

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

Циклова комісія авіаційного і радіоелектронного обладнання

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

з навчальної дисципліни «Альтернативні джерела енергії»
обов'язкових компонент
освітньої програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

***141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(Електромеханіка)***

За темою № 5 – Геотермальна енергетика

Кременчук 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.08.2023 № 7

СХВАЛЕНО

Методичною радою
Кременчуцького льотного
коледжу
Протокол від 28.08.2023
№ 1

ПОГОДЖЕНО

Секцією науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 29.08.2023 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання КЛК ХНУВС, протокол від 28.08.2023 № 1

Розробник: викладач циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання, к.т.н., професор, спеціаліст вищої категорії Гаврилюк Ю.М.

Рецензенти:

1. Доцент кафедри електричних станцій Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», к.т.н. Шокарьов Д.А.
2. Викладач-методист циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання, к.т.н., спеціаліст вищої категорії Волканін Є.Є.

План лекції:

1. Геотермальна енергетика: загальні відомості, основні поняття, визначення.
2. Джерела геотермального тепла.
3. Методи та способи використання геотермального тепла для отримання тепло- та електроенергії.
4. Приклади використання геотермальної енергії.
5. Екологічні наслідки розвитку геотермальної енергетики.

Література:Основна:

1. Сінчук І.О. Відновлювані та альтернативні джерела енергії. Навчальний посібник / І.О. Сінчук, С.М. Бойко, О.Є. Мельник; під ред. доктора технічних наук, професора О.М. Сінчука. – Кременчук, 2015. – 270с.
2. Варламов Г.Б., Любчик Г.М., Маляренко В.А. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії / Підручник. – К.: “Політехніка”, 2003. – 228 с.
3. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії України / Кудря С.О., Яценко Л.В., Душина Г.П. та інш. – НАН України, державний комітет України з енергозбереження. – К.: 2001. – 41 с.

Допоміжна:

4. Реєстр альтернативних видів палива Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України (Держенергоефективності). – Київ, 2011. – 42 с.
5. Агроекологічний атлас Полтавщини / В.М. Писаренко, Ю.С. Голік, П.В. Писаренко [та ін.]. – Полтава: Оріяна, 2009. – 70 с.

Інформаційні ресурси:

6. Нормативні акти України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : www.nau.kiev.ua.

1. Геотермальна енергетика: загальні відомості, основні поняття, визначення



Рисунок 1 – Завод в Ісландії, що працює на основі геотермальної енергії

Вираз "геотермальна енергія" буквально означає, що це енергія тепла землі (гео – земля, термальна – теплова). Основним джерелом цієї енергії є постійний потік тепла з розжарених надр, направлений до поверхні землі. Цього тепла достатньо, щоб розплавляти гірські породи під земною корою, перетворюючи їх на магму. Велика частина магми залишається під землею і, подібно до печі, нагріває породу навколо. Коли підземні води стикаються із цим теплом, вони теж дуже нагріваються – іноді до температури 371°C . У деяких місцях, особливо по краях тектонічних плит материків, а також у так званих "гарячих точках" теплота підходить так близько до поверхні, що її можливо добувати за допомогою геотермальних свердловин (рис. 1).

Електричну енергію вперше було отримано з використанням геотермального резервуару сухої пари 1904 року італійцем П. Джинсші Конті. Перший резервуар гарячої води, використаний для виробництва електричної енергії, був створений у Новій Зеландії в 50-ті роки. Перша комерційна геотермальна електростанція в США почала виробляти енергію 1960 року, яка сьогодні є другою в світі, щодо можливості та обсягу

використання відновлюваного джерела енергії. 1995 року потужність усіх геотермальних електростанцій світу становила 6000 МВт і 11300 МВт – теплових станцій для прямого використання теплоти (1 МВт достатньо для забезпечення побутових потреб 1000 жителів).

Геотермальна енергія, акумульована в перших десятих кілометрах Земної кори, досягає 137 трлн. т у.п., що в 10 разів перевищує геологічні ресурси усіх видів палива разом узятих.

З усіх видів геотермальної енергії мають найкращі економічні показники гідрогеотермальні ресурси – термальні води, пароводяні суміші і природна пара.

Гідрогеотермальні ресурси, які використовуються на сьогодні практично, складають лише 1% від загального теплового запасу надр. Досвід показав, що перспективними в цьому відношенні варто вважати райони, в яких зростання температури з глибиною відбувається досить інтенсивно, колекторські властивості гірських порід дозволяють одержувати з тріщин значні кількості нагрітої води чи пари, а склад мінеральної частини термальних вод не створює додаткових труднощів по боротьбі із солевідкладеннями і кородуванням устаткування.

Аналіз економічної доцільності широкого використання термальних вод показує, що їх варто застосовувати для опалення і гарячого водопостачання комунально-побутових, сільськогосподарських і промислових підприємств, для технологічних цілей, добування цінних хімічних компонентів і ін. Гідрогеотермальні ресурси, придатні для одержання електроенергії, становлять 4% від загальних прогнозних запасів, тому їхнє використання в майбутньому доцільно застосовувати для теплопостачання і теплофікації місцевих об'єктів.



Рисунок 2 – Потік геотермальних вод у Севастополі

Поверхня Землі складається із 12 окремих тектонічних плит, величезних платформ земної кори, які постійно дуже повільно рухаються.

Джерела геотермальної енергії можливо виявити в трьох основних зонах – там, де стикаються дві тектонічні плити, при цьому одна з них рухається під другою:

- субдукційна зола (наприклад, Японські острови та Анди в Південній Америці);
- зони, де магма виходить на нижній горизонт ґрунту чи просто на поверхню (Каліфорнійська затока, рифові долини в Африці, Середньо-атлантичний хребет);
- "гарячі точки", в яких магма постійно витікає на поверхню Землі (Гавайські острови).

Геотермальний резервуар є насправді масою породи, що розтріскалася в земній корі й насичена гарячою водою або паром, при цьому перший тип є найбільш поширеним (рис. 2). Щоб вивести воду або пару на поверхню, в резервуарі бурять свердловини. Розміри резервуарів – від кількох тисяч кубічних метрів до кількох кубічних кілометрів. Якщо вода достатньо гаряча, вона підіймається на поверхню природним шляхом, при більш низькій температурі може знадобитися насос.

Розрізняють чотири основні типи геотермальної енергії:

- нормальне поверхове тепло землі, яке використовується геотермальними тепловими насосами;

- гідротермальні системи, тобто резервуари пари, гарячої чи теплої води біля самої поверхні землі (нині для вироблення електроенергії використовуються саме ці ресурси);
- глибока теплота земної кори, яка утримується під поверхнею землі, але може не мати води;
- енергія магми, теплота, що накопичена під вулканами та кальдерами; іноді магма частково буває в розплавленому стані.

Якби можна було використовувати всього 1% геотермальної енергії земної кори (глибина до 10 км), ми мали б у своєму розпорядженні кількість енергії, яка в 500 разів перевищувала б усі світові запаси нафти та газу.

Існує два види геотермальних станцій: перші для генерування струму використовують пару, другі – перегріті геотермальні води. У перших суха пара зі свердловини надходить у турбіну або генератор для вироблення електроенергії. На станціях іншого типу використовуються геотермальні води температурою понад 190°C. Вода природним чином підіймається вгору свердловиною, подається в сепаратор, де внаслідок зменшення тиску частина її кипить і перетворюється на пару. Пара спрямовується в генератор або турбіну і виробляє електрику. Це найбільш поширений тип геотермальної електростанції.

Значні масштаби розвитку геотермальної енергетики в майбутньому можливі лише в разі одержання теплової енергії безпосередньо з гірських порід. У цьому випадку в місцях, де знайдено сухі гарячі скельні породи, бурять паралельні свердловини між якими утворюють систему тріщин. Тобто фактично формується штучний геотермальний резервуар, в який подається холодна вода з наступним отриманням пари або пароводяної суміші.

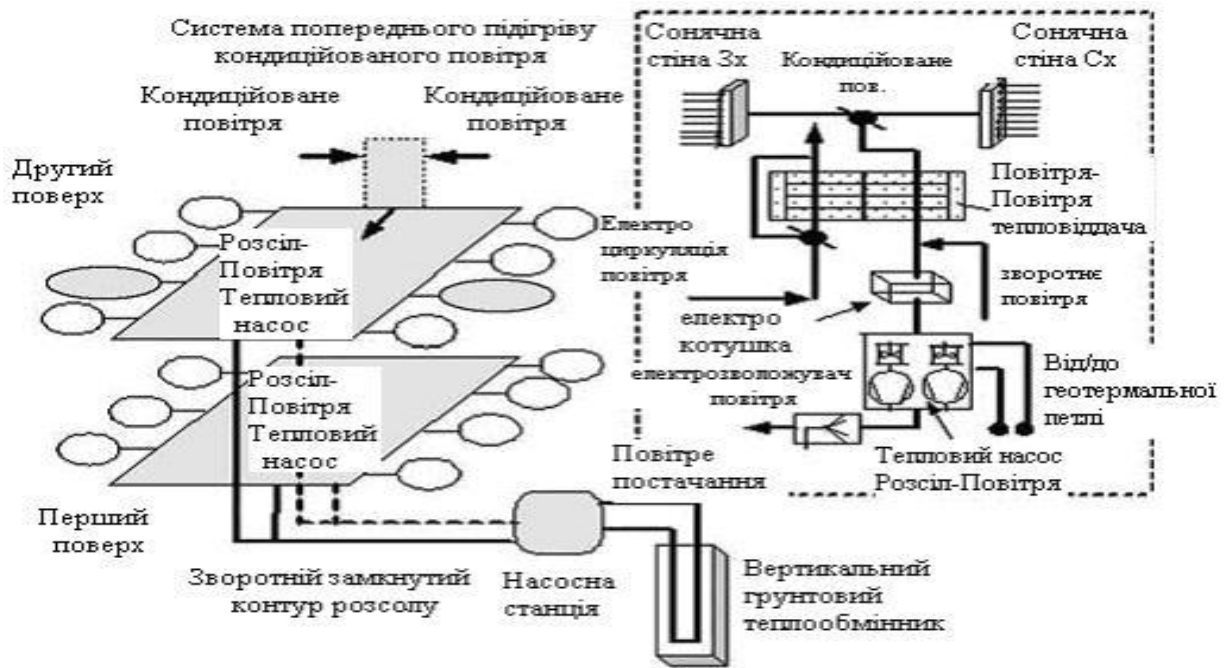


Рисунок 3 – Схема геотермальної теплонасосної системи з вертикальним ґрунтовим контуром

Середня температура Землі на глибині 3...5 м впродовж року становить 10...13°C і вище. Цим можна скористатися для опалення й охолодження будинків, виробничих приміщень, тваринницьких ферм за допомогою теплообмінників і теплонасосних установок, що дає змогу заощаджувати до 50...70% теплоти, яка використовується для створення оптимального температурного режиму в приміщеннях. Для цього в землі за певною схемою прокладають канали для руху повітря або заривають труби, у які подається вода (чи інший теплоносіє). Незалежно від того, що циркулює в такій системі, за рахунок теплообміну з землею такий тепловий насос може поглинати тепло землі й передавати його в будинок у холодну пору року або переміщувати тепло з будинку в землю в спекотну пору.

В деяких випадках використання теплової геотермальної помпи дозволяє економити до 2/3 енергії, що використовується для опалення.

Тепловий насос складається з таких складових (рис. 3):

1. Теплообмінник передачі тепла землі внутрішньому контуру.
2. Компресор.
3. Теплообмінник передачі тепла внутрішнього контуру системі опалення.
4. Дросельний пристрій для зниження тиску.
5. Контур розсолу і земляний зонд.
6. Контур опалення та гарячого водопостачання.

Первинний контур-поліетиленова труба U-подібної форми, занурена в свердловину. По трубі циркулює незамерзаюча рідина. У результаті циркуляції до другого контуру теплового насоса надходить рідина з температурою 8°C (температура землі).

Рідина передає свою температуру (8°C) другому контуру. У другому контурі циркулює фреон (відмінна особливість фреону полягає в тому, що при температурі вище 3°C він з рідкого стану переходить в газоподібний). Рідкий фреон, отримуючи від первинного контуру температуру 8°C переходить в газоподібний стан. Далі, газоподібний фреон надходить в компресор, де газ стискається з 4 до 26 атмосфер. При такому стисненні він нагрівається з 8°C до 75°C .

Це найважливіший етап роботи теплового насоса. Саме на цьому етапі відбувається перетворення енергії великого об'єму газу з температурою 8°C в малий обсяг газу з температурою 75°C . При цьому загальна енергія газу до і після компресора залишається незмінною. Просто він сконцентрувався в згусток енергії, якому нікуди подітися. Тому і відбувається нагрівання газу до 75°C .

Енергія газу (фреон), розігрітого до 75°C , передається в третій контур – систему опалення та гарячого водопостачання будинку. У процесі передачі енергії газу третьому контуру після втрат ($10...15^{\circ}\text{C}$), опалювальний контур нагрівається до температури $60...65^{\circ}\text{C}$.

Газ (фреон), віддавши свою енергію опалювального контуру, охолоджується до $30...40^{\circ}\text{C}$. При цьому він як і раніше знаходиться під тиском у 26 атмосфер. Потім відбувається зниження тиску до 4 атмосфер (так званий ефект дроселювання). У результаті падіння тиску відбувається значне охолодження газу (ефект, зворотного підвищення температури при збільшенні тиску). Він охолоджується до $0...3^{\circ}\text{C}$ і стає рідиною. Температура фреону $0...3^{\circ}\text{C}$ передається теплоносію первинного контуру, який відносить її вглиб землі. Проходячи по свердловині, теплоносій нагрівається і виходить на поверхню землі з температурою 8°C , яка знову подається на другий контур.

А в цей час відбувається процес завершення циклу в другому контурі. Рідкий фреон з температурою $0...3^{\circ}\text{C}$ знову стикається з первинним контуром, що приносить із землі 8°C . Процес повторюється.

До переваг геотермальної енергії відносять:

1. Геотермальну енергію отримують від джерел тепла з великими температурами.

2. Температура теплоносія значно менша за температуру при спалюванні палива.

3. Найкращий спосіб використання геотермальної енергії – комбінований (видобуток електроенергії та обігрів).

До недоліків геотермальної енергії відносять:

1. Низька термодинамічна якість.
2. Необхідність використання тепла біля місця видобування.
3. Вартість спорудження свердловин виростає зі збільшенням глибини.

Це джерело енергії характеризується різноплановим впливом на природне середовище. Так в атмосферу надходить додаткова кількість розчинених в підземних водах сполук сірки, бору, миш'яку, аміаку, ртуті; викидається водяна пара, збільшуючи вологість; супроводжується акустичним ефектом; опускання земної поверхні; засолення земель.

2. Джерела геотермального тепла



Рисунок 4 – Джерела геотермального тепла

У геологічному розумінні геотермальна теплота – це теплота при температурах, вищих за температури навколишнього середовища. Запаси цієї теплоти перевищують річне споживання енергії в усьому світі в 35 млрд. разів. Однак сьогодні дуже незначна кількість цих запасів може бути

використана. Обмеження зумовлені в основному економічними причинами. На глибині більш ніж 5 км від поверхні Землі зміна температурного градієнта становить 30...35°C на кожний кілометр. Різні регіони земної кулі відрізняються один від одного широким спектром зміни зазначеного градієнта. У деяких місцях Землі температурний градієнт перевищує згадане значення в 10 разів; при цьому зміна температури на глибині 5 км досягає 500°C.

Теплові потоки в надрах Землі, які проходять крізь тверді породи, мають відносно незначні параметри (вони в декілька тисяч разів менші за сонячну радіацію). Отже, теплота земних надр у вигляді теплових потоків, які передаються шляхом теплопровідності, не має суттєвого практичного значення (рис. 4).

Проявом геотермальної теплоти, що має практичне значення, є запаси гарячої води в підземних резервуарах та гейзерах, що виходять на поверхню.

Геотермальною вважається енергія, перенесена із глибин Землі за допомогою різних видів теплообміну (теплопровідністю та конвекцією). Припускається, що тепло магми переноситься теплопровідністю крізь структурні шари Землі.

Усю природну теплоту, яка міститься в земній корі, можна розглядати як геотермальні ресурси двох видів:

- пара, вода, газ;
- розігріті гірські породи.

Гідротермальні джерела енергії поділяються на термальні води, пароводяні суміші і природну пару.

Для отримання теплоти, акумульованої в надрах землі, її спочатку треба підняти на поверхню. Геотермальні води – екологічно чисте джерело енергії, що постійно відновлюється. Воно суттєво відрізняється від інших альтернативних джерел енергії тим, що його можна використовувати незалежно від кліматичних умов і пори року.

Геотермальна енергія сьогодні використовується для теплопостачання (виробничі технологічні процеси харчової та обробної промисловості, опалення тощо) та вироблення електроенергії.

Експлуатація геотермальних джерел базується на попередньому геологічному дослідженні, щоб уникнути значного фінансового ризику за умови подальших капітальних витрат.

Отже, для того, щоб визначити, чи має певна місцевість потенціал постачання геотермальної теплоти для промислових та побутових потреб, необхідно провести попередній пошук, що є ризикованим, але необхідним.

Ця особливість є однією з головних відмінностей геотермальної енергії від інших поновлюваних джерел енергії.

3. Методи та способи використання геотермального тепла для отримання тепло- та електроенергії

Підземні геотермальні резервуари поділяються на:

- заповнені в основному паром (перегрітою чи насиченою);
- заповнені в основному гарячою водою (з невеликим вмістом насиченої пари).

Схему геотермальної електростанції з паровою турбіною наведено на рис. 5, при цьому використовується резервуар сухої пари, яка зі свердловин подається в турбіну для вироблення електроенергії.

На станціях іншого типу використовуються геотермальні води з температурою, вищою за 190°C . Вода, яка природним чином підіймається вгору по свердловині, подається в сепаратор, де частина її кипить та перетворюється на пар. Пара використовується для одержання електроенергії.

Електростанція з бінарним циклом ґрунтується на двох замкнених циклах – один для геотермальної води, другий – для робочої рідини чи газу з низькою температурою кипіння (наприклад, ізобутан).

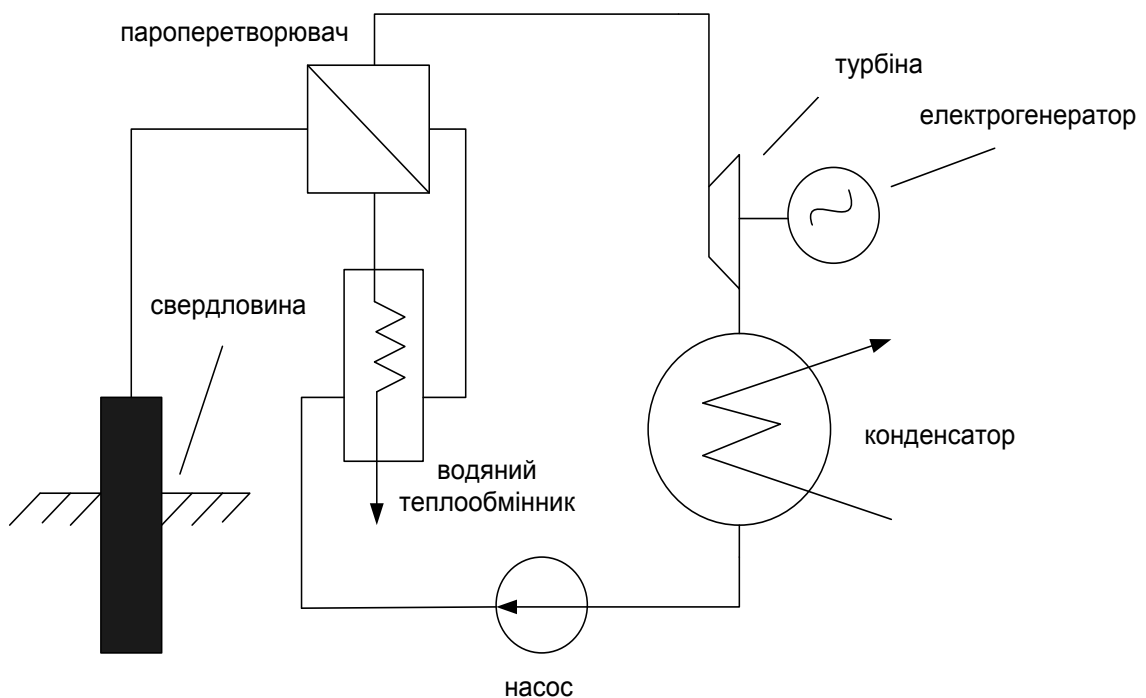


Рисунок 5 – Схема геотермальної електростанції

Робоча рідина, нагріта геотермальною водою, перетворюється на пару, яка надходить у теплообмінник та використовується для обертання турбіни. Оскільки обидва контури замкнені, немає практично ніяких викидів, що робить систему екологічно чистою. Робоча рідина випаровується при більш низькій температурі, ніж вода, тому бінарні станції працюють при значно нижчих температурах, ніж інші типи геотермальних станцій ($100 \dots 190^{\circ}\text{C}$). А оскільки джерела геотермальної води з температурою нижчою за 190°C найбільш поширені, то в майбутньому ці станції матимуть перевагу.

Геотермальні води, які використовуються для теплопостачання, можна умовно поділити на 3 групи:

- води, які можуть безпосередньо використовуватися споживачами і підігріватися без будь-яких негативних наслідків, тобто води найбільш вигідної якості;
- води, які можуть безпосередньо використовуватися споживачами для опалення, але не можуть підлягати підігріву через їхні агресивні властивості;
- води підвищеної мінералізації та агресивності, які неможливо використовувати безпосередньо.

Схема системи геотермального теплопостачання, розроблена Інститутом механічної теплофізики НАН України, подана на рис. 6.

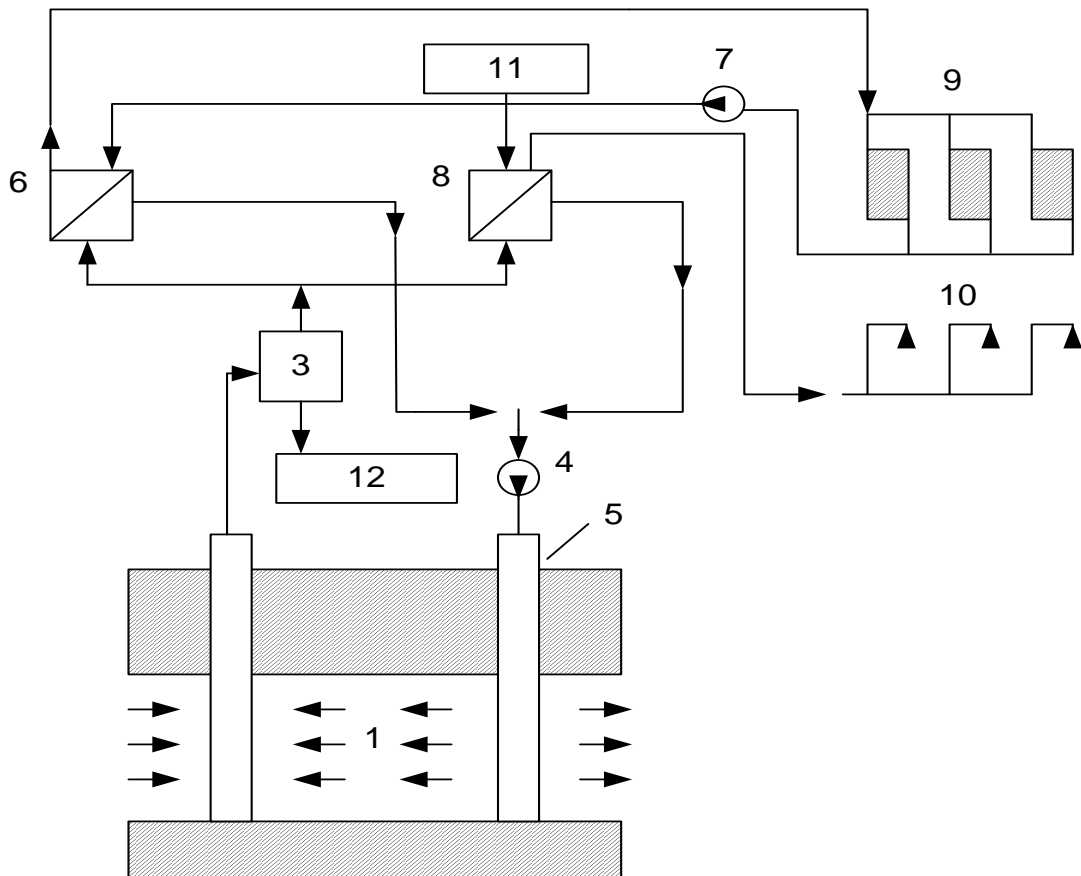


Рисунок 6 – Схема системи геотермального постачання:

1 – підземний колектор; 2 – свердловина; 3 – газошламовідокремлювач; 4 – нагнітальний насос; 5 – нагнітальна свердловина; 6 – теплообмінник опальної системи; 7 – насос опалювальної системи; 8 – теплообмінник гарячого водопостачання; 9 – опалювальна система; 10 – система гарячого водопостачання; 11 – джерело води для гарячого водопостачання; 12 – система утилізації газів і шламів.

4. Приклади використання геотермальної енергії

Концепція розвитку геотермальної електроенергетики України передбачає наявність трьох тимчасових етапів.

На першому етапі проведено широкомасштабні дослідження та пошукові геологорозвідувальні роботи в різних районах України (в Криму, на Тарханкутському півострові і в Прикарпатті, в районі м. Мостиська) з метою отримання інформації про геологічні об'єкти, придатні для отримання теплової енергії для геоТЕС. Проведено обробку технологій видобутку геотермальної теплоти та її перетворення на електроенергію, а також щодо можливості створення блочних міні-геоТЕС.

На другому етапі проведено дослідження на експериментальних геоТЕС, розширено пошукові геологорозвідувальні роботи, створена

Кримська дослідно-промислова геоТЕС з потужністю 25 МВт і Мостиська дослідно-промислова геоТЕС із потужністю до 10 МВт. Крім того, має бути розгорнуто будівництво серії міні-геоТЕС з потужністю 50...5000 кВт. Сумарна потужність передбачених для будівництва геоТЕС становитиме 60 МВт.

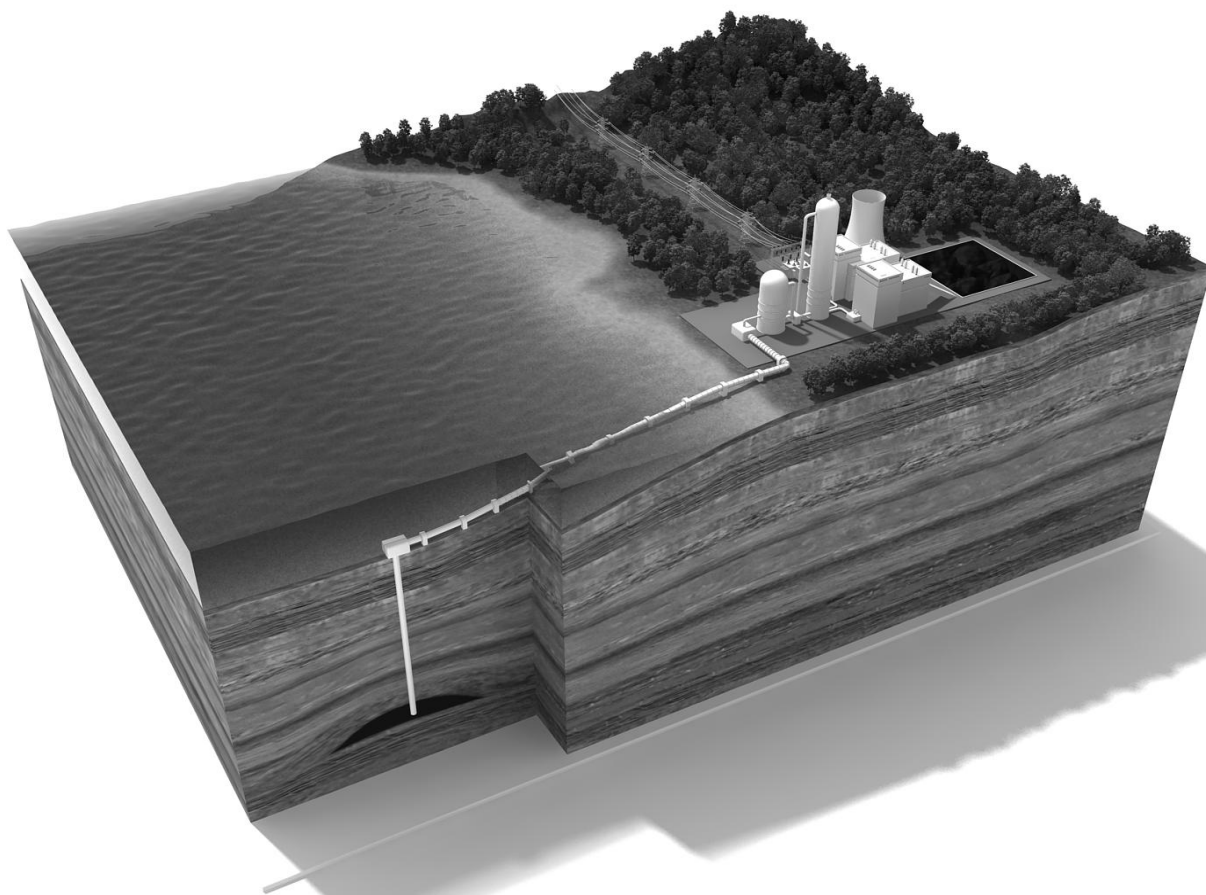


Рисунок 7 – Використання геотермального тепла

На третьому етапі передбачається завершити створення дослідно-промислової Тарханкутської геоТЕС на Кримському півострові з потужністю 100 МВт і Мостиської геоТЕС з потужністю 50 МВт. Одночасно передбачається завершити експериментальні дослідження на 3-4 майданчиках нових промислових геоТЕС із з'ясуванням та затвердженням запасів геотермальної теплоти.

Геотермальна енергія з успіхом використовується в Грузії, Ісландії, США.

Перше місце по виробленню електроенергії з гарячих гідротермальних джерел займає США. У долині Великих Гейзерів (штат Каліфорнія) на площі 52 км² діє 15 установок, потужністю понад 900 МВт.

«Країна льодовиків», так називають Ісландію, ефективно використовує гідротермальну енергію своїх надр. Тут відомо понад 700 термальних джерел, які виходять на земну поверхню. Близько 60% населення користується геотермальними водами для обігріву житлових приміщень, а в найближчому майбутньому планується довести це число до 80%. При середній температурі води 87°C річне споживання енергії гарячої води становить 15 млн. ГДж, що рівноцінно економії 500 тис. т кам'яного вугілля на рік. Крім того, ісландські теплиці, в яких вирощують овочі, фрукти, квіти і навіть банани, використовують щорічно до 150 тис. м³ гарячої води, тобто понад 1,5 млн. ГДж теплової енергії.

Середній потік геотермальної енергії через земну поверхність становить приблизно 0,06 Вт/м² при температурному градієнті меншому ніж 30 °C/км. Однак є райони зі збільшеними градієнтами температури, де потоки складають приблизно 10...20 Вт/м², це дозволяє реалізовувати геотермальні станції (ГеоТЕС) тепловою потужністю 100 МВт/км² та тривалістю експлуатації до 20 років.

Якість геотермальної енергії невелика і краще її використовувати для опалення будівель та попереднього підігріву робочих вузлів звичайних високотемпературних установок. Також використовують це тепло для ферм з розведення риби та для теплиць. Якщо тепло з надр виходить при температурі більше 150 °C, то можна говорити про виробництво електроенергії. Побудовано ГеоТЕС на Філіппінах потужністю більше 900 тис. кВт.

Масштаб використання геотермальної енергії визначають декілька факторів: капітальні витрати на спорудження свердловин, ціна яких зростає зі збільшенням глибини. Оптимальна глибина свердловин 5 км. Геотермальні води використовують двома способами: фонтанним (теплоносій викидається в навколишнє середовище) та циркуляційним (теплоносій закачується назад в продуктивну товщу). Перший спосіб дешевше, але екологічно небезпечний, другий дорожчий, але забезпечує збереження навколишнього середовища.

Можна здійснювати одночасно з добуванням тепла і добування хімічних елементів та сполук з розсолів, як на дослідному заводі в Дагестані, де добувають сполуки магнію, літію та бром.

До категорії гідротермальних конвективних систем відносяться підземні басейни пари чи гарячої води, які виходять на поверхню з землі, утворюючи гейзери, фумароли, озера багнюки тощо. Їх використовують для виробництва електроенергії за допомогою методу, що ґрунтується на

використанні пари, яка утворюється при випаровуванні гарячої води на поверхні.

Іншим методом виробництва електроенергії на базі високо- та середньотемпературних геотермальних вод є використання процесу із застосуванням двоконтурного (бінарного) циклу. В цьому процесі вода, отримана з басейну, використовується для нагрівання теплоносія другого контуру (фреону чи ізобутану), який має меншу температуру кипіння. Установки, що використовують фреон як теплоносій другого контуру, зараз підготовлені для діапазону температур 75...150°C і при одиничній потужності 10...100 кВт.

Також є розробки по отриманню теплової енергії зі штучно утворених тріщин в гарячих сухих породах.

Геотермальні системи, де в зонах зі збільшеним значенням теплового потоку, розташовуються глибокозалягаючий осадовий басейн (Угорський басейн), температура води якого 100 °C.

Підземні геотермальні води зі значеннями температур, що не перевищують 100°C, як правило, економічно вигідно використовувати для потреб теплопостачання, гарячого водопостачання і для інших цілей у відповідності з рекомендаціями.

5. Екологічні наслідки розвитку геотермальної енергетики

Геотермальні електростанції, порівняно з тепловими станціями на викопному паливі, викидають дуже мало сірки і зовсім не викидають оксидів азоту. Викиди CO₂ на 1 МВт·год виробленої енергії на сучасних геотермальних станціях мінімальні або їх немає взагалі. Типова геотермальна станція виробляє близько 0,45 кг CO₂ на 1 МВт·год, електростанція на природному газі – 464 кг, електростанція на нафті – 720 кг, а вугільна – 819 кг.

Під геотермальні установки потрібні зовсім невеликі ділянки землі, набагато менші, ніж під енергетичні установки інших типів, їх можна встановлювати, практично на будь-яких землях, зокрема й на сільськогосподарських угіддях. До того ж буріння геотермальних свердловин набагато менше впливає на навколишнє середовище, ніж розробка будь-яких інших джерел енергії. Ландшафт навколо геотермальної установки не псують ні шахти, ні тунелі, ні гори відходів.

Технологія безпечного використання геотермальних вод високорозвинена й надійно перевірена часом. Стічну воду з електростанції подають назад у резервуар, що дозволяє зберегти в ньому тиск, під дією

якого гаряча вода подається з виробничої свердловини. Технологічна геотермальна вода постійно ізольована від підземних вод трубопроводом, вбудованим у свердловину.

Висновки

1. Геотермальні електростанції, порівняно з тепловими станціями на викопному паливі, викидають дуже мало сірки і зовсім не викидають оксидів азоту.

2. Під геотермальні установки потрібні зовсім невеликі ділянки землі, набагато менші, ніж під енергетичні установки інших типів, їх можна встановлювати, практично на будь-яких землях, зокрема й на сільськогосподарських угіддях. До того ж буріння геотермальних свердловин набагато менше впливає на навколишнє середовище, ніж розробка будь-яких інших джерел енергії. Ландшафт навколо геотермальної установки не псують ні шахти, ні тунелі, ні гори відходів.

3. Технологія безпечного використання геотермальних вод високорозвинена й надійно перевірена часом. Стічну воду з електростанції подають назад у резервуар, що дозволяє зберегти в ньому тиск, під дією якого гаряча вода подається з виробничої свердловини. Технологічна геотермальна вода постійно ізольована від підземних вод трубопроводом, вмонтованим у свердловину.

4. Територія України, в окремих регіонах, може бути використана для розвитку геотермальної енергетики, як для опалення будівель так і для вироблення електричної енергії.