УДК 550.36

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ ВИКОРИСТАННЯ ГЕОТЕРМАЛЬНИХ РЕСУРСІВ В УКРАЇНІ

А. А. Долінський, академік НАН України, доктор технічних наук, головний науковий співробітник

E-mail: super-olesya2807@ukr.net

Д. М. Чалаєв, кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник

E-mail: htplab@ukr.net

О. О. Переяславцева, кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник

E-mail: alena_p11@ukr.net

Н. Б. Сильнягіна, старший науковий співробітник

E-mail: nbs77@rambler.ru

Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

Анотація. *Геотермальні ресурси є практично невичерпним екологічно чистим джерелом відновлюваної енергії. В Україні є великі запаси гарячих термальних вод, які практично не використовуються для потреб теплоенергетики. Аналіз літературних даних та попередніх розробок, що були виконані в інститутах ІТТФ та ІВЕ НАН України дозволили відкоригувати загальний і технічно можливий потенціал геотермальної енергії України і визначити найбільш перспективні напрямки для розвитку і впровадження геотермальної енергетики. Відповідно до експертних оцінок, теоретично можливий енергетичний потенціал геотермальної енергії в Україні становить понад 40 ГВт за потужністю, а економічно доцільний потенціал – близько 10 ГВт. Головним напрямком застосування геотермальної енергії в Україні є мала енергетика, в рамках якої можливо створення локальних геотермальних енергетичних комплексів для виробництва електричної і теплової енергії, видобутку корисних мінеральних сполук.*

До переліку сучасних технологій, які успішно використовуються в світі, і які, на наш погляд, необхідно застосовувати в Україні слід віднести:

- впровадження технологій геотермальних циркуляційних систем (ГЦС) з закачуванням відпрацьованого (охолодженого) геотермального флюїду в водоносний пласт;

- впровадження технологій двоконтурних систем геотермального енергопостачання з використанням корозійностійких теплообмінників та предізольованих трубопроводів з високоміцних композиційних матеріалів;

- впровадження технологій ГЦС з використанням внутрішньосвердловинних коаксіальних теплообмінників типу “труба в трубі”;

- освоєння технологій будівництва високодебітних свердловин з горизонтальними або похилоспрямованими стволами в водоносному пласті;

- перевід значної кількості окремих недіючих свердловин нафтових та газових родовищ на видобуток геотермальної енергії за допомогою глибинних коаксіальних теплообмінників типу "труба в трубі" і створенням циркуляційного контуру з проміжним теплоносієм;

- впровадження сучасних бінарних ГеоЕС середньо та малої потужності на базі серійних енергомодулів, наприклад "Obcom Powerbox", Швеція або "Ormat", Ізраїль та організації виробництва такого обладнання в Україні;

- впровадження теплонасосних технологій для підвищення температурного потенціалу теплоносія на базі парокомпресійних теплових насосів або абсорбційних термотрасформаторів;

- розробка та впровадження комплексних технологій утилізації геотермальної енергії і видобування корисних гідромінеральних ресурсів.

Значним резервом видобутку геотермальної енергії є законсервовані свердловини на території газових родовищ, яких на території України налічується декілька тисяч. Вироблені нафтові і газові родовища навіть після їх повного закриття з видобування вуглеводнів залишаються важливим енергетичним ресурсом, в першу чергу регіонів їх розташування, а при розробленні державної політики і відповідних заходів на державному рівні, і ресурсом усього паливно-енергетичного комплексу України.

Ключові слова: ***геотермальні циркуляційні системи, геотермальний флюїд***

Актуальність. У сучасних економічних умовах України для досягнення енергонезалежності необхідно активно впроваджувати в енергообіг відновлювальні джерела енергії і, в першу чергу, геотермальні енергоресурси.

Для ефективного освоєння геотермальних ресурсів слід опиратися на позитивний досвід попередніх розробок, які були впроваджені в Україні та інших країнах світу, які є лідерами в розробці та використанні новітніх технологій для видобутку та утилізації геотермальної енергії (США, Ісландія, Китай, Франція, Туреччина).

Масштабне використання геотермальних ресурсів у різних країнах світу призвело до ускладнення технологій вилучення гідротерм, розробці нових високопродуктивних конструкцій свердловин, необхідності примусового вилучення геотермального флюїду, стимуляції гідротермальних колекторів з низькою проникністю, широкому впровадженню геотермальних циркуляційних систем (ГЦС)

та обладнання для ефективного відбору теплової енергії від глибинних гірських порід.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз літературних даних [1] та попередніх розробок [2, 3], що були виконані в інститутах ІТТФ та ІВЕ НАН України дозволили відкоригувати загальний і технічно можливий потенціал геотермальної енергії України і визначити найбільш перспективні напрямки для розвитку і впровадження геотермальної енергетики, а також встановити перелік найбільш ефективних сучасних технологій для досягнення позитивного результату. Відповідно до експертних оцінок, теоретично можливий енергетичний потенціал геотермальної енергії в Україні становить понад 40 ГВт за потужністю, а економічно доцільний потенціал – близько 10 ГВт [3]. Найперспективнішими регіонами для розвитку геотермальної енергетики в Україні є Закарпаття, Прикарпаття, Сумська, Чернігівська, Херсонська, Донецька, Луганська та Полтавські області.

Мета дослідження. Масштаби виробництва теплової та електричної енергії на конкретному родовищі залежить від багатьох чинників, таких як геологія місцевості, середньорічна температура оточуючого середовища, дебіт і температурний потенціал, якість геотермального флюїду (мінералізація, хімічний склад, газонасиченість, жорсткість, кислотність та корозійна активність відносно до конструктивних матеріалів). Важливе значення має також інфраструктура в районі будівництва геотермального теплоенергетичного комплексу та відстань до перспективних споживачів енергії. Тому, з урахуванням вищенаведеного, головним напрямком застосування геотермальної енергії в Україні є мала енергетика, в рамках якої можливо створення локальних геотермальних енергетичних комплексів для виробництва електричної і теплової енергії, видобутку корисних мінеральних сполук, а також використання термальних вод в соціальній сфері та бальнеології.

Головним споживачем енергії локальних геотермальних енергетичних комплексів в такому разі будуть підприємства тепло- і електропостачання житлово-комунального господарства, агропромисловий комплекс і промислові підприємства місцевого значення.

На рис.1 представлено енергетичний потенціал геотермальної енергетики в Україні, перспективні напрямки використання та необхідний температурний потенціал геотермального флюїду в різних технологіях.

За температури термальної води 20 ^{o}C і вище її можна використовувати у поєднанні з тепловими насосами; за температури 30…50 ^{o}C – в системі теплої підлоги; за температури 55…70 ^{o}C – в гарячому водопостачанні. За температури термальної води більш 80 ^{o}C її широко застосовують в агропромисловому комплексі (сушарки, теплиці). При температурі 100…120 ^{o}C термальна вода може використовуватися для виробництва електричної енергії та отримання штучного холоду за допомогою абсорбційних холодильних машин.

Матеріали та методи дослідження. Для визначення районів першочергового освоєння геотермальних ресурсів необхідно встановити показники або критерії вибору, які дозволять виконати техніко-економічні розрахунки, в результаті яких будуть встановлені потужність геотермального енергетичного комплексу, собівартість його продукції та термін окупності.

Головними критеріями вибору об’єктів першочергового освоєння розвитку геотермальних ресурсів, в тому числі за допомогою недіючих свердловин на нафтових та газових родовищах є:

1. Реальні масштаби запасів геотермального флюїду, його енергетичний потенціал, теплоенергетичні і фізико-хімічні властивості геотермального флюїду та характеристики гірських порід водомісткого горизонту, що були визначені при проведенні дослідних прокачок свердловини. Кількість і розташування недіючих та законсервованих свердловин.

2. Наявність та відстань ймовірних споживачів теплової та електричної енергії від родовища, масштаби та технічна характеристика їх потреб.

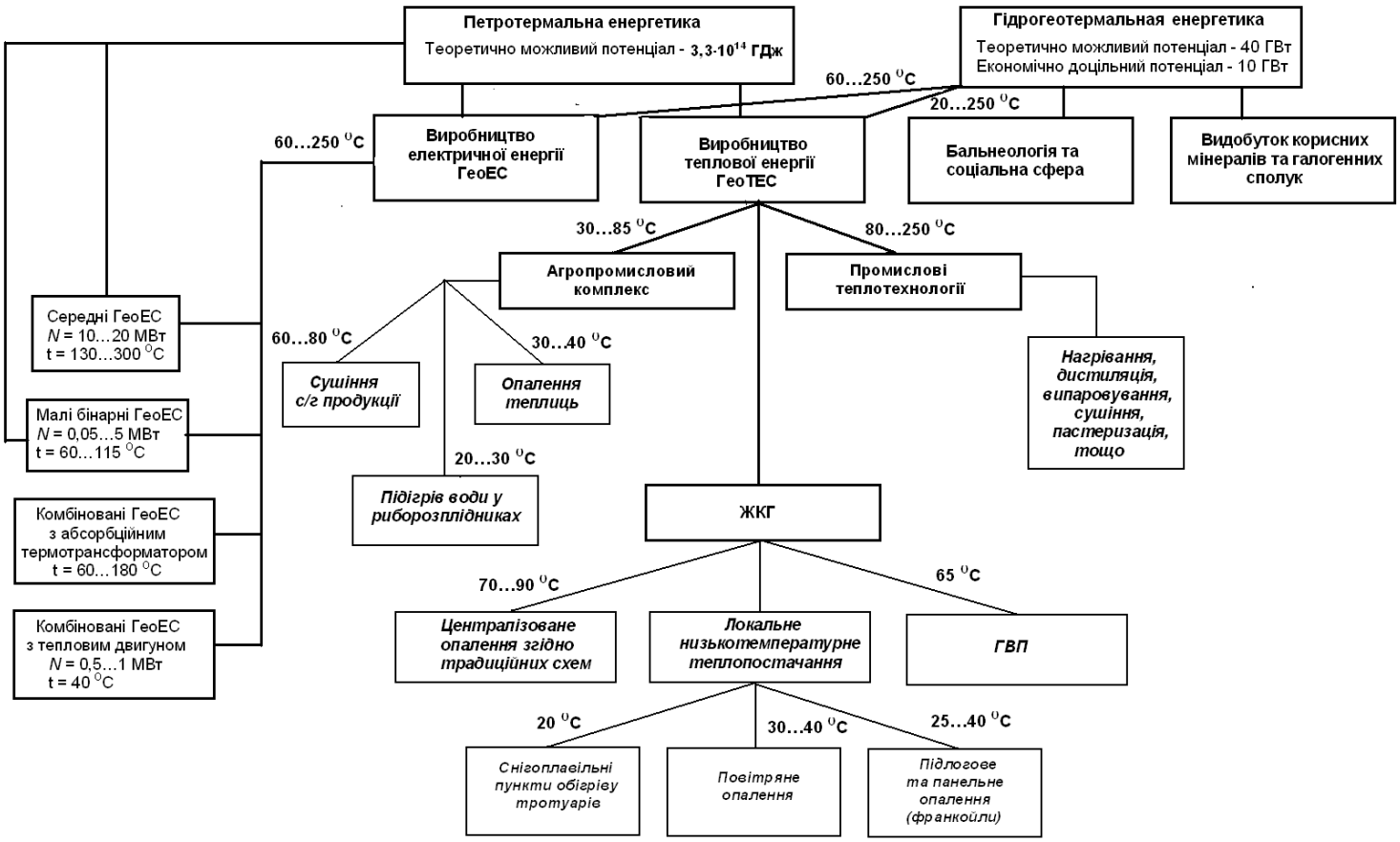

Рис. 1. Енергетичний потенціал геотермальної енергетики України та перспективні напрямки її використання

3. Можливість для впровадження на даному родовищі сучасних технологій видобутку і утилізації гідротермальної енергії та частки теплової енергії гірських порід каркасу водоносного горизонту, а також можливу доцільність вилучення розчинених в геотермальному флюїді горючих газів та вуглеводневих сполук.

4. Технічний стан і конструкція свердловин.

5. Перелік і методика визначення техніко-економічних показників запропонованих методів і засобів видобутку та утилізації геотермальної енергії.

При визначенні доцільності облаштування промислового видобутку геотермальної енергії та використанні її в системах електро- та теплопостачання ЖКГ, агропромисловому комплексі або в інших сферах, необхідно виявити перелік можливих споживачів, їх відстань від родовища і свердловин, які передбачається задіяти в проекті, а також значення максимальних теплових і електричних

навантажень, температурний графік, характер та терміни споживання теплових навантажень.

До переліку сучасних технологій, які успішно використовуються в світі, і які, на наш погляд, необхідно застосовувати в Україні слід віднести:

- впровадження технологій геотермальних циркуляційних систем (ГЦС) з закачуванням відпрацьованого (охолодженого) геотермального флюїду в водоносний пласт;

- впровадження технологій двоконтурних систем геотермального енергопостачання з використанням корозійностійких теплообмінників та предізольованих трубопроводів з високоміцних композиційних матеріалів;

- впровадження технологій ГЦС з використанням внутрішньосвердловинних коаксіальних теплообмінників типу “труба в трубі”;

- освоєння технологій будівництва високодебітних свердловин з горизонтальними або похилоспрямованими стволами в водоносному пласті;

- переведення значної кількості окремих недіючих свердловин нафтових та газових родовищ на видобуток геотермальної енергії за допомогою глибинних коаксіальних теплообмінників типу “труба в трубі” і створенням циркуляційного контуру з проміжним теплоносієм;

- впровадження сучасних бінарних ГеоЕС середньо та малої потужності на базі серійних енергомодулів, наприклад “Obcom Powerbox”, Швеція або “Ormat”, Ізраїль та організації виробництва такого обладнання в Україні;

- впровадження теплонасосних технологій для підвищення температурного потенціалу теплоносія на базі парокомпресійних теплових насосів або абсорбційних термотрасформаторів;

- розробка та впровадження комплексних технологій утилізації геотермальної енергії і видобування корисних гідромінеральних ресурсів.

Результати досліджень та їх обговорення. В Україні переважна більшість родовищ геотермальних ресурсів відносяться до високомінералізованих, де вміст мінеральних сполучень перевищує 40 г/л, а на родовищах Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) досягає 150…300 г/л [4]. Враховуючи екологічний аспект,

альтернативи впровадженню геотермальних циркуляційних систем із закачуванням відпрацьованих високомінералізованих термальних вод у водоносний пласт не існує.

Геотермальні циркуляційні системи призначені для доставки геотермального флюїду з водоносного пласту на поверхню землі, відбору теплоти та примусового повернення його в пласт, тобто створення замкнутого циркуляційного контуру: водоносний пласт – видобувна свердловина – теплообмінник – насос – нагнітальна свердловина. Найпростіша схема ГЦС представлена на рис. 2.

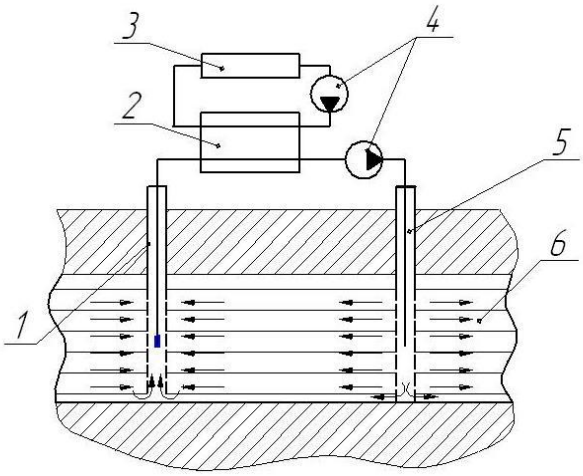

Рис. 2. Технологічна схема циркуляційної системи (ГЦС):

1 – видобувна свердловина з зануреним насосом; 2 – теплообмінник-утилізатор геотермальної енергії; 3 – споживач теплової енергії; 4 – циркуляційні насоси; 5 – нагнітальна свердловина; 6 – водоносний пласт

Завдяки організації таких контурів вилучається практично уся теплота геотермального флюїду, а також частина тепла земних надр, що відноситься до петротермальних енергетичних запасів. Крім того, в результаті циркуляції геотермального флюїду в пласті підтримується сталий тиск, що дозволяє значно (у 2,5…3 рази) підвищити дебіт свердловини і відповідно кількість видобутої теплової енергії [5].

Подальшим кроком на шляху підвищення продуктивності геотермального виробництва є створення ГЦС з декількома свердловинами, які пробурюються на незначній відстані між собою і мають похиле спрямування ствола в протилежному

напрямку з розташуванням забою свердловин в одному водоносному пласті, збільшуючи, таким чином, поверхню дренажу продуктивного пласта, що призводить до підвищення дебіту свердловини за рахунок збільшення площі активного забою, і значного скорочення капітальних витрат на облаштування геотермального теплового пункту. Такі системи мають успішну історію експлуатації в системі геотермального теплопостачання одного з промислових районів Парижа.

Схема ГЦС з похило спрямованими свердловинами показана на рис. 3.

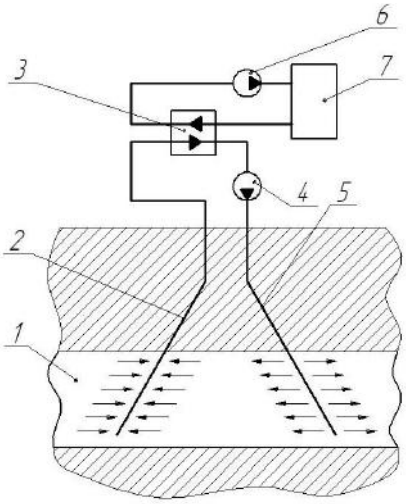

Рис. 3. Схема ГЦС з похило спрямованими свердловинами:

1 – продуктивний пласт; 2 – видобувна свердловина; 3 – теплообмінник; 4 – насос ГЦС; 5 – нагнітальна свердловина; 6 – циркуляційний насос; 7 – споживач

Підвищення дебетів окремих свердловин можна досягти шляхом створення горизонтального ствола свердловини вздовж водоносного пласта. Довжина горизонтального ствола може становити кілька сотень метрів, що дозволяє в десятки разів збільшити зону дренажу і значно підвищити продуктивність свердловини.

Перспективним методом покращення техніко-економічних показників видобутку геотермальної енергії є технологія двоконтурного теплопостачання з ГЦС та внутрішньосвердловинними теплообмінниками типу “труба в трубі”, представленими на рис. 4.

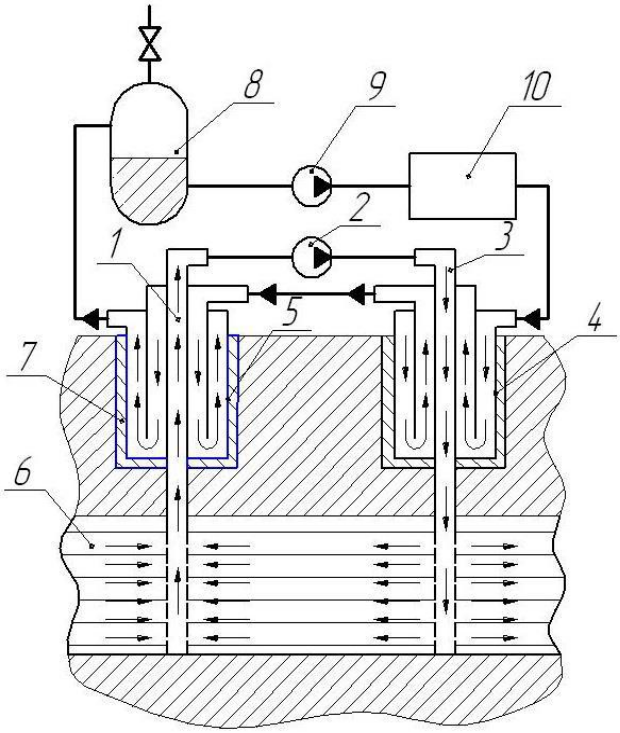

Рис. 4. Принципова схема двоконтурної системи геотермального теплопостачання із замкнутим ГЦС та внутрішньосвердловинними теплообмінниками:

1 – видобувна свердловина; 2 – нагнітальний насос; 3 – нагнітальна свердловина; 4, 5 – свердловинні теплообмінники типу “труба в трубі”; 6 – водонасичений пласт; 7 – зона цементації затрубного простору; 8 – бак-акумулятор; 9 – циркуляційний насос; 10 – споживач

Внутрішньосвердловинні теплообмінники типу “труба в трубі” прості у виготовлені, надійні в експлуатації, а капітальні витрати на їх облаштування не перевищують витрат на виготовлення кожухотрубних теплообмінників. Для облаштування такого теплообмінника на задану глибину забурюють свердловину великого діаметру і обсаджують колоною труб з наступною цементацією затрубного простору. Свердловини меншого діаметру обсаджують експлуатаційною колоною труб від гирла свердловини до забою. У проміжок між трубами великого діаметру і експлуатаційною колоною опускають проміжну колону, яка не доходить до підошви теплообмінника. Зовнішня колона труб теплообмінника одночасно виконує функцію кондуктора, який слугує для перекриття нестійких верхніх порід.

Недоліками вищезгаданих технологій є досить висока енергоємність процесу закачування відпрацьованого геотермального флюїду в водо насичений пласт та можливе падіння температурного потенціалу родовища, термін початку якого визначається теплофізичними властивостями гірських порід та об'ємом запасів геотермального флюїду.

Альтернативною технологією видобутку геотермальної енергії є створення глибинних свердловинних теплообмінників на окремих недіючих свердловинах нафто- та газоконденсатних родовищ. Глибина цих свердловин в Україні знаходиться в інтервалі 2…6 км з температурою пласту 90…250 °С. Технологічна схема односвердловинного геотермального теплового пункту з вбудованим глибинним теплообмінником представлена на рис. 5.

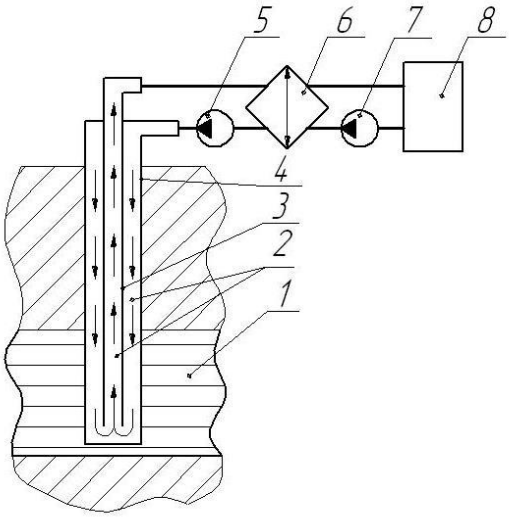

Рис. 5. Технологічна схема односвердловинного геотермального теплового пункту із вбудованим глибинним теплообмінником:

1 – продуктивний пласт; 2 – глибинний теплообмінник; 3 – підйомна труба; 4 – експлуатаційна колона; 5 – насос; 6 – теплообмінник; 7 – циркуляційний насос системи теплопостачання; 8 – споживач

Створення глибинного свердловинного теплообмінника передбачає установку в експлуатаційній колоні додаткової центральної підйомної труби, яка не доходить до зацементованого кінця експлуатаційної колони. Проміжний охолоджений теплоносій подається в міжтрубний простір коаксіального теплообмінника насосом

5. Досягнувши нижньої точки, теплоносій заходить в нижній отвір підйомної труби і за рахунок термоліфту та циркуляційного насосу підіймається на поверхню. Таким чином, створюється замкнутий контур проміжного теплоносія, циркуляція в якому здійснюється за допомогою циркуляційного насоса 5, енерговитрати на привод якого повинні покривати тільки втрати енергії на гідравлічний опір, що складаються з гідравлічних втрат на тертя рідини об стінки теплообмінника, місцеві втрати при зміні руху теплоносія та гідравлічний опір поверхневого теплообмінника 6, який передає вилучену термальну енергію споживачу.

Недоліком цієї технології є відсутність циркуляції геотермального флюїду в зоні відбору теплоти, що може привести до поступового зниження температури теплоносія на виході з свердловини. Для усунення цього явища необхідно переходити на сезонний період експлуатації свердловини: осінь-зима – споживання тепла; весна-літо – сезон реновації температури призабійної зони за рахунок тепла Землі.

При впровадженні усіх вищенаведених технологій слід застосовувати сучасні корозійностійкі матеріали для виготовлення теплообмінників та трубопроводів з композиційних матеріалів і сучасних теплоізоляційних матеріалів.

У випадку, коли геотермальний флюїд має високі газонасиченість і мінералізацію, необхідно, виходячи з реального дебіту свердловини, визначити об’єми і перелік компонентів геотермального флюїду, які підлягають вилученню та утилізації, а також методи і засоби утилізації. У першу чергу слід звернути увагу на горючі гази, що вилучаються з геотермального флюїду при зміні тиску та корисні хімічні сполуки, які можуть бути використані в промисловості.

Висновки і перспективи. Надра України містять великі запаси геотермальної енергії, розподілені практично на всій її території. Перспективними регіонами для розвитку геотермальної енергетики в Україні є Закарпаття, Прикарпаття, Сумська, Чернігівська, Херсонська, Донецька, Луганська та Полтавська області. За оцінками фахівців можливий енергетичний потенціал геотермальної енергії в Україні становить понад 40 ГВт за потужністю, а економічно доцільний потенціал – близько 10 ГВт.

Значним резервом видобутку геотермальної енергії є законсервовані свердловини на території газових родовищ, яких на території України налічується декілька тисяч. Вироблені нафтові і газові родовища навіть після їх повного закриття по видобуванню вуглеводнів залишаються важливим енергетичним ресурсом, в першу чергу регіонів їх розташування, а при розробленні державної політики і відповідних заходів на державному рівні, і ресурсом усього паливно-енергетичного комплексу України.

Дослідження проводяться за підтримки програми наукових досліджень НАН України "Ресурс-2" (проект Р 5.10)

Список використаних джерел

1. S.W. Lund, T.L Boyd. Direct utilization of geothermal energy 2015 word wade review. Geothermic 60 (2016) 66-93.

2. Звіт ІТТФ НАН України з НДР «Оцінка перспективного використання геотермальних вод України для централізованого енергопостачання. № Держреєстрації 0101U002849. К.: 2009.

3. Атлас енергетичного потенціалу відновлювальних джерел енергії. Київ. 2012. С. 15.

4. Долінський А. А., Халатов А. А. Геотермальна енергетика: виробництво електричної та теплової енергії. Вісник НАН України. 2016. № 11 . С. 76-86.

5. Морозов Ю. П. Добыча геотермальных ресурсов и аккумулирование теплоты в подземных горизонтах: монография. Киев: Наукова думка, 2017. 198 с.

References

1. S.W. Lund, T.L Boyd. (2015). Direct utilization of geothermal energy 2015 word wade review. Geothermic, 60 (2016), 66-93.

2. Zvit ITTF NAN Ukrainy po NDR «Otsinka perspektyvnoho vykorystannia heotermalnykh vod Ukrainy dlia tsentralizovanoho enerhopostachannia (2009). [Assessment of perspective use of geothermal waters of Ukraine for centralized energy supply]. № Derzhreiestratsii 0101U002849. Kyiv: 2009.

3. Atlas enerhetychnoho potentsialu vidnovliuvalnykh dzherel enerhii (2012) [Catalog of energy potential of renewable energy sources]. Kyiv,15.

4. Dolinskyi, A. A., Khalatov, A. A. (2016). Heotermalna enerhetyka: vyrobnytstvo elektrychnoi ta teplovoi enerhii [Geothermal energy: production of electric and thermal energy]. Visnyk NAN Ukrainy, 11, 76-86.

5. Morozov, Yu. P. (2017). Dobycha geotermal'nykh resursov i akkumulirovaniye teploty v podzemnykh gorizontakh [Extraction of geothermal resources and accumulation of heat in underground horizons]. Kyiv: Naukova dumka, 198.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В УКРАИНЕ

А. А. Долинский, Д. М. Чалаев, А. А. Переяславцева, Н. Б. Сильнягина

Аннотация. *Геотермальные ресурсы представляют собой практически неисчерпаемый экологически чистый источник возобновляемой энергии. В Украине есть большие запасы горячих термальных вод, которые практически не используются для нужд теплоэнергетики. Анализ литературных данных и предыдущих разработок, выполненных в институтах ИТТФ и ИВЕ НАН Украины, позволили откорректировать общий и технически возможный потенциал геотермальной энергии Украины и определить наиболее перспективные направления для развития и внедрения геотермальной энергетики. Согласно экспертным оценкам, теоретически возможный энергетический потенциал геотермальной энергии в Украине составляет более 40 ГВт по мощности, а экономически целесообразный потенциал – около 10 ГВт. Главным направлением применения геотермальной энергии в Украине является малая энергетика, в рамках которой возможно создание локальных геотермальных энергетических комплексов для производства электрической и тепловой энергии, добычи полезных минеральных соединений.*

В перечень современных технологий, которые успешно используются в мире, и которые, на наш взгляд, необходимо применять в Украине следует отнести:

- внедрение технологий геотермальных циркуляционных систем (ГЦС) с закачкой отработанного (охлажденного) геотермального флюида в водоносный пласт;

- внедрение технологий двухконтурных систем геотермального энергоснабжения с использованием коррозионностойких теплообменников и предизолированных трубопроводов из высокопрочных композиционных материалов;

- внедрение технологий ГЦС с использованием внутрискважинного коаксиального теплообменника типа “труба в трубе”;

- освоение технологий строительства высокодебитных скважин с горизонтальными или наклонными стволами в водоносном пласте;

- перевод значительного количества отдельных бездействующих скважин нефтяных и газовых месторождений на добычу геотермальной энергии с помощью глубинных коаксиальных теплообменников типа “труба в трубе” и созданием циркуляционного контура с промежуточным теплоносителем;

- внедрение современных бинарных ГеоЭС средней и малой мощности на базе серийных энергомодулей, например, “Obcon Powerbox”, Швеция или “Ormat”, Израиль и организация производства такого оборудования в Украине;

- внедрение теплонасосных технологий для повышения температурного потенциала теплоносителя на базе парокомпрессионных тепловых насосов или абсорбционных термотрансформаторов;

- разработка и внедрение комплексных технологий утилизации геотермальной энергии и добычи полезных гидроминеральных ресурсов.

Значительным резервом добычи геотермальной энергии является законсервированные скважины на территории газовых месторождений, которых на территории Украины насчитывается несколько тысяч. Выработанные нефтяные и газовые месторождения даже после их полного закрытия по добыче углеводородов остаются важным энергетическим ресурсом, в первую очередь регионов их расположения, а при разработке государственной политики и соответствующих мер на государственном уровне, и ресурсом всего топливно-энергетического комплекса Украины.

Ключевые слова: ***геотермальные циркуляционные системы, геотермальный флюид***

PROSPECTIVE DIRECTIONS FOR USE OF GEOTHERMAL RESOURCES IN UKRAINE

A. Dolinsky, D. Chalaev, A. Pereyaslavtseva, N. Silnyagina

Abstract. *Geothermal resources are an almost inexhaustible environmentally friendly source of renewable energy. In Ukraine, there are large reserves of hot thermal waters, which are practically not used for the needs of heat power engineering. Analysis of literature data and previous developments carried out at the institutes of IET and IVE NAS of Ukraine made it possible to correct the general and technically possible potential of geothermal energy in Ukraine and determine the most promising directions for the development and implementation of geothermal energy. According to expert estimates, the theoretically possible energy potential of geothermal energy in Ukraine is more than 40 GW in capacity, and the economically viable potential is about 10 GW. The main area of application of geothermal energy in Ukraine is small-scale energy, within which it is possible to create local geothermal energy complexes for the production of electrical and thermal energy, the extraction of useful mineral compounds.*

The list of modern technologies that are successfully used in the world, and which, in our opinion, must be applied in Ukraine should include:

- introduction of technologies of geothermal circulation systems (GCS) with the injection of spent (cooled) geothermal fluid into the aquifer;

- introduction of technologies for double-circuit geothermal power supply systems using corrosion-resistant heat exchangers and preinsulated pipelines made of high-strength composite materials;

- introduction of GCS technologies with the use of a downhole coaxial heat exchanger of the "pipe-in-pipe" type;

- development of technologies for the construction of high-rate wells with horizontal or inclined shafts in an aquifer;

- conversion of a significant number of individual idle wells of oil and gas fields to the extraction of geothermal energy using deep coaxial heat exchangers of the "pipe in pipe" type and creating a circulation loop with an intermediate heat carrier;

- introduction of modern binary GeoPPs of medium and low power on the basis of serial power modules, for example, "Obcon Powerbox", Sweden or "Ormat", Israel and the organization of production of such equipment in Ukraine;

- introduction of heat pump technologies to increase the temperature potential of the coolant on the basis of vapor compression heat pumps or absorption thermotransformers;

- development and implementation of integrated technologies for the utilization of geothermal energy and the extraction of useful hydromineral resources.

A significant reserve for the extraction of geothermal energy is suspended wells in the territory of gas fields, of which there are several thousand on the territory of Ukraine. The developed oil and gas fields, even after their complete closure for the production of hydrocarbons, remain an important energy resource, primarily in the regions of their location, and in the development of state policy and appropriate measures at the state level, and the resource of the entire fuel and energy complex of Ukraine.

Key words: ***geothermal circulation systems, geothermal fluid***