покладах.**
- 3. Гідрогеологічні умови України в місцях розташування існуючих сонячних і вітрових електростанцій дозволяють ставити питання про будівництво підземних сховищ водню в водоносних пластах.**
- 4. Першочерговими об'єктами спорудження підземних сховищ водню з використанням сонячних та вітрових електростанцій, можуть бути використані підземні соляні поклади.**
- 5. Існуючі газові сховища не можуть бути використані для акумулювання водню, тому що вони в більшості використовують виснажені газові родовища, і тому при закачуванні водню може бути суміш з природнім газом невизначних пропорцій. Крім того існуючі газові сховища знаходяться на великій відстані від збудованих сонячних і вітрових електростанцій.**
- 6. На підставі аналізу гідрогеологічних даних водоносних пластів і соляних покладів обґрунтовано місця розташування підземних сховищ водню.**
- 7. Розроблено технологічні схеми отримання та підземного зберігання водню з застосуванням сонячних і вітрових електростанцій.**
- 8. Обґрунтована і розроблена математична модель підземного сховища газу в водоносних пластах.**
- 9. Визначені технологічні показники отримання підземного зберігання водню з використанням сонячних та вітрових електростанцій.**
- 10. Визначені технологічні показники отримання підземного зберігання водню з використанням супутнього газу геотермальних родовищ шляхом парової конверсії з утилізацією вуглецю в підземні проникні шари.**
- 11. Визначено техніко-економічні показники отримання та підземного зберігання водню з відновлюваних джерел енергії.**

ПУБЛІКАЦІЇ ЗА ПРОЕКТОМ

«Розроблення методів отримання та використання водню з застосуванням відновлюваних джерел енергії в системах автономного енергозабезпечення» 2019 - 2021 р.р.

- * 1. Кудря С.А., Репкин А.А., Морозов Ю.П., Кузнецов Н.П. **Эффективность использования возобновляемых источников энергии для получения водорода** // Тезисы докладов XVI Международной Конференции «Водородное материаловедение и химия углеродных наноматериалов» (ICHMS '2019), Киев, 23-30 Сентября, 2019. – С. 272-273.
- * 2. Морозов Ю.П. **Перспективи розвитку відновлюваної енергетики** // Тези доповідей V Міжнародної конференції: «Системи тепло - енергопостачання. Енергосервіс. СТЕПЕС. (SHESES'19)», м. Вараш. – 2019.
- * 3. Морозов Ю.П., Ніколаєвська Н.В., Кушнір І.О. **Використання водневих технологій в геотермальній енергетиці** Тезиси докладов XXI міжнародної науково-практичної конференції «Відновлювальна енергетика та енергоефективність у XXI столітті». – Київ, – Київ, 14-15 травня 2020, С. 517-520.
- * 4. Морозов Ю.П., Ніколаєвська Н.В., Кушнір І.О. **Система використання водню і кисню для підвищення енергетичних показників геотермальних електростанцій, які використовують супутній паливний газ геотермальних родовищ**, Заявка № u 2019 11094 від 12.11.2019, Патент на корисну модель № 145063, від 25.11.2020, Бюл. № 22.
- * 5. Морозов Ю.П., Кудря С.О., Кузнецов М.П. **Розроблення методів отримання та використання водню з застосуванням відновлюваних джерел енергії в системах автономного енергозабезпечення** // Тези доповідей наукової звітної сесії «Водень і паливні комірки в системах автономного енергозабезпечення», Київ, грудень 2020. – С. 5.
- * 6. Кудря С.О., Кузнецов М.П., Морозов Ю.П., та ін.// **Відновлювані джерела енергії**, Монографія: За ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. – 392 с.
- * 7. Морозов Ю.П., Ніколаєвська Н.В. **Використання геотермальних джерел енергії для отримання та використання водню** // Тези доповідей XXII міжнародної науково-практичної конференції «Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті», Київ, 20-21 травня, 2021, С.735 – 738.
- * 8. Бачеріков О.В., Морозов Ю.П. **Дослідження особливостей підземного зберігання метану і водню в пористих пластах** //Тези доповідей XXII міжнародної науково - практичної конференції «Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті», Київ, 20-21 травня, 2021, С. 347 – 350.
- * 8. Морозов Ю.П., Бачеріков О. В, Ніколаєвська Н.В. **Оцінка застосування технології очищення привібійної зони пластів підземних сховищ газу для зберігання водню** // Відновлювана енергетика, 2021, № 4.

**Інститут відновлюваної
енергетики НАН України**

Дякуємо за увагу

Thank you for attention