

ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ РЕІНЖІНІРИНГУ НЕДІЮЧИХ СВЕРДЛОВИН НАФТОГАЗОВИДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВ У ГЕОТЕРМАЛЬНІ ЕНЕРГОГЕНЕРУЮЧІ ОБ'ЄКТИ

У.Ю. Палійчук

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 500750,
e-mail: ulya.n.paliychuk@gmail.com

Розглядаються передумови та можливості застосування технологій реінжинірингу недіючих промислових нафтових і газових свердловин з метою їх трансформації в глибинні геотермальні зонди на основі порівняльного аналізу світового та вітчизняного досвіду у цій сфері. Результати виконання геотермальних проєктів засвідчують ефективність такого трансформування та отримання реальної економії витрат у порівнянні із витратами на спорудження спеціальних свердловин. Наголошується на необхідності створення універсальної методики проведення техніко-економічного аналізу і обґрунтування доцільності відновлення та модернізації свердловин для цілей геотермії.

Ключові слова: геотермальні ресурси, геотермальна енергія, енерговиробництво, модернізація свердловин, рентабельність.

Рассматриваются предпосылки и возможности использования технологий реинжиниринга недействующих промышленных нефтяных и газовых скважин с целью их трансформации в глубинные геотермальные зонды на основе сравнительного анализа мирового и отечественного опыта в этой области. Результаты выполнения геотермальных проектов подтверждают эффективность такой трансформации и получения реальной экономии расходов по сравнению с расходами на сооружение специальных скважин. Подчеркивается необходимость создания универсальной методики проведения технико-экономического анализа и обоснования целесообразности возобновления и модернизации скважин для целей геотермии.

Ключевые слова: геотермальные ресурсы, геотермальная энергия, энергопроизводство, модернизация скважин, рентабельность.

This article reviews the background and the possibility of appliance of the reengineering technology of inactive industrial oil and gas wells for their transformation into deep geothermal probes based on comparative analysis of international and domestic experience in this field. The results of the geothermal projects demonstrate the effectiveness of such a transformation and a real cost saving compared to the cost of construction of special wells. It is marked on the need for a universal method of conducting a feasibility analysis and justification of restoration and modernization of wells for geothermal purposes.

Keywords: geothermal resources, geothermal energy, energy generation, well modernization, profitability.

Вступ. Нафтогазова промисловість у світовому вимірі зіткнулась з необхідністю вирішення двох важливих проблем. Перша – виснаження ресурсів, старіння нафтових родовищ, зростання витрат на дорозвідку, експлуатацію та виведення з експлуатації все більшої кількості свердловин, друга – цінова нестабільність вуглеводневих ресурсів на світових ринках, зростання популярності і конкурентоздатності так званої «чистої» енергії з відновлюваних джерел. Тому питання максимально ефективного використання існуючих резервів, всіх видів активів та інфраструктури компаній нафтогазовидобувного комплексу не тільки для того, щоб залишатись «на плаву» у традиційному секторі первинного виробництва енергії, а й для диверсифікації видів діяльності, є дуже актуальним. Вирішенню цього питання сприятиме пошук, залучення і використання будь-яких додаткових енергетичних ресурсів, серед яких дуже перспективним, практично невичерпним і стабільним є теплова енергія землі. У зв'язку з цим можливості використання потенціалу геотермальної енергії в енергетичному забезпеченні діяльності людства стали об'єктом і предметом дослідження науковців і практиків у багатьох країнах світу.

Аналіз сучасних досліджень і публікацій.

Геотермальні ресурси охоплюють широкий спектр тепла, генерованого земними надрами. Це і гідротермальні ресурси, які на даний час ефективно використовуються та добре досліджені, і термальні ресурси, які знаходяться набагато глибше в земній корі та є повсюдно доступними [1].

Доступ до даного виду ресурсів нашої планети можуть забезпечити глибокі нафтові та газові свердловини, які після закінчення корисної експлуатації за прямим призначенням можуть бути заповнені теплоносіями з метою подальшого вилучення теплової енергії. Ідея використання недіючих нафтових і газових свердловин для отримання геотермальної енергії насправді не є новою. У 1969 році у Франції було розпочато спорудження свердловин для забезпечення місцевого теплопостачання, які живляться від низькотемпературних геотермальних джерел у седиментаційному басейні. На даний час у Франції на території Паризького басейну налічується 41 силова установка, що забезпечує гарячою водою близько 200000 домогосподарств. Дослідження можливості використання нафтогазових свердловин для залучення в господарську діяльність людства теп-

лової енергії надр планети активно ведуться в Угорщині, Албанії, Польщі, Німеччині, Швейцарії, США, Франції, Австралії, Новій Зеландії та інших країнах [2, 3, 4, 5, 6].

При цьому екологи наголошують на тому, що використання геотермальної енергії сприяє позбавленню довкілля від шкідливих наслідків традиційних видів виробництва електроенергії з використанням викопного палива. Тому застосування геотермальної енергії шляхом повторного використання ліквідованих чи законсервованих нафтових і газових свердловин не лише дозволить збільшити частку відновлювальної енергетики в загальному енергетичному портфелі людства, але і певною мірою запобігатиме виникненню екологічних проблем, пов'язаних з експлуатацією, аварійними ситуаціями, забрудненістю, необхідністю виведення із експлуатації, консервації або ліквідації цих свердловин [7, 8]. До того ж слід вказати, що одним із суттєвих бар'єрів освоєння геотермальної енергії суб'єктами світового енергетичного ринку залишаються високі початкові капітальні витрати, пов'язані з бурінням та спорудженням спеціальних геотермальних свердловин і пов'язані з цим тривалий термін окупності та відповідний набір ризиків.

Тому використання наявного досвіду та інфраструктури нафтогазової галузі, перевірених технологій, адаптованих до потреб геотермального енерговиробництва може забезпечити суб'єктам нафтогазової промисловості можливості активної участі в глобальному вирішенні проблем «чистої» енергії та отримання додаткових потоків доходів. Умовою такої участі є інвестування наукових і дослідно-конструкторських робіт за цим напрямком компаніями-розпорядниками викопного палива. Таке партнерство може стати своєрідним «трампліном» виходу геотерміки на ринок відновлюваної енергії з захопленням і закріпленням позицій на ньому нафтогазових компаній. Найбільш цінним аспектом взаємопроникнення геотермальної і нафтогазової енергетик слід вважати наявність інформаційних баз даних по свердловинах, що дає змогу теоретично спрогнозувати потенціал використання тих чи інших елементів наявної галузевої інфраструктури для організації масштабного використання геотермальної енергії [7, 9, 10].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячена стаття. У геотермальних розробках традиційно найвищими є витрати на будівництво свердловин, в зв'язку з чим інвестиції у створення нових об'єктів геотермальної енергетики характеризуються тривалим терміном окупності, значними фінансовими і господарськими ризиками.

Однак загальновідомим фактом є те, що фонд свердловин, які перебувають на балансі нафтогазовидобувних підприємств, забезпечений вичерпною інформацією (каротажні діаграми, дані про продуктивність, історія капітальних ремонтів тощо), яка дає змогу попередньо оцінити придатність свердловин до «реа-

німації» з метою використання як глибинних теплових зондів. Останні дослідження демонструють достатньо економічні способи модернізації свердловин, серед яких одним із найбільш перспективних є використання конструкції «труба в трубі» (т. зв. pipe-within-a-pipe design), а також інші способи [10, 11].

Використання геотермальних технологій в нафтогазовій галузі може мінімізувати час окупності інвестицій за рахунок використання існуючої інфраструктури, зменшення залежності від зовнішніх електромереж, зниження витрат на електроенергію на нафтовому промислі, мінімізації витрат на роботи з виведення свердловин із експлуатації. Навіть за тієї умови, що нафтова чи газова свердловина не може бути відразу використана у якості геотермального зонда після закінчення видобутку вуглеводнів, витрати на її модернізацію чи повторне буріння будуть нижчими, ніж витрати на буріння нової спеціально запроєктованої геотермальної свердловини. Очікувана економія витрат у випадку модернізації передбачається на рівні 50-60% [9, 12].

Тому геотермальні енергосистеми, засновані на використанні існуючих нафтових і газових свердловин, мають високий потенціал прибутковості. Так, за оцінкою експертів, для виробництва електроенергії з використанням геотермального ресурсу коефіцієнт використання потужності (відношення фактичного виробництва електроенергії до загальної потужності джерела енергії) складає 90-95%, тоді як для вітрової установки – лише 20-30% [9]. Типова свердловина, ліквідована після закінчення видобутку вуглеводнів та модернізована способом використання згаданої вище конструкції «pipe-within-a-pipe», може виробляти близько 54 кВт електроенергії, а фінансова вигода від такого виробництва складатиме 36 833,26 дол. США на рік [11].

Слід, однак, зауважити, що станом на сьогодні узагальнених методів і методик проведення техніко-економічного аналізу і обґрунтування доцільності відновлення та модернізації свердловин для цілей геотермії не існує. В кожному конкретному випадку потрібно враховувати індивідуальні особливості конструкції самої свердловини, її стану та історії експлуатації, потреби в інвестиційних коштах тощо.

Тому актуальність визначення початкових геологічних, геофізичних, техніко-технологічних, фінансово-економічних та організаційно-юридичних умов трансформації недіючих свердловин в геотермальні енергогенеруючі об'єкти, а також розроблення теоретичних засад, методології та методики обґрунтування рішень щодо доцільності такого їх використання не викликає сумніву, а перші кроки в цьому напрямку були започатковані в роботах автора [13, 14].

Постановка завдання. Метою статті є оцінка передумов та можливостей використання технологій реінжинірингу недіючих свердловин з фонду підприємств нафтогазового ком-

плексу для трансформації останніх в глибинні геотермальні зонди енергогенеруючих об'єктів на основі порівняльного аналізу світового та вітчизняного досвіду у цій сфері.

Виклад основного матеріалу. Як засвідчує світовий досвід, енерговиробництво з використанням теплової енергії землі може бути інтегроване у нафтову галузь трьома шляхами:

1) генерування електроенергії шляхом використання гарячих розсолів, які виносяться на поверхню із діючих свердловин в процесі їх експлуатації;

2) трансформування недіючих (ліквідованих, законсервованих та ін.) свердловин для виробництва електроенергії, при цьому передбачається використання існуючих активів, інфраструктури, скорочення викидів вуглекислого газу, генерування доходів від реалізації відновлюваної енергії;

3) використання існуючих технологій розробки родовищ для проектування резервуарів для так званих розширених або інженерних геотермальних систем (EGS – Enhanced (Engineered) Geothermal Systems), концепція яких полягає в тому, що такі системи не потребують ідеальних геологічних умов та теоретично можуть працювати будь-де, оскільки передбачається створення підземної системи тріщин, в яку вода може бути штучно введена через нагнітальну свердловину, та буріння другої свердловини в зоні розломів з подальшим відбором тепла [10, 15]

У світі існує величезна кількість ліквідованих свердловин або свердловин, що підлягають ліквідації. За попередніми оцінками експертів, лише у США їх налічується близько 2,5 млн. і в контексті актуальних досліджень йдеться про те, що такий величезний енергетичний ресурс продовжує залишитись невикористаним. Нещодавні дослідження науковців Китайської академії наук мали на меті продемонструвати можливість одержання геотермальної енергії з використанням існуючих нафтових і газових свердловин [10, 16]. Результати їхніх розрахунків свідчать, що температура вилученої рідини становить 129,88°C і знижується до 127,92°C після 10 років експлуатації; гаряча вода і електроенергія можуть бути одержані із ліквідованих свердловин, а відстань між свердловинами має бути не меншою 40 м, щоб уникнути взаємодії між ними.

У зв'язку із цим варто згадати, що на сьогоднішній день в Україні налічується 11 геотермальних об'єктів, створених у 1980-1990 рр., з яких нині працює лише один – у с. Ведмедівка Джанкойського району АР Крим. На думку науковців Інституту відновлювальної енергетики НАН України, всі ці об'єкти варто модернізувати для повторного використання [17, 18].

Окрім цього, на балансі підприємств нафтогазового комплексу перебуває значна кількість нафтових і газових свердловин, які законсервовані або ліквідовані, або виведені з експлуатаційного фонду через неможливість пода-

льного буріння або експлуатації з технічних або геологічних причин.

Аналізу на предмет потенційного використання в геотермії підлягають:

– пошукові, розвідувальні, опорні, параметричні свердловини, які виявились «сухими» або водяними, не доведені до проектною глибини через геологічну недоцільність тощо;

– видобувні свердловини, які також виявились водяними або «сухими»;

– оцінювальні свердловини, які виконали своє призначення;

– свердловини, що перебувають на обліку серед основних фондів нафтогазодобувних підприємств, зокрема ті, за якими спостерігається зниження дебіту до межі рентабельності внаслідок виснаження або обводнення продуктивних горизонтів, через відсутність доцільності подальшого використання (спостережні, оціночні і нагнітальні свердловини);

– свердловини, розташовані в населених пунктах, промислових підприємствах тощо (в заборонених зонах);

– свердловини, законсервовані в очікуванні організації промислу, в тому числі зараховані до основних фондів, якщо їх термін консервації перевищує 10 років, а введення цих площ в розробку на найближчі 5-7 років не передбачається;

– інші категорії свердловин згідно «Положення про порядок ліквідації нафтових, газових і інших свердловин і списання витрат на їх спорудження».

Тільки за даними ВАТ «Укрнафта», на балансі підприємства перебуває 12 свердловин, які знаходяться у стані консервації, з них 7 нафтових і 5 газових [19, 20].

Спеціалісти виділяють кілька способів реалізації використання старих свердловин для отримання геотермального тепла. Найбільш сприятливе вирішення передбачає експлуатацію або ін'єкцію (введення в свердловину) геотермальних вод. У випадку гідратації покладу вода може експлуатуватись разом з нафтою та/або газом. Після відокремлення вуглеводнів на поверхні тепло може бути одержане від води, що надходить. Така вода може бути введена у контур пласта, підвищуючи таким чином тиск. Інший спосіб, в який можуть використовуватись свердловини, – для свердловинних теплообмінників [21].

Варто зазначити, що великий досвід і напрацювання за напрямком дослідження доцільності модернізації та повторного використання непродуктивних свердловин у якості геотермальних зондів мають наші близькі європейські сусіди – Польща та Угорщина.

В Угорщині з 2002 року розпочалось розроблення та впровадження спільного пілотного геотермального проекту за участі національної нафтогазової компанії та представників від Австралії, Ісландії та Португалії з наступним створенням спільної акціонерної компанії, яка має на меті фінансування та подальшу підтримку розвитку геотермальної енергетики в центральноєвропейському регіоні. Технічна концеп-

пція проекту передбачала використання двох наявних ліквідованих нафтогазових свердловин у південно-західній частині Угорщини для одержання і повторного нагнітання у свердловину термальної води з метою проведення тестових замірів продуктивності та параметрів експлуатації такої свердловини. Точний дебіт свердловини за умови переведення її на воду був невідомим, оскільки початково досліджувані нафтогазові свердловини були експлуатаційними та націленими на видобуток вуглеводнів. У випробувальній фазі проекту дві списані свердловини були перетворені на термальні. Термальна вода з однієї свердловини надходила у розташовану неподалік котловину, охолоджувалась, після чого через нагнітальну свердловину подавалась в той самий пласт. Після цього проводився аналіз отриманих даних. Слід наголосити, що вибір рішення на користь випробування та перевірки існуючих нафтогазових свердловин є ключовим питанням у концепції геотермальних досліджень. При цьому існують дві можливості для проведення випробувань: тестувати тільки одну свердловину, чи тестувати дві свердловини, які змогли б працювати у спареному режимі, на предмет можливості здійснення видобутку та зворотного закачування в пласт видобутої рідини [12, 22]. Як свідчить угорський досвід, використання ліквідованих нафтогазових свердловин має низку переваг, серед яких найголовнішими вкотре називають можливість мінімізації капітальних витрат на буріння (реально вдається досягти 40-50% економії) та наявність документації по свердловинах, за якою можна провести повний регіональний аналіз.

До основних проблемних аспектів використання існуючих нафтових і газових свердловин можна віднести наступне:

- під час розвідки та розробки нафтових і газових родовищ фахівці прагнуть уникати припливу пластових вод у свердловини з метою попередження обводнення. Звідси випливає, що тільки найбільш невдалі пошукові і розвідувальні свердловини на нафту і газ можуть бути визнані перспективними і придатними для геотермального використання;

- сумнівний фізичний стан і вік конструктивних елементів перспективних свердловин (30-40 років);

- неповна або невідповідна документація по свердловині, відсутність або недостатність інформації;

- нафтогазові свердловини сконструйовані для значно повільнішого потоку рідини, аніж очікується для геотермального проекту, тому існує потреба у додатковій експлуатаційній або нагнітальній свердловині;

- непристосованість обсадної колони для довготривалого прокачування води з високими значеннями температури;

- температурна ізоляція свердловин у більшості випадків відсутня;

- дуже важко знайти хоча б одну перспективну свердловину, ще важче знайти дві таких свердловини для роботи у спареному режимі;

- територіальна віддаленість від потенційних споживачів тепла.

Окрім цього, до необхідних умов геотермального використання свердловин на промислових нафтових і газових покладах варто віднести зацікавленість у такому використанні власника родовища чи покладу [22, 23].

До незаперечних переваг слід віднести те, що у геотермії будівництво спеціальних свердловин виступає найбільш витратним елементом, а тому такий спосіб утилізації існуючих свердловин може істотно зменшити витрати, особливо в частині коштів, відведених на їх ліквідацію. При цьому мінімізується ризик виникнення у процесі буріння певних ускладнень, через які не вдається досягти проектних цілей, оскільки йдеться про фактично готовий об'єкт. Як стверджується в роботі [24], вартість виведення об'єкта з експлуатації може перевищити вартість його адаптації для цілей одержання і використання тепла. На користь використання свердловин як об'єктів геотермальної енергетики свідчить і факт, що значна їх кількість розташована в густо населених районах – в межах міст, поблизу промислових об'єктів, тобто на невеликій відстані від потенційних споживачів.

Для прикладу, з метою проведення техніко-економічного аналізу Польська нафтогазова компанія обрала дві свердловини у місцевості Івоніч Здруй, призначені для виведення з експлуатації зважаючи на нерентабельність – свердловини Елін 1 та Елін 10. Враховувались такі критерії відбору, як відносно мала віддаленість свердловин від великого споживача (санаторій Excelsior); довжина наземного трубопроводу (до 600 м); системи опалення, що використовуються в санаторії (насамперед ті, що працюють цілий рік і забезпечують низькотемпературне тепло); тривалість опалювального сезону та відпочинково-рекреаційний характер місцевості, що додатково слугує аргументом на користь застосування «чистих» методів виробництва енергії. Було проведено комплексний техніко-економічний аналіз за двома свердловинами, а також кількісний аналіз використання теплообмінника типу ВНЕ (Borehole Heat Exchanger) за різних параметрів експлуатації.

Згідно з результатами економічного аналізу найбільше впливають на рентабельність інвестування в ВНЕ такі параметри:

- 1) відстань від свердловини до споживача;
- 2) вартість матеріалів;
- 3) характеристики опалювальної системи.

Із аналізу витрат на переоснащення свердловин Елін 3 та Елін 10 випливає, що такі витрати в Польщі можуть бути нижчими, ніж кошти, які потрібно інвестувати в повну ліквідацію.

За результатами проведених досліджень і оцінок польські науковці стверджують, що реконструкція і адаптація свердловин на теплообмінники можлива як до, так і після ліквідації свердловини, на їх енергетичну ефективність впливає багато чинників, до яких належать гео-

логічні параметри, особливості конструкції та умови експлуатації [24, 25].

Тому ідея використання частини фонду свердловин в цілях геотермії, з точки зору корисності для підприємств нафтогазового комплексу, є надзвичайно важливою. Адже для виживання й успішного функціонування компанії на ринку ефективність її діяльності має величезне значення, а залучення геотермальних розробок у нафтогазову галузь створює можливості для диверсифікації діяльності підприємств нафтогазового комплексу, перерозподілу існуючих потужностей через реструктуризацію активів, сприятиме покращенню ефективності здійснювання політики управління основними фондами підприємств та їх виробничими активами, підвищенню ефективності витрат і одержання додаткових прибутків від використання частини фонду свердловин в цілях геотермії.

Однак про все це можна впевнено стверджувати лише після проведення детального інвестиційного аналізу, що, в свою чергу, вимагає теоретичного, методологічного та методичного забезпечення, яке на сьогодні відсутнє.

Висновки. Таким чином, світовий досвід засвідчує, що можливість використання геотермальної енергії з допомогою реанімованих, відновлених, відповідним чином перепроєктованих і переобладнаних нафтових і газових свердловин є не лише гіпотетичною, але і підтверджена практикою діяльності ряду компаній.

Результатами успішного виконання геотермальних проектів підтверджена енергетична ефективність трансформування недіючих нафтогазових свердловин в геотермальні зонди енергогенеруючих об'єктів. Ними також засвідчено отримання реальної економії витрат у порівнянні із витратами на спорудження спеціальних свердловин.

Однак масштабне використання цього позитивного досвіду в Україні вимагає створення універсальної методики оптимізації процесів перетворення ліквідованих нафтогазових свердловин на геотермальні зонди енергогенеруючих об'єктів, обґрунтованого вибору технологій та способів їх реінжинірингу, модернізації і подальшого використання суб'єктами господарювання нафтогазовидобувного комплексу на основі врахування індивідуальних особливостей об'єктів (свердловин).

Література

1 Zhaowen Li, M. D., Shuliang Li, Sam Huang. CO₂ sequestration in depleted oil and gas reservoirs – caprock characterization and storage capacity. ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT. 2006, 47, 1372-1382.

2 Laplaige P., Jaudin F., Desplan A. and Demange J. The French Geothermal experience review and perspectives. Proceedings World Geothermal Congress 2000, Kyushu Japan, 283-294.

3 A.G. Reyes. Abandoned oil and gas wells – a reconnaissance study of an unconventional geothermal resource. GNS Science Report 2007/23, July 2007.

4 Antoni P. Barbacki. The use of abandoned oil and gas wells in Poland for recovering geothermal heat. Proceedings World Geothermal Congress 2000. Kyushu – Tohoku, Japan, May 28 – June 10, 2000.

5 Denis Pone, Eunhye Kim. Geothermal Energy Recovery from Hydrocarbon Settings: Potential and Challenges.

6 Geoffrey Styles. Hydrocarbons and Geothermal Energy. // [Електронний ресурс] The Energy Collective, November 9, 2010. – Режим доступу: <http://theenergycollective.com/geoffrey-styles/46900/hydrocarbons-and-geothermal-energy>

7 Scientists Devise Way To Harness Geothermal Energy Through Used Oil, Gas Wells. // [Електронний ресурс] Knovel, November 23, 2011. – Режим доступу: <http://why.knovel.com/all-engineering-news/1025-scientists-devise-way-to-harness-geothermal-energy-through-used-oil-gas-wells.html>

8 Adelina P. Davis, Efstathios E. Michaelides. Geothermal power production from abandoned oil wells. Energy 34 (2009) 866-872.

9 Window on State Government. // [Електронний ресурс] Energy Report. Chapter 21 – Geothermal. – Режим доступу: <http://www.window.state.tx.us/specialrpt/energy/renewable/geo.php>

10 Jamie E. Hutchins. Geothermal in the Oil Field – The Next Emerging-Energy Market. // [Електронний ресурс] The OGM Network. – Режим доступу: <http://theogm.com/2011/06/20/geothermal-in-the-oil-field-%E2%80%93-the-next-emerging-energy-market/>

11 Xianbao Bu, Weibin Ma, Huashan Li. Geothermal energy production utilizing abandoned oil and gas wells. Renewable Energy. Volume 41, Pages 80-85

12 Attila Kujbus. Hydrocarbon well testing as part of geothermal exploration in Hungary. PROCEEDINGS: Thirty-Fourth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, Stanford, California, February 9-11, 2009. SGP-TR-187

13 Палійчук У. Ю. Щодо ідентифікації стратегічних шляхів диверсифікації господарської діяльності нафтогазовидобувних підприємств України / У. Ю. Палійчук, В. П. Петренко // Теорія та практика стратегічного управління розвитком галузевих і регіональних суспільних систем: збірн. тез доповідей III-ї Всеукраїнської наук.-практ. конференції (м. Івано-Франківськ, 21-22 жовтня, 2011 року). – Івано-Франківськ: ПП Курилюк, 2011. – С. 91-92.

14 Палійчук У. Ю. Енергозабезпечення національного господарства: геотермальна енергетика та перспективи її розвитку нафтогазовидобувним комплексом України / У. В. Палійчук // Економіка та управління в нафтовій і газовій промисловості. – 2011. – №2(4). – С. 12–16.

- 15 Gregory Mone. Rock On. Long seen as too expensive, geothermal energy is now a contender. // [Електронний ресурс] Technology Review published by MIT, September/October 2007. – Режим доступу: <http://www.technologyreview.com/article/19216/>
- 16 Charles Harvey. Oil and gas wells find new life with geothermal. // [Електронний ресурс] New Scientist Environment, 22 November 2011. – Режим доступу: <http://www.newscientist.com/article/mg21228394.100-oil-and-gas-wells-find-new-life-with-geothermal.html>
- 17 Україні варто відновити старі геотермальні свердловини експерт // [Електронний ресурс] Новини енергетики, 26 лютого, 2010. – Режим доступу: <http://www.energy-efficient.kiev.ua/node/6229>
- 18 2007 Survey of Energy Resources. // [Електронний ресурс] World Energy Council 2007. Geothermal Energy, page 475. – Режим доступу: http://www.worldenergy.org/documents/ser2007_final_online_version_1.pdf
- 19 Мала гірнича енциклопедія: у 3-х т.; за ред. В.С. Білецького. – Донецьк: Донбас, 2004.
- 20 Форум нафтогазового комплексу України. // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ngbi.com.ua/vat/about.html>
- 21 Śliwa T., Gonet A., Munia J., Koziół W. and Pająk L. The New Direction in Utilization of Wells Intended for Liquidation, Report for the 1st Technical Science Conference "The reconstruction and liquidation of oil and gas boreholes in Carpathians and Przedgórze", Rudawka Rymanowska-Bóbrka, 2000.
- 22 Attila Kujbus. Geothermal Exploitation in Hungary. The Newsletter of the ENeRG Network, Issue №15, June 2007.
- 23 Antoni P. Barbacki. The use of abandoned oil and gas wells in Poland for recovering geothermal heat. Proceedings World Geothermal Congress 2000. Kyushu – Tohoku, Japan, May 28 – June 10, 2000
- 24 Śliwa T., Gonet A. The Idea of Utilizing Old Production Wells for Borehole Heat Exchangers in the Near Depleted Oil Field in Iwonicz Zdrój Poland. International Geothermal Conference, Reykjavik, Sept. 2003 Session #3.
- 25 Śliwa T. Analiza potencjalnych możliwości pozyskiwania ciepła skał z karpaccich odwiertów naftowych. Technika Poszukiwań Geologicznych. Geotermia, Zrównoważony Rozwój nr.1-2/2010

Стаття надійшла до редакційної колегії

07.03.12

Рекомендована до друку професором

Я.С. Витвицьким