

## НЕТРАДИЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОТИ ЯК ЗАСІБ ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ У ВИРОБНИЦТВІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

О. О. Паскаль, О. В. Мальцев, Ю.О.Савчук  
*Одеський державний аграрний університет*

*Приведені матеріали сучасних технологій енерго- та ресурсозбереження при виробництві сільськогосподарської продукції.*

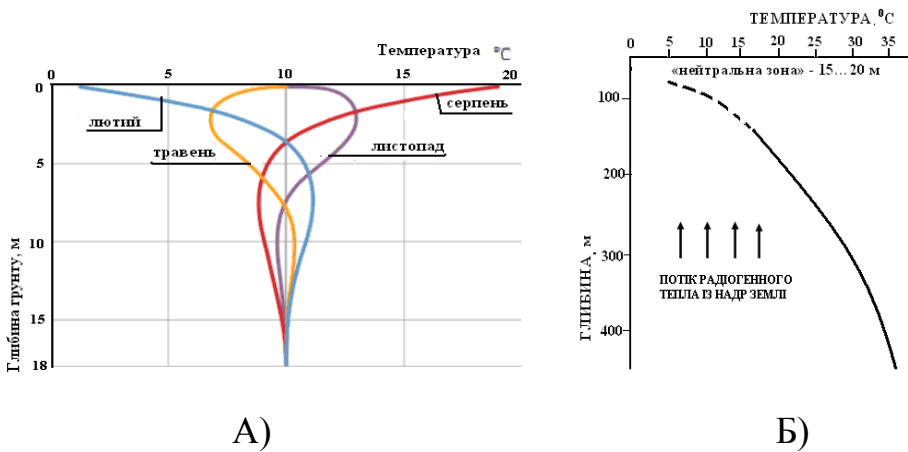
**Ключові слова:** енергозбереження, ресурсозбереження, альтернативні джерела, машинні технології, ґрунт, рослина, тепловий насос, ґрунтовий теплообмінник.

**Вступ.** Особливості виробництва сільськогосподарської продукції пов'язані з тим, що в якості впливу машинних технологій як правило виступають такі біологічні об'єкти як ґрунти, рослини, тварини. Це докорінно визначає розподілення та використання енергії. Оскільки ресурси займають ключове місце в процесі господарської діяльності, питання енерго- і ресурсозбереження є дуже актуальними.

**Проблема.** Економіка України на протязі останніх десятиріч є лідером по енергозатратності серед європейських держав. Для порівняння, ВВП Німеччини в 2013 році перевищував відповідний показник України майже в 25 разів, при цьому затрати первинних ресурсів були лише в 3,2 рази більше українських. Загальне енергоспоживання Польщі складає 96% від українського, а ВВП в 3,6 раз більше [3]. Сільське господарство є однією із системоутворюючих галузей економіки держави. Навіть дуже промислово розвинені держави вкладають великі кошти в розвиток сільського господарства. На сучасному етапі Україна імпортує дуже великі об'єми сільгосппродукції. Так в минулому році було імпортовано до 50% цукру та м'яса, також було ввезено солідні об'єми круп, макаронів, овочів та фруктів. Сучасний стан регіонального розвитку потребує вдосконалення всіх складових господарської діяльності. Ефективність сільськогосподарського виробництва можливо вдосконалити за рахунок організації виробництва на принципах ресурсо та енергозбереження. Основними видами енергоресурсів, що використовує сільське господарство, є паливо-мастильні матеріали, теплова енергія, електроенергія та газ. В залежності від напрямку виробництва пріоритет будуть мати різні види. Для тваринництва важливими будуть паливо-мастильні матеріали і електроенергія, для рослинництва є паливо-мастильні матеріали, а для культивування захищеного ґрунту – теплота і електроенергія. Одним із ключових факторів ціни отриманого сільськогосподарського продукту є його енергоємність, тобто кількість енергії, що витрачається на одиницю продукції. На даний час приріст продукції на 1% потребує збільшення витрати енергоресурсів на 2 – 3 %. Основне споживання енергії відбувається за рахунок первинних не відновлюваних джерел енергії. тому в сучасних умовах економія паливо-енергетичних ресурсів набуває особливої гостроти.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Первинна енергія – це форма енергії в природі, яка ще не була піддана процесу штучного перетворення. Первинна енергія може бути отримана з поновлюваних або не поновлюваних джерел енергії. У відповідності до законів термодинаміки, первинна енергія не може бути створеною штучно будь-яким

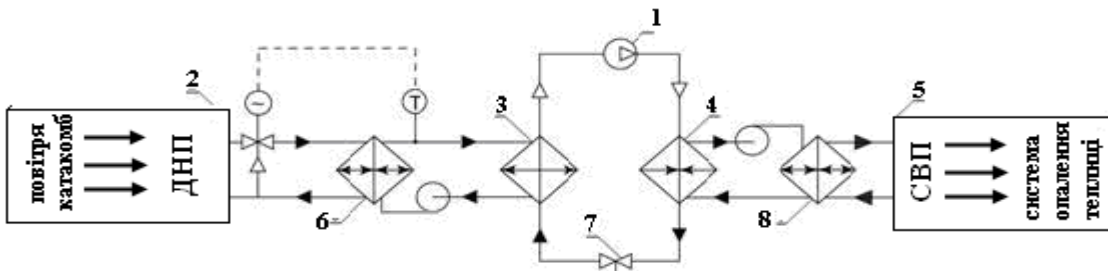
чином. Згідно положень науки про Землю, всі первинні джерела енергії можна вважати як поновлювані. Не поновлюваність ресурсів по суті зумовлена масштабами їх використання людським суспільством. В багатьох ситуаціях використання ресурсів людським суспільством відбувається з більш високими темпами, ніж темпи їх поновлення на геофізичному рівні. Тому проводиться границя між «не поновлюваними» джерелами первинної енергії (нафта, газ, вугілля, уран) та «поновлюваними» (енергія вітру, сонця, води). Альтернативне джерело енергії є ресурсом, що поновлюється, воно замінює собою традиційні джерела енергії, які при згоранні виділяють в атмосферу вуглекислий газ, а це в свою чергу сприяє зростанню парникового ефекту та глобального потепління клімату Землі. Причина пошуку альтернативних джерел енергії – потреба отримання її із джерел, що поновлюються, тобто з практично невичерпних природних ресурсів і явищ. В даній роботі проводилось дослідження можливості використання нетрадиційного джерела енергії для Одеського регіону, в саме енергії повітря в природних пустотах поверхневого шару Землі та повітря шахтних виробок, що утворилися при видобутку каменя «ракушняка». Повітря шахтних виробок служить джерелом теплоти низького потенціалу для теплового насоса типу «повітря-вода» [4]. Тепловий режим ґрунту поверхневих шарів Землі формується під дією двох основних факторів – падаючої на поверхню сонячної радіації і потоком радіогенного тепла із надр Землі. Проте вирішальний вплив на температурний режим самої верхньої частини земної кори надає сонячна радіація (99,5%) і в значно меншій мірі енергія надр планети (0,5%). Проте значення останньої з глибиною постійно зростає [5]. Радіогенне тепло Землі – тепло, що виділяється при розпаді радіоактивних елементів в надрах Землі. Основне значення мають довго живучі елементи  $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ , що мають період напіврозпаду  $10^9$ - $10^{10}$  років. (Безпосередніх даних про вміст калію, торію, урану в глибоких надрах Землі на сьогоднішній день немає). Основна кількість радіогенного тепла Землі виділяється в товщі земної кори. Хоча на її долю приходить тільки 0,4% маси Землі, в ній генерується 95,5% всього радіогенного тепла. Сезонні і добові зміни інтенсивності сонячної радіації і температури зовнішнього повітря викликають коливання температури верхніх шарів ґрунту, рис.1-А. Глибина проникнення добових коливань температури зовнішнього повітря і інтенсивності падаючої сонячної радіації в залежності від конкретних ґрунтово-кліматичних умов коливається від декількох сантиметрів до півтора метрів. Глибина проникнення сезонних коливань температури зовнішнього повітря і інтенсивності сонячної радіації не перевищує, як правило, 15-20 метрів, так звана «нейтральна зона». Температурний режим шарів ґрунту, розташованих нижче «нейтральної зони» формується під дією теплової енергії, що поступає із надр Землі і практично не залежить від сезонних, а тим паче від добових змін параметрів зовнішнього клімату (рис.1-Б). Із збільшенням глибини



**Рис. 1.** Коливання температури ґрунту по глибині. А – в нейтральній зоні; Б – нижче нейтральної зони.

температура ґрунту зростає у відповідності з геотермічним градієнтом (приблизно 3 градуси Цельсію на кожні 100 метрів). Величина потоку радіогенного тепла для різних місцевостей різниця між собою. Так для

Центральної Європи ця величина складає 0,05...0,12 Вт/м<sup>2</sup> [2]. Тепловий насос з гідравлічною обв'язкою (водяними насосами, теплообмінниками, запірною арматурою) утворюють теплонасосну установку, рис.2, яка пропонується для використання опалення теплиці, площею 300м<sup>2</sup> у весняний період. Джерелом низькопотенціальної енергії є повітря «катакомб», яке має практично незмінну температуру 8-10 °С. По трубопроводу діаметром 150-300 мм повітря з допомогою осьового вентилятора доставляється до низькотемпературного теплообмінника теплового насоса 2. В подальшому тепловий насос перекачує тепло до висотемпературного теплообмінника 5, в якому тепло передається водяній системі опалення теплиці. Трубопровід може бути виготовлений із пластмасових труб. Оскільки вони не є абсолютно жорсткими, це знімає проблему їх руйнування як від корозії так і від впливу сейсмічних поштовхів, адже Одеський регіон є сейсмічно небезпечним.



**Рис. 2.** Схема теплонасосної установки: 1- компресор; 2- джерело теплоти нижчого потенціалу (ДНП); 3- випарник теплового насоса; 4- конденсатор теплового насоса; 5- споживач теплоти високого потенціалу (СВП); 6- низькотемпературний теплообмінник; 7- регулятор потоку холодоагенту; 8- високотемпературний теплообмінник.

Глибина трубопроводу залежатиме від конкретного місця буріння до підземного коридору каменоломні. В різних місцях передмістя вона коливається від декількох метрів до десятків метрів. Для порівняння проведемо розрахунок опалення плівкової теплиці, у весняний період, протягом 4 або 3 місяців з допомогою твердопаливного котла на вугіллі та тепловим насосом. Результати розрахунків показано в таблиці 1 та таблиці 2.

**Таблиця 1. Тепловий розрахунок системи опалення**

Тривалість опалення дні року	Коеф. теплопередачі. $K, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ;	Потужність сист. опалення $Q_{\text{оп max}}, \text{кВт}$	Потужність сист. опалення $Q_{\text{оп сер}}, \text{кВт}$	Потужність сист. опален $Q_{\text{оп сер}} + 20\%$ кВт	Спожите тепло, $\Theta, \times 10^{11} \text{ Дж}$	Маса вугілля $M_{\text{вуг}}, \text{т}$	Коефіцієнт інфільтрації, $\eta_{\text{інф}}$	Вартість вугілля, грн
120	10,0	162,2	64,9	77,88	6,7	23	1,23	69000
90	10,0		56,5	67,44	4,4	15	1,23	45000
120	5,8	94,1	37,7	45,24	2,9	9,8	1,23	29000
90	5,8		32,8	39,3	2,6	8,8	1,23	26400
120	5,8	86,7	34,6	41,52	2,7	9,2	1,13	27600
90	5,8		30,1	36,3	2,3	7,8	1,13	23400

З таблиць видно, що зниження вартості опалення можна досягти декількома способами. По-перше зменшенням коефіцієнта інфільтрації. По-друге використанням подвійного плівкового покриття, тобто зменшенням коефіцієнту теплопровідності покриття. Зменшення періоду опалення до технологічно можливої межі також сприяє економії палива. Але найбільший ефект очікується при використанні нетрадиційного способу – опалення з допомогою теплового насоса. Результати економічного розрахунку опалення з допомогою теплового насоса цього

Таблиця 2. Економічний розрахунок опалення

Тривалість сезону опалення, дні	Загальний коефіцієнт втраг $K_{\text{заг}} = K_{\text{т.пр}} \cdot \eta_{\text{інф}}$	Вартість вугілля з накладеними витр. $(K-1,25)$ , грн	Тепло віддане в систему опалення кВт·год	Електроенергія спожита Т Н при COP-5,2, кВт·год	Вартість електроенергії при $q=1,56$ грн/кВт год	Економія коштів на опалення теплиці	Окупність SAR-40XB, роки	Окупність Fairland, роки
120	7,1	36250	80555	15491	24166	12084	7,5	-
90	7,1	33000	72222	13888	21665	11335	7,9	-
120	6,6	34500	75000	14423	22499	12001	7,4	-
90	6,6	29250	68888	13247	20665	8585	10	6,9

ж об'єкту приведені в таблиці 2. Як бачимо, при використанні теплового насоса є суттєва економія коштів, що витрачаються на опалення. Очікувана окупність знаходиться в межах 7-8 років, що підтверджується світовим досвідом використання теплових насосів.

Суттєво можна зменшити термін окупності або за рахунок підвищення коефіцієнту перетворення ( COP), або зменшенням ціни на насос. Останні два фактора є стримуючими для широкого втілення теплових насосів у виробництво тепла на Україні. **Висновки.** Таким чином, можна зробити висновок, що опалення весняних теплиць тепловим насосом є доцільним. Крім економії грошових коштів він є екологічно чистим, не забруднює навколишнє середовище, немає викидів шкідливих газів в атмосферу

#### ЛІТЕРАТУРА

1. [http://lb.ua/economics/2016/10/27/348969\\_energoberezhnie\\_ukraine.html](http://lb.ua/economics/2016/10/27/348969_energoberezhnie_ukraine.html)
2. Sanner B. Ground Heat Sources for Heat Pumps (classification, characteristics, advantages). 2002.
3. <http://www.energsovet.ru/stat328p1.html>
4. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Тепловой\\_насос](https://ru.wikipedia.org/wiki/Тепловой_насос)
5. <http://gips.rv.ua/novini/temperaturnij-rezhim-zemnoï-kori/>

### НЕТРАДИЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ ТЕПЛОТЫ КАК СРЕДСТВО ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Паскаль А.А., Мальцев А.В., Савчук Ю.А.

**Ключевые слова:** энергосбережение, ресурсосбережение, альтернативне источники, машинне технологи, почва, растение, тепловой насос, грунтовый теплообменник.

#### Резюме

*Приведены материалы современных технологий энерго- и ресурсосбережения при производстве сельскохозяйственной продукции.*

### ALTERNATIVE SOURCES OF HEAT AS A MEANS SAVING ENERGY AND RESOURCES IN AGRICULTURAL PRODUCTION

Paskal A.A., Maltsev A.V., Savchuk Y.A.

**Key words:** energy efficiency, resource conservation, alternative sources, engine technology, soil, plant, heat pump, ground heat exchanger.

#### Summary

*Results materialy slvremennyh energy technologies and resources in the production of agricultural products.*

**УДК 622.29:631.2** Паскаль О. О. Нетрадиційні джерела теплоти як засіб енерго- та ресурсозбереження у виробництві сільськогосподарської продукції / О. О. Паскаль, О. В. Мальцев, Ю. О. Савчук // Аграрний вісник Причорномор'я: зб. наук. праць / ОДАУ. - Одеса, 2016. - Вип.80: Технічні науки. - С.86-91.