

УДК 536.242

Ю.П.Стародуб, д-р фіз.-мат. наук, професор (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)

В.М.Карпенко, канд. техн. наук

(Дочірнє підприємство «Науканафтогаз» Національної акціонерної компанії «Нафтогаз України»),

В.М.Стасенко канд. техн. наук (Національна акціонерна компанія «Нафтогаз України»),

М.С.Никорюк, канд. техн. наук (Донецький національний технічний університет),

О.В.Карпенко (І-т геофізики ім. С.І. Субботіна НАНУ)

ПРОЕКТ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ НА ОСНОВІ ВЛАСНИХ ГЕОТЕРМАЛЬНИХ РЕСУРСІВ

В статті наведені основні складові енергетичної і екологічної безпеки суспільства на основі освоєння геотермальних ресурсів України. Освоєння геотермальних ресурсів виконується шляхом спорудження геотермальних енергоустановок (ГТЕУ) типу „труба в трубі”, що не потребують паливних ресурсів, не виробляють шкідливих викидів у довкілля і здатні забезпечити всі сфери діяльності суспільства власною тепловою і електричною енергією в достатній кількості. Наведені відомості з теорії ГТЕУ, техніки і технології їх спорудження, промислової доцільності, соціально-економічної та екологічної ефективності.

Ключові слова: проект, енергетична безпека, геотермальні ресурси

Вступ. Геотермальні ресурси є джерелом невичерпної, екологічно чистої, самовідновлювальної, найдешевшої, з відомих джерел, теплової енергії для суспільства.

Освоєнням геотермальних ресурсів займаються більше 70 країн світу.

В Україні відомі геотермальні ресурси оцінені [1], як ресурси, що у 20 разів більші ніж усі разом теплотворні корисні копалини (нафта, газ, конденсат, вугілля, торф, деревина, рослинна і біологічна маса), що мають загальний вимір – умовне паливо (у. п.).

Досвід спорудження шахт для видобування вугілля і свердловин для нафти і газу показав, що наведена оцінка суттєво занижена. Тому в статті наданий експериментальний матеріал, що доводить останнє твердження.

Постановка проблеми. В Україні існуючий рівень екологічної та енергетичної безпеки суспільства характеризується найбільшим у Європі забрудненням довкілля шкідливими викидами парникових газів від спалювання умовного палива (у. п.) під час генерації теплової та електричної енергії, імпортом значних обсягів газу і нафти на її територію.

Зменшення енергетичної залежності від імпорту газу і нафти в Україну вирішується шляхами розвитку технологій виробництва біопалива та синтез-газу з вугілля, але які не вирішують питання зменшення екологічної безпеки суспільства.

Аналіз останніх досліджень робіт [1-12], а також дослідження досвіду спорудження свердловин на нафту і газ дали змогу розробити Національний проект енергетичної і екологічної безпеки суспільства на території України на основі використання її власних геотермальних ресурсів.

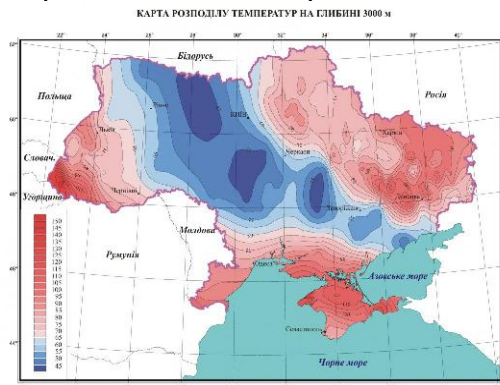


Рис. 1. Карта розподілу температур гірських порід на глибині 3000 м в Україні

Забезпеченню населення тепловою і електричною енергією завдяки використанню геотермальних ресурсів в Україні присвячена ця стаття.

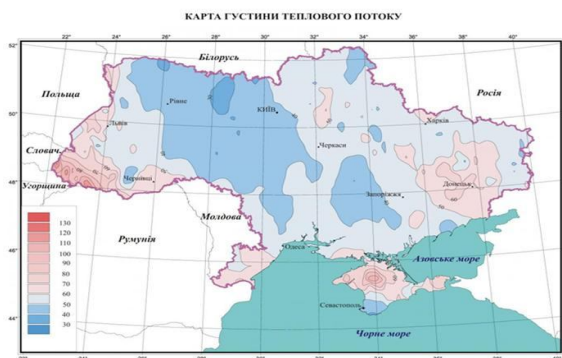


Рис. 2. Карта розподілу густини теплового потоку в Україні [1]

Постановка проблеми. Теплова енергія Землі, зазначено в [1], є геоенергетичним ресурсом. Геоенергетичні ресурси України на проектних глибинах характеризують теплофізичні параметри Землі, а саме, температури і густини теплового потоку (ГТП), що наведені на рис.1 і рис.2 відповідно. Карта ГТП показує розподіл його фонових ($35\text{--}50\text{ мВт/м}^2$) і аномальних ($60\text{--}130\text{ мВт/м}^2$) величин на території України.

Геоенергоресурси можуть бути видобуті водяною геоциркуляційною системою з температурою (Т) носія не нижче ніж 60°C та його поверненням у надра з $T \sim 20^\circ\text{C}$.

На деяких площах вони досягають 10 т у.п./кв.м , що перевищує запаси енергії, які можуть бути видобуті з великого родовища нафти чи газу.

З огляду карти видно, що найбільш перспективними для розвитку геотермальної енергетики в Україні є східний регіон, Крим і західний регіон території країни, на яких розташовано 70% промислових об'єктів і проживає 31 млн. чоловік.

Найбільш перспективними регіонами країни щодо розвитку геотермальної енергетики є: Луганська, Харківська, Донецька східна частина Дніпропетровської області (біля 12 млн. чоловік) з глибинами свердловин для ГТЕУ до 3000 м; західна частина Дніпропетровської, Полтавська, Чернігівська та Сумська (біля 5,37 млн. чоловік) області з глибинами свердловин для ГТЕУ до 3500м. На заході країни: Львівська, Івано-Франківська, Чернівецька та Закарпатська області (біля 6,2 млн. чоловік) з глибинами свердловин для ГТЕУ до 3000 м. На півдні: Одеська, Миколаївська, Херсонська і весь Кримський півострів (біля 7,5 млн. чоловік), де свердловини для ГТЕУ будуть мати глибини до 3000 м.

Іншому населенню чисельністю 17 млн. чоловік вартість ГТЕУ буде більша на 20%, оскільки свердловини матимуть більшу глибину, біля 3500 м.

Оцінка геотермальних ресурсів і параметрів ГТЕУ

Існуючі оцінки геотермальних ресурсів базуються на інформації про густини теплової енергії Землі [1,2] на території України. Так, в [1] зазначено: щільність теплового потоку – це кількість тепла, що виноситься з надр на поверхню за одиницю часу на одиницю площі. Вона вимірюється у мВт/м^2 і визначається за законом Фур'є [3], як результат множення геотермічного градієнта в певному інтервалі глибин на теплопровідність порід цього інтервалу. На території України щільність теплового потоку змінюється від $25\text{--}30\text{ мВт/м}^2$ до $100\text{--}110\text{ мВт/м}^2$. Температури на глибині 1 км змінюються від 20 до 70°C , а на глибині 3 км – від 40 до 135°C .

Інша оцінка сумарного середнього теплового потоку, що випромінюється у космічний простір з поверхні Землі надається в роботах [4,5] і оцінюється на рівні 392 Вт/м^2 , якому від-

повідляє середня температура на поверхні Землі $14,2^{\circ}\text{C}$, тобто з площі $50 \times 50 = 2500 \text{ м}^2$ випромінюється біля 1 МВт теплової енергії.

На практиці відбувається такий фізичний процес, що наведений на рис.4.

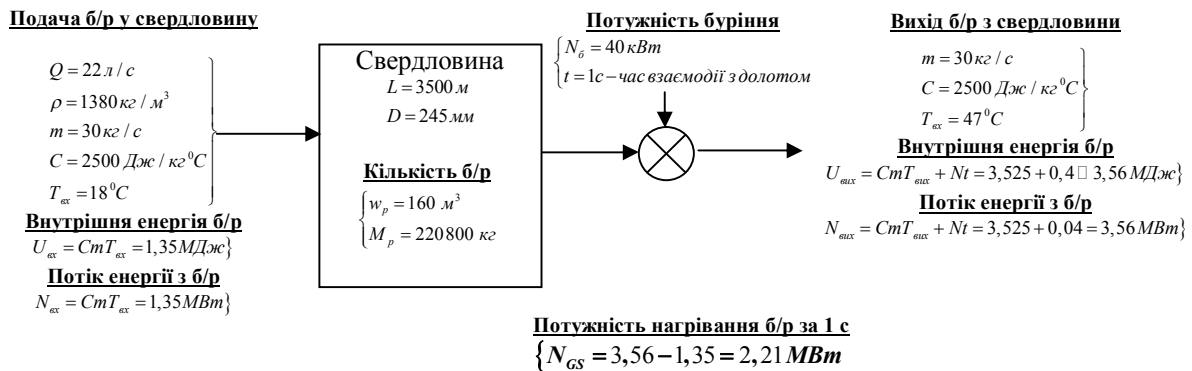


Рис. 3 Схема сталого дії геотермального фактора на буровий розчин (б/р) під час промивання (буріння $T_{\text{вих}}=50^{\circ}\text{C}$) свердловини Сентянівська №10 на глибині 3500. м

Наведена на рис. 3 схема теплової дії геологічного середовища на буровий розчин (БР) під час промивання (буріння) свердловини показують, що реальний тепловий потік у свердловину дорівнює 2,23 МВт. Для площі $S = \pi D L = 3,14 \cdot 0,245 \cdot 3500 \approx 2700 \text{ м}^2$ обсадної колони, середня (між нагріванням б/р на вибої і охолодженням його біля устя) щільність теплового потоку у свердловину становить:

для всього б/р, що рухається вниз і вгору, у свердловині

$$q_M = \frac{M_p \cdot C \cdot (T_{\text{вих}} - T_{\text{вх}}) + t_{\text{нагр.б/р}} \cdot N}{2 t_{\text{нагр.б/р}} \cdot S} \approx 410 \text{ Вт / м}^2 \quad (1)$$

для б/р масою 30 кг, що рухається вниз і вгору, в свердловині

$$q_m = \left(\frac{U_{\text{вих}} - U_{\text{вх}}}{2 t_{\text{нагр.б/р}} \cdot S} \right) \approx 410 \text{ Вт / м}^2 \quad (2)$$

де $t_{\text{нагр.б/р}} = 2 L \pi D^2 / 4 Q \approx 15000$ - час руху (нагрівання) б/р об'ємом 20 л/с у свердловині від устя до вибою і назад до устя, с; $s = \pi D l_0 = \pi D V t_0 \approx 0,36 \text{ м}^2$ - площа, яку займає 22 л/с б/р у свердловині; $V = L / t_{\text{нагр.б/р}} = 0,467$ - середня швидкість руху б/р від устя до вибою в бурильних трубах і назад до устя у міжколонному просторі, м/с.

Результати наближених оцінок за рівняннями (1) і (2) середніх густин теплових потоків у свердловину, визначені для БР, що займає весь об'єм свердловини, і БР об'ємом, що дорівнює продуктивності бурового насоса, показують однакові значення 410 Вт/м^2 , що близько до значення 392 Вт/м^2 [4]), які суттєво більші, ніж наведені на рис. 1. Цей безперечний факт генерації тепла гірськими породами автори пояснюють дією термопружного фактора, що діє на модель твердого тіла. Тверде тіло гірської породи (1 м^3), як система, що складена з багатьох осциляторів, стиснуте зовнішнім тиском. Тому осцилятори вимушені в стані термодинамічної рівноваги коливатися швидше, як результат збільшення їх внутрішньої енергії за глибиною зміни геостатичної енергії. Тим самим, кожна точка геологічного середовища стає джерелом теплової енергії, і вся Земля знаходиться в стані термодинамічної рівноваги з зага-

льним випромінюванням у космічний простір теплової енергії з щільністю 392 Вт/м^2 [4], яку також не можливо пояснити тепловим потоком, що наведено на рис. 1.

Більш точну оцінку щільності теплового потоку крізь стінки бурильної колони (БК) можна отримати за даними спеціальних геотермальних досліджень у свердловині №189 Карадаг [5], які наведені у табл. 1 і 2.

Таблиця 1

Розподіл температури б/р у свердловині Карадаг №189

Глибина, м	0	1100	1800	2800	3765
Температура б/р у свердловині стаціонарна	18	51	59	70	85
Температура б/р після промивання свердловини (вибій на гл. 3765 м)	33				70
Температура б/р після промивання свердловини (вибій на гл. 1800 м)	36		47,5		

Середня щільність теплового потоку від гірських порід, що нагріває б/р масою m крізь стінки БК $t_0 = 1$ – час, с, визначається за наступною формулою:

$$n_p = \frac{\Delta U_p}{t_{\text{ом}} \cdot S_{\text{ом}}} = c_p \rho_p \frac{d}{4} \cdot \Delta T \cdot \frac{V_{\text{ек}}}{L_m} = 2,41, \text{ кВт/м}^2, \quad (1)$$

а за визначенням [1] густина теплового потоку у ГС на вибої дорівнює

$$\tilde{n}_p = \frac{T_{\text{внб}} - T_{\text{ек}}}{L} \cdot \lambda = 0,035 \text{ Вт/м}^2,$$

де ΔT – температура нагрівання б/р масою $m = \rho_p w = \rho_p \frac{\pi d^2}{4} V t_0$, що рухається від устя до вибою під час промивання свердловини, $^{\circ}\text{C}$;

$w = 0,02$ – продуктивність бурового насоса, $\text{м}^3/\text{с}$; $t_{\text{ом}} = L/V = 2127$ – час руху б/р у БТ, с;

$\lambda = 2,5 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{C}$ – теплопровідність ГС; $S_{\text{ом}} = \pi d V t_0$ – площа внутрішніх стінок БТ, м^2 ;

$\Delta U_p = m c_p \Delta T$ – внутрішня енергія б/р, Дж, яка на виході з БК на вибої дорівнює $\Delta U_p = 3,4$ МДж,

а оскільки ця енергія виходить з БК разом з БР кожену секунду, то загальна потужність теплового потоку від ГС до всього БР, що знаходиться у просторі БК у кількості 40 м^3 (масою 60000 кг) становить $3,4 \text{ МВт}$.

Таблиця 2

Параметри свердловини Карадаг №189 (експериментальні дані)

Буровий розчин									
Параметр	Маса/с	Температура на вході у св	Температура на виході з св.	Теплоємність	Швидкість в ЕК	Швидкість в ОК	Густина	Температура на вибої	
Позначення	m/c	$T_{\text{ек}}$	$T_{\text{внб}}$	c_p	$V_{\text{ек}}$	$V_{\text{ок}}$	ρ	$T_{\text{ок}}$	$T_{\text{ек}}$
Вимір	кг/с	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	Дж/кг/ $^{\circ}\text{C}$	м/с	м/с	кг/м 3	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$
Значення	30	18	33	2190	1,768	0,437	1,5	85	70
Геологічне середовище									
Параметр	Температурний градієнт		Густина		Теплоємність	Температура на усті		Температура на вибої	
Позначення	$\alpha_g = \text{grad}(T_g)$		ρ_g		c_g	T_{g0}		T_{gL}	
Вимір	$^{\circ}\text{C/м}$		кг/м 3		Дж/кг/ $^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$		$^{\circ}\text{C}$	
Значення	0,01992		2760		1180	18		93	

Свердловина						
Параметр	Глибина	Зовнішній діаметр ОК	Внутрішній діаметр ОК	Зовнішній діаметр ЕК	Внутрішній діаметр ЕК	Питома теплоємність заліза
Позначення	L_m	D	d	D	d	c_s
Вимір	м	мм	мм	мм	мм	Дж/с ⁰ С
Значення	3765	299	279	140	120	465

Тут ставляться такі науково-технічні задачі:

перша – пояснити реальну густину теплового потоку 2,41 кВт/м², оскільки ні витрати потужності на буріння, ні існуючий параметр $\tilde{n}_{pl} = 0,035$ Вт/м² не пояснюють походження реальних теплових потоків у глибоких свердловинах, що спостерігаються на практиці, як і загального теплового потоку Землі 392 Вт/м²;

друга – підняти на поверхню теплову енергію більшу 3,4 МДж, оскільки на сьогодні на усті вільна тепла енергія б/р з температурою 33 °С є на рівні $\Delta U_{вих} = 0,98$ МДж, а температура ГС на глибині 3765 м становить 93 °С;

третья – розробити модель та метод оцінки ККД ГТЕУ, оскільки для даної БК і свердловини ККД становить всього $\eta = \Delta U_{вих} / \Delta U_p = 0,29$.

Так, для найбільш активних геотермальних зон східної частини України температурний градієнт дорівнює $\chi_m = 0,04$ °С/м, і на глибині 3500 м (св. №10 Сентянівська площа: обсадна колона 245 мм, градієнт 0,04 °С/м, продуктивність насоса 22 л/с, густина розчину 1380 кг/м³) б/р масою 30 кг акумулює теплову енергію в кількості

$$U_p = c_p \rho_p w [\chi_m L - T_{ex}] \approx 8,1 \text{ , МДж} \quad (2)$$

за $t_{ам} = L/V = 1977$ с, тобто, потужність теплового потоку становить біля $n = 4,09$ кВт, а площа, крізь яку проникає тепловий потік протягом часу 1977 с становить $s_{cm} = \pi d w / s_{np} = 0,73$ м², де $s_{np} = \pi d^2 / 4$, м². Щільність теплового потоку становить $\eta = 5,6$ кВт/м².

Техніка і технологія спорудження геотермальної енергоустановки

Спорудження ГТЕУ в межах 1 га площі на потужність більшу за 5 МВт заданої глибини $L = 3000-3500$ м, використовує існуючий буровий інструмент для буріння свердловин за конструкцією: (направлення-кондуктор-обсадна колона-експлуатаційна колона)

$$\text{Напр.} \left[\frac{\varnothing 590}{\varnothing 508} / L : 25 \right] \square \text{Конд.} \left[\frac{\varnothing 540}{\varnothing 478} / L : 1000 \right] \square \text{ОК} \left[\frac{\varnothing 445}{\varnothing 377} / L : 3500 \right] \square \text{ЕК} [\varnothing 150 / L : 3500]$$

В роботі [7] автори запропонували вітчизняний комплект КБО-250/300 вантажопідйомністю 300 тонн, який у використанні є технологічно ефективнішим і економічно вигіднішим від усіх закордонних аналогів.

Особливостями конструкції моделі КБО-250/300 є те, що більшість силових агрегатів виготовляються в Україні, а лебідка типу ЛБ-650Е має абсолютну надійність роботи з обсадними і бурильними колонами завдяки використанню в її складі АРПД-6 – автоматичного регулятора подачі долота з глобідним черв'ячним самогальмуючим редуктором.

Функціональними особливостями моделі КБО-250/300 є здатність автоматизованого управління і оптимізації процесу буріння, що забезпечує необхідну вертикальність стовбура свердловини, збільшену у 1,5-1,8 рази стійкість доліт на вибої завдяки АРПД-6, мінімальну вартість 1 м буріння [8]. Вартість моделі КБО-250/300 у 3-4 рази менша від вартості світових аналогів цього класу бурової установки.

Дослідження дають можливість поставити такі наукові і техніко-технологічні задачі: **перша** – розроблення технології буріння геотермальних свердловин, що характеризуються збільшеними діаметрами; **друга** – розроблення технічних засобів передачі на поверхню і прямого перетворення теплової енергії в електричну; **третя** – розроблення технологій ефективного використання геотермальної енергії на земній поверхні - збільшення ККД ТЕМ.

Економічна ефективність геотермальної енергетики в Україні

Джерела теплової енергії

70 млн. т умовного палива ($1,4 \cdot 10^{18}$ Дж.), зокрема, природний газ в обсязі

$8,5 \div 10$ млрд.м³ [8] видобувається і спалюється у 82% котелень, що показано в табл. 4.

Встановлена потужність котелень коливається в межах $3 \div 12$ МВт [9].

Вартість природного газу в Україні становить $100 \div 400$ дол. США за 1000 м³, або $800 \div 3200$ грн за 1000 м³.

Таблиця 4

Генератори теплової енергії в Україні [9]

№	Показник	Од. вимірювання	Всього	Міста	Сільська місцевість
1	Кількість котелень	шт.	26 938	17 219	9 719
2	Сумарна потужність	Гкал/год	145 920	127 291	18 629

Ринок споживання теплової енергії

1. Споживання теплової енергії будинками житлового і адміністративного фонду оцінено на суму $47,25 \cdot 10^9$ грн. 2. Тваринницькі і рослинницькі сільські господарства споживають газу на рівні 29,95 млрд.м³. Вартість необхідної теплової енергії становить $61,13 \cdot 10^9$ грн./рік.

Прибуткові показники від геотермальної енергетики

Обігові кошти – 100 млрд. грн/рік. Газ природний – 40 млрд. м³/рік. Енергія – $1,4 \cdot 10^{18}$ Дж/рік.

Витратні показники для геотермальної енергетики

Енергія 1 ГТЕУ потужністю $[5 \div 10] \cdot \text{МВт} \dots \dots \dots \approx [1,57 \div 3,15] \cdot 10^{14}$ Дж/рік;

Кількість ГТЕУ потужністю $[5 \div 10] \cdot \text{МВт} \dots \dots \dots \approx 8900 \div 4400$ шт;

Вартість 1 ГТЕУ потужністю 10 МВт: для глибини 3000 м – біля 6 млн. дол. США; 3500 м – біля 8 млн. дол. США. Загальна вартість ГТЕУ потужністю 10 МВт: 4400 шт, $3000 \div 3500$ м – біля 211 \div 282 млрд. грн.

Загальна вартість ГТЕУ потужністю 5 МВт: 8900 шт, $3000 \div 3500$ м біля 423 \div 570 млрд. грн. За термін експлуатації ГТЕУ 20 років прибуток становить 2 трлн.грн., а одноразові витрати – 211 \div 570 млрд. грн.

ВИСНОВКИ

1. Завдяки геотермальній енергетиці можна забезпечити Україну тепловою і електричною енергією в повній мірі, затративши на створення ГТЕУ 211 \div 570 млрд. грн., проти існуючих щорічних витрат на енергетику в обсязі 100 млрд. грн. Причому, кожна наступна ГТЕУ з термоелектричними модулями (ТЕМ) [10] на рівні коефіцієнта корисної дії (ККД) біля 4% , після витрат на створення перших 3-х ГТЕУ, стає окупною за один рік, а з ТЕМ на рівні – 20%, що можливо з використанням плазмо-піролізних установок газифікації вугілля [11,12] або вивільнення водню з води, витрати на кожну ГТЕУ стають рентабельними через 1-2 роки. Звільнений газ направляється на випуск термоізолюючих матеріалів для заміни теплових мереж.

2. Геотермальна енергетика змінює державну стратегічну парадигму – економія енергетичних ресурсів, що спалюються і яка стримує розвиток суспільства, на протилежну – збільшення споживання теплової і електричної енергії, що зберігає чистим довкілля і надає необмежений ресурс для розвитку суспільства.

Список літератури:

1. **Національний Атлас України.** – К.: ДНВП „Картографія”. – 2007. – 440 с.
2. **Гордиенко В.В., Гордиенко И.В., Завгородняя О.В., Усенко О.В.** Тепловое поле территории Украины. – Киев: Знание Украины, 2002. – 170 с.
3. **Петрунин Г.И., Попов В.Г.** Теплофизические свойства вещества Земли (часть 1). Физический факультет МГУ. – М. – 2011. – 60 с.
4. **Физическая энциклопедия.** В 5-ти томах. Т.5. — М.: Советская энциклопедия. Главный редактор А. М. Прохоров. 1988
5. **Кулиев С.М., Есьман Б.И., Габузов Г.Г.** Температурный режим бурящихся скважин. Надра. 1968. – 186 с.
6. **Карпенко В.Н., Эсауленко В.А., Никорюк Н.С.** Концепция построения главного привода подъемного агрегата буровой установки 6 класса с лебедкой ЛБ-650Е. Сбірник наук. праць ДонДТУ. Серія електротехніка і енергетика. Випуск 7/128. – Донецьк. – ДонДТУ, – 2007. – С.279-284.
7. **Дудля М.А., Карпенко В.М., Гриняк О.А. Цзян Гошен.** Автоматизація процесу буріння: монографія. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет. – 2005. – 207 с.
8. **Шевцов А.І., Бараннік В.О., Земляний М.Г. та ін.** Стан та перспективи реформування системи теплозабезпечення в Україні. Аналітична доповідь. Регіональний філіал Національного інституту стратегічних досліджень, м. Дніпропетровськ. – 2010. – 66 с.
9. **Рекомендації** Міністерства промислової політики України місцевим органам виконавчої влади щодо їх участі в реалізації інвестиційних проектів з використанням альтернативних видів палива. 04.03.2009 р. – К.: – 44 с.
10. **Хиромаса Т. Кайбе,** Икуто Аояма, Сейджироу Сано. Компания Комацу и её деятельность. Термoeлектричество №1, 2009. – С. 61-70.
11. **Каминский В.В., Голубков А.В., Казанин М.М., Павлов И.В., Соловьёв С.М., Шаренкова Н.В.,** Термoeлектрический генератор (варианты) и способ изготовления термoeлектрического генератора, – Заявка на изобретение №2005120519/28 от 22.06.2005, положительное решение от 16.06.2006.
12. **Экономическая** эффективность плазмохимической переработки угля <http://tbc-inv.ru/tech/2009-09-25-09-56-56>.

Ю.П. Стародуб, В.М. Карпенко, В.М. Стасенко, М.С. Никорюк, О.В. Карпенко

ПРОЕКТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ УКРАИНЫ НА ОСНОВЕ СОБСТВЕННЫХ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

В статье приведены основные составляющие энергетической и экологической безопасности общества на основе освоения геотермальных ресурсов Украины. Освоение геотермальных ресурсов выполняется путем сооружения геотермальных энергоустановок (ГТЕУ) типа „труба в трубе“, не требующих топливных ресурсов, не производят вредных выбросов в окружающую среду и способны обеспечить все сферы деятельности общества собственной тепловой и электрической энергией в достаточном количестве. Приведены сведения по теории ГТЕУ, техники и технологии их сооружения, промышленной целесообразности, социально-экономической и экологической эффективности.

Ключевые слова: проект, энергетическая безопасность, геотермальные ресурсы.

G.P. Starodub, V.M. Karpenko, V.M. Stasenko, M.S. Nykoryuk, O.V. Karpenko

**UKRAINE ENERGY SECURITY PROJECT
ON THE BASIS OF OWN GEOTHERMAL RESOURCES**

The article presents the main components of energy and public safety through the development of geothermal resources in Ukraine. The development of geothermal resources is performed by geothermal power plants construction (GPPC) type, tube in tube "that do not require fuel resources, does not produce harmful emissions into the environment and are able to provide all spheres of society own thermal and electrical energy in sufficient amount. The data from the GPPC theory and technology of construction, industrial feasibility, socio-economic and ecological effectiveness are presented.

Key words: project, energy security, geothermal resources

