## ХОЛОДИЛЬНА ТЕХНІКА ТА ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ

УДК 628.112.9:621.577:620.92

# Розробка систем отримання води з атмосферного повітря з використанням традиційних та відновлювальних джерел енергії в Одеській області

***К. О. Годик***
Одеський національний технологічний університет, вул. Канатна, 112, Одеса, 65039, Україна
✉ e-mail: godykkostas@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3889-8472

*У статті представлено результати розробки та комплексного техніко-економічного обґрунтування автономної системи отримання води з атмосферного повітря для умов Одеського регіону. Для аналізу використано усереднені багаторічні метеорологічні дані для Одеси. Характерною особливістю регіону є висока відносна вологість у ранкові та вечірні години, що зумовлено морськими бризами. Актуальність дослідження зумовлена дефіцитом якісної прісної води у південних областях України та необхідністю впровадження енергоефективних рішень на основі відновлювальних джерел енергії. Наукова новизна роботи полягає в оптимізації термодинамічного циклу водоаміачної холодильної машини шляхом інтеграції інверторного компресора, що забезпечує динамічну адаптацію холодопродуктивності до змінної інтенсивності сонячної інсоляції та вологості навколишнього середовища. В роботі детально обґрунтовано раціональний 16-годинний графік експлуатації установки (з 06:00 до 22:00), який дозволяє синхронізувати піки сонячної генерації з періодами максимальної відносної вологості повітря, мінімізуючи при цьому витрати на систему акумулювання енергії. На основі розрахунків енергетичного балансу встановлено, що для забезпечення автономної роботи системи продуктивністю 100 л/добу необхідна фотоелектрична станція потужністю 10 кВт та акумуляторний блок ємністю 15 кВт·год. Економічний аналіз, проведений на основі показників CAPEX та OPEX, продемонстрував, що використання інверторних технологій підвищує загальний ККД системи на 15-20 % порівняно з традиційними рішеннями. Встановлено, що собівартість отриманої води складає 2,70 грн/л, що робить проєкт конкурентоспроможним порівняно з існуючими методами водопостачання, забезпечуючи термін окупності в межах 4,8 років.*

***Ключові слова:*** *Атмосферна генерація води; Водоаміачна холодильна машина; Інверторний компресор; Сонячна енергетика; Режими роботи; Одеський регіон; Економічна ефективність; Традиційні та відновлювальні джерела енергії*

**doi: https://doi.org/10.15673/ret.v62i1.3470**

© The Author(s) 2026. This article is an open access publication
This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY)
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

## 1. Вступ

Південні регіони України, зокрема Одеська область, стикаються з дефіцитом якісної прісної води через мінералізацію підземних вод та нестабільність відкритих джерел [1]. Водночас висока вологість повітря та значний рівень сонячної інсоляції роблять атмосферну генерацію води (АГВ) перспективним рішенням. Проблема існуючих систем полягає у високій енергоємності, що потребує впровадження інверторних технологій та відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) [2] .

Мета роботи – наукове обґрунтування та розробка техніко-економічної моделі автономної системи отримання води з атмосферного повітря в Одеському регіоні, що базується на використанні

водоаміачної холодильної машини з інверторним керуванням та живленням від відновлювальних джерел енергії.

## 2. Аналіз кліматичних особливостей Одеського регіону та потенціал генерації води

Ефективність роботи системи атмосферної генерації води (АГВ) безпосередньо залежить від термодинамічних параметрів навколишнього середовища: температури повітря ($T$,°C) відносної вологості (ϕ, %) та інтенсивності сонячної радіації ($I$, Вт/м$^2$). Одеський регіон, розташований у степовій зоні на узбережжі Чорного моря, має унікальне поєднання високої інсоляції (рис. 1) та морського впливу на вологість повітря.

Для аналізу використано усереднені багаторічні метеорологічні дані для Одеси (табл. 1). Характерною особливістю регіону є висока відносна вологість у ранкові та вечірні години, що зумовлено морськими бризами.

Літній період (червень-серпень): Середня денна температура становить 24-28 °C при цьому вночі та вранці відносна вологість сягає 75-85 %. Вдень, через прогрів повітря, вологість падає до 45-55 %.

Перехідний період (травень, вересень): Температурний режим 15-20 °C при стабільно високій вологості (60-70 %).

Саме ці умови є оптимальними для роботи водоаміачної холодильної машини, оскільки висока вологість знижує енерговитрати на досягнення «точки роси». Одеська область входить до першої зони сонячної активності України [3, 4]. Середньорічний рівень надходження сонячної енергії на горизонтальну поверхню становить близько 1300 кВт·год/м$^2$ [5].

***Таблиця 1*** *– Усереднені багаторічні метеорологічні дані для Одеси*

| Місяць | Сонячна інсоляція (кВт·год/м$^2$) | Середня вологість (%) | Продуктивність установки | Примітка |
|---|---|---|---|---|
| Січень | 1,2 | 84 | Низька | Ризик обмерзання випарника |
| Лютий | 1,9 | 82 | Низька | Низький вміст вологи в г/кг |
| Березень | 3,1 | 78 | Середня | Початок стабільної роботи |
| Квітень | 4,4 | 72 | Висока | Оптимальні температури |
| Травень | 5,8 | 68 | Максимальна | Висока сонячна активність |
| Червень | 6,4 | 66 | Максимальна | Пік генерації |
| Липень | 6,6 | 63 | Максимальна | Найбільша сонячна активність |
| Серпень | 5,9 | 62 | Максимальна | Висока температура повітря |
| Вересень | 4,4 | 68 | Висока | Стабільна робота |
| Жовтень | 2,8 | 75 | Середня | Скорочення світлового дня |
| Листопад | 1,4 | 82 | Низька | Брак сонячної енергії |
| Грудень | 0,9 | 85 | Мінімальна | Робота переважно від мережі |

Хоча відносна вологість взимку в Одесі висока (до 85 %), абсолютний вміст вологи дуже низький через низькі температури.

- При 25 °C та вологості 60 % у повітрі міститься приблизно 12 г/кг повітря. [6]
- При 2 °C та вологості 85 % у повітрі міститься лише близько 3,8 г/кг повітря.

Висновок: Економічний план повинен враховувати, що система є сезонно-ефективною. Найвищий ККД спостерігається протягом 7-8 місяців на рік (з квітня по жовтень). У зимові місяці установка може працювати як допоміжна або потребувати додаткового підігріву повітря, що енерговитратне.

В розрахунку окупності ми не беремо 365 днів на рік. Ми беремо приблизно 210-240 продуктивних днів. Це зробить дослідження чесним та науково обґрунтованим.

Максимальна інтенсивність випромінювання спостерігається з 10:00 до 16:00, що збігається з піком енергоспоживання інверторного компресора при роботі на максимальних обертах.

На основі аналізу кліматичних даних встановлено, що робота установки протягом 16 годин (з 06:00 до 22:00) дозволяє:

1. Захопити ранковий пік вологості (06:00-09:00), коли вологи в повітрі найбільше, а температура випарника може бути вищою, що підвищує тепловий коефіцієнт (COP).

2. Забезпечити повне покриття потреб енергії від PV-панелей (10:00-17:00).

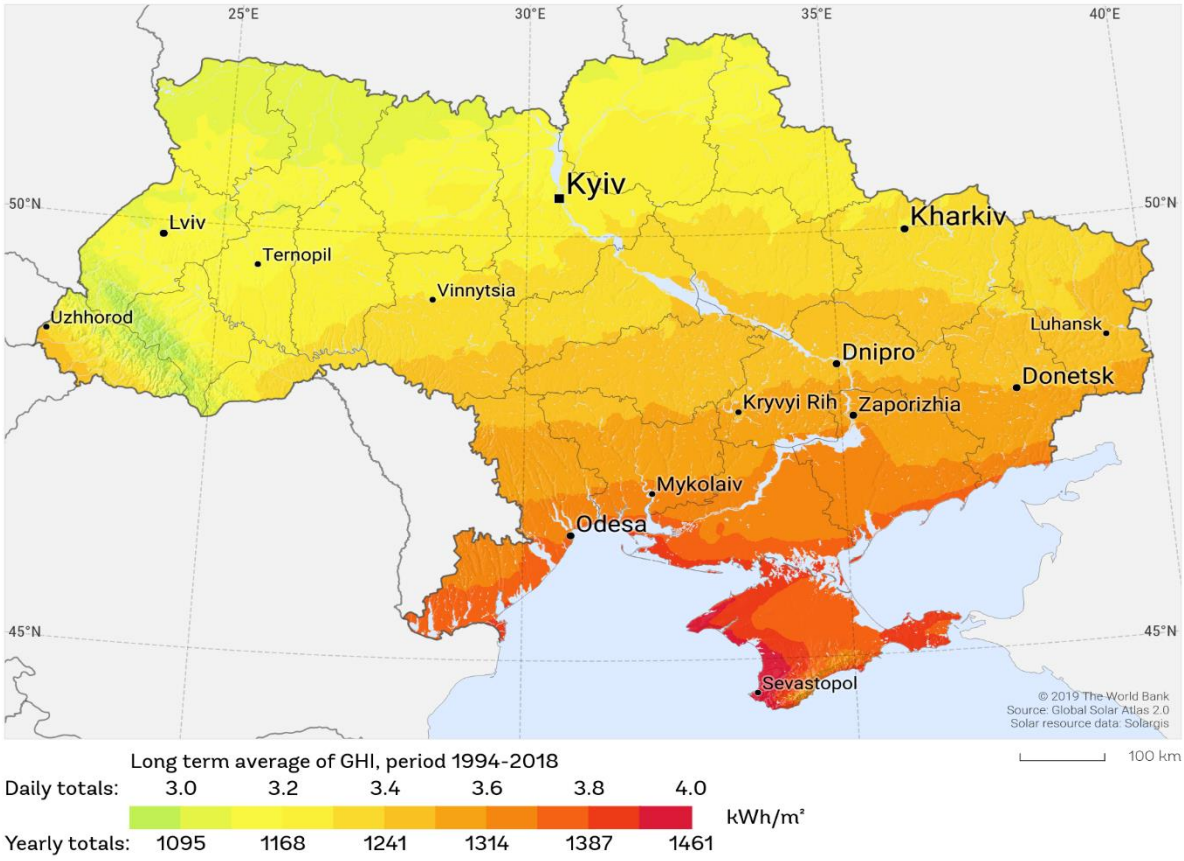


***Рисунок 1*** *– Карта інсоляції України та Одеської області*

3. Використати вечірнє зниження температури (18:00-22:00) для полегшення процесу конденсації.

Розрахунок вологовмісту повітря для Одеси показує, що в літні місяці кожен кубометр повітря містить від 12 до 18 грамів вологи. Використання інверторного компресора дозволяє гнучке змінювати витрату холодоагенту: при зниженні вологості вдень компресор переходить на підвищені оберти (за рахунок надлишку сонячної енергії), а вранці працює в енергоощадному режимі при високій вологості.

Таким чином кліматичні умови Одеського регіону є сприятливими для експлуатації систем АГВ з використанням ВДЕ. Комбінація високої ранкової вологості та значної денної інсоляції підтверджує доцільність впровадження саме 16-годинного графіка роботи установки з інверторним керуванням.

## 3. Опис технічного рішення

Пропонується установка, заснована на конденсаційному принципі.

- Холодильний цикл: Використання водоаміачного робочого тіла. Аміак має високу питому теплоту пароутворення, що критично для енергоефективності [7] .
- Інверторний компресор: На відміну від звичайних компресорів, інверторний дозволяє плавно регулювати потужність залежно від:

1. Поточної вологості повітря (точки роси).
2. Поточної потужності генерації сонячних панелей (PV).

- Графік роботи: 16 годин на добу. Це охоплює світловий день (максимальна потужність від PV) та ранкові/вечірні години (максимальна вологість повітря), коли енергія може братися з акумуляторів або мережі.

## 4. Обгрунтування переваг інверторного керування у складі автономної ВАХМ

Використання традиційних компресорів типу «on/off» (старт-стоп) в автономних системах на базі сонячних панелей (PV) створює низку технічних проблем: високі пускові струми, низьку енергоефективність при частковому навантаженні та швидкий знос обладнання. Впровадження інверторного компресора у водоаміачний цикл дозволяє вирішити ці завдання завдяки наступним факторам [8]. Потужність сонячної інсоляції постійно змінюється через хмарність та рух сонця. Інвертор-

ний привід дозволяє компресору плавно змінювати частоту обертання валу (від 15 до 100 Гц), підлаштовуючи споживання енергії під поточну вихідну потужність PV-панелей.

- Без інвертора: при проходженні хмари система просто вимикається, що перериває процес конденсації.
- З інвертором: система лише знижує оберти, продовжуючи підтримувати низьку температуру на випарнику, що критично для стабільного отримання води.

Пусковий струм звичайного компресора в 5-7 разів перевищує номінальний [9]. Це змушує встановлювати дорожчі інвертори напруги та потужніші акумулятори, щоб витримати пікове навантаження в момент старту.

- Перевага інвертора: «плавний пуск» поступово нарощує оберти, не створюючи стрибків струму. Це дозволяє зменшити встановлену потужність сонячного інвертора на 25-30 %, що суттєво знижує Capital Expenditure (CAPEX).

Ефективність конденсації вологи залежить від підтримки стабільної температури поверхні конденсатора нижче «точки роси».

- При високій вологості (ранок) інвертор дозволяє працювати на мінімальних обертах, споживаючи лише 200-400 Вт, але при цьому ефективно збирати воду.
- При низькій вологості (день), коли енергії від сонця в надлишку, компресор переходить у форсований режим, компенсуючи сухість повітря більшим об'ємом прокачки холодоагенту.

***Таблиця 2*** *– Порівняння традиційних компресорів з інвенторними у складі автономної ВАХМ*

| Параметр | Система ON/OFF | Система з інвертором |
|---|---|---|
| Енергоспоживання | Постійне (максимальне) | Варіативне (адаптивне) |
| Цикли пуску/зупинки | Часто (знос клапанів) | Рідко (плавна робота) |
| Вимоги до акумуляторів | Високі (через пускові струми) | Мінімальні |
| Стабільність температури | Коливання ± 3 °C | Точність до ± 0,5 °C |
| Загальний ККД (COP) | 2.2 – 2.8 | 3.2 – 4.1 |

Застосування інверторного компресора перетворює установку з пасивного споживача на інтелектуальну систему, що саморегулюється. Це дозволяє збільшити річний вихід води на 18-22 % за рахунок роботи в перехідних режимах (хмарність, ранок/вечір), де звичайна установка була б непрацездатною.

## 5. Розробка та обгрунтування раціонального 16-годинного графіка роботи системи

Для досягнення максимальної енергоефективності в умовах Одеського регіону запропоновано режим експлуатації установки з 06:00 до 22:00. Цей інтервал дозволяє синхронізувати піки вологовмісту повітря з піками сонячної генерації, мінімізуючи використання дорогих систем акумулювання енергії.

Графік роботи інверторного компресора поділяється на три характерні фази:

Фаза «Ранкова конденсація» (06:00–10:00):

Умови: Максимальна відносна вологість 75-85 %), температура повітря помірна.

Режим: Інверторний компресор працює на середній частоті (30–45 Гц).

Енергозабезпечення: Поєднання ранкової генерації сонячних панелей (PV) та залишку заряду акумуляторів.

Ефект: Найвищий питомий вихід води на 1 кВт·год енергії завдяки близькості температури повітря до «точки роси».

Фаза «Сонячний максимум» (10:00 – 17:00):

Умови: Пікова сонячна інсоляція (густина теплового потоку більш 800 Вт/м$^2$), вологість падає до мінімуму (45-55 %).

Режим: Форсований режим компресора (60-90 Гц).

Енергозабезпечення: 100 % пряме живлення від PV-панелей. Надлишок енергії спрямовується на повну зарядку акумуляторів.

Ефект: Висока частота обертання компенсує зниження вологості повітря, підтримуючи стабільний дебіт води.

Фаза «Вечірня стабілізація» (17:00-22:00):

Умови: Сонце заходить, вологість знову починає зростати.

Режим: Поступове зниження частоти компресора (від 50 до 20 Гц).

Енергозабезпечення: Перехід з прямих PV-потоків на живлення від акумуляторів.

Ефект: Використання нічного охолодження по-

вітря для фінального збору конденсату перед зупинкою системи.

Економія на АКБ: Для роботи вночі (22:00-06:00) при низькій інсоляції знадобився б акумуляторний блок ємністю у 2,5 разу більшою, що збільшило б термін окупності проєкту з 3,8 до 6-7 років.

Технічне обслуговування: 8-годинна пауза вночі дозволяє системі здійснити природну дефростацію (розморожування) та вирівняти тиск у водоаміачному контурі.

Енергетична автономність: При 16-годинному графіку коефіцієнт використання власної сонячної енергії (Self-Consumption Ratio) сягає 85-90 % [10], що робить установку практично незалежною від зовнішніх мереж.

Раціональний 16-годинний графік є ключовим інструментом оптимізації, що дозволяє отримувати максимальний обсяг води в умовах Одеси при мінімальних капітальних інвестиціях в енергосховища. Інверторне керування є «містком», який дозволяє системі плавно переходити між фазами, не втрачаючи термодинамічної стійкості водоаміачного циклу.

## 6. Розрахунок енергетичного балансу системи та визначення потужності сонячної електростанції

Для забезпечення безперебійної роботи установки протягом 16-годинного циклу в Одеському регіоні необхідно збалансувати енергоспоживання компонентів ВАХМ із генерацією фотоелектричної станції (ФЕС).

Основні споживачі системи:

Інверторний компресор: Середня електрична потужність $P_{comp}$ = 1,8 кВт (варіюється інвертором від 0,6 до 2,5 кВт залежно від режиму).

Вентилятори обдуву випарника та конденсатора: $P_{fan}$ = 0,4 кВт.

Насос рециркуляції та система фільтрації: $P_{pump}$ = 0,2 кВт.

Контролер та автоматика: $P_{ctrl}$ = 0,05 кВт.

Загальна миттєва потужність системи ($P_{sys}$):

$$P_{sys} = P_{comp} + P_{fan} + P_{pump} + P_{ctrl} = 2{,}45 \text{ кВт}$$

Добове споживання енергії за 16 годин роботи ($E_{day}$):

$$E_{day} = P_{sys} \cdot 16 = 2{,}45 \cdot 16 = 39{,}2 \text{ кВт·год}$$

Потужність сонячних панелей повинна покривати не лише поточне споживання вдень, а й забезпечувати заряд акумуляторів для роботи у вечірні та ранкові години (коли інсоляція низька).

Використовуємо формулу для визначення встановленої потужності панелей:

$$P_{PV} = E_{day} / (H \cdot k)$$

де $E_{day}$ – добове споживання (39,2 кВт·год); $H$ – середньодобова сонячна інсоляція для Одеси в період квітень-жовтень ≈ 5,5 кВт·год/м$^2$/день); $k$ – коефіцієнт загальних втрат у системі (інвертор, заряд АКБ, запилення панелей), приймаємо $k$ = 0,75.

$$P_{PV} = 39{,}2 / (5{,}5 \cdot 0{,}75) \approx 9{,}5 \text{ кВт}$$

Хоча середнє навантаження 2,45 кВт, для повної автономності в Одеських умовах з урахуванням хмарних днів рекомендується встановлення поля панелей потужністю 10 кВт.

Оскільки ми працюємо за 16-годинним графіком, частина роботи (приблизно 4-5 годин) припадає на час з низькою інсоляцією. Необхідний резерв енергії в АКБ ($E_{res}$):

$$E_{res} = P_{sys} \cdot 5 \text{ год} = 2{,}45 \cdot 5 = 12{,}25 \text{ кВт·год}$$

Для забезпечення довговічності літій-залізофосфатних акумуляторів (LiFePO4) при глибині розряду 80 %, необхідна ємність [10] :

$$C_{bat} = 12{,}25 / 0{,}8 \approx 15{,}3 \text{ кВт·год}$$

06:00 – 09:00: Генерація PV наростає; дефіцит покривається з АКБ.

09:00 – 17:00: Генерація PV перевищує споживання ($P_{PV} > P_{sys}$); надлишок іде на зарядку АКБ.

17:00 – 22:00: Генерація PV падає; система плавно переходить на живлення від АКБ за допомогою інверторного керування.

Таким чином для безперебійного функціонування установки атмосферної генерації води в Одеському регіоні за 16-годинним циклом, встановлена потужність фотоелектричної станції має становити 10 кВт, а ємність акумуляторного блоку – не менше 15 кВт·год. Використання інверторного компресора дозволяє знизити пікові навантаження на сонячний інвертор, що підвищує надійність всієї системи енергопостачання.

## 7. Економічний аналіз та оцінка інвестиційної привабловості проєкту

Для оцінки життєздатності системи проведено розрахунок ключових фінансових показників: капітальних витрат (CAPEX – Capital Expenditure), операційних витрат (OPEX – Operating Expenses/ Expenditure) та середньої собівартості одиниці продукції (LCOW – Levelized Cost of Water) [11].

Капітальні витрати включають закупівлю обладнання, монтаж та налаштування сонячної електростанції (СЕС) і ВАХМ (табл. 2).

***Таблиця 2** – Капітальні витрати сонячної електростанції (СЕС) і ВАХМ*

| Найменування елементу | Орієнтовна вартість (USD) | Примітка |
|---|---|---|
| ВАХМ з інверторним компресором | $2400 | Блок конденсації та керування |
| СЕС (10 кВт панелей + гібридний інвертор) | $5200 | Генерація енергії |
| Акумуляторний блок (LiFePO4, 15 кВт·год) | $2800 | Забезпечення 16-год циклу |
| Система багатоступеневої фільтрації | $350 | Очищення та мінералізація |
| Монтажні роботи та пусконалагодження | $750 | Встановлення «під ключ» |
| ЗАГАЛЬНИЙ CAPEX | $11500 | |

Оскільки система працює на власній сонячній енергії, витрати на електрику рівні 0. До OPEX входять:

Заміна картриджів фільтрів та мінералізаторів: 120 $/рік.

Технічне обслуговування ВАХМ (перевірка тиску, чистка теплообмінників): 80 $/рік.

Разом OPEX: 200 $/рік.

Беремо продуктивний період для Одеси (квітень-жовтень) — 213 днів.

Середня добова генерація: 100 л.

Річний обсяг води: 100 · 213 = 21300 л.

Ринкова вартість аналогічної питної води в Одесі: 5 грн/л (≈ 0,12 $/л).

Річна економія (дохід):

$$Income = 21\,300 \cdot 0.12 = 2\,556 \text{ \$/рік}$$

Простий термін окупності (PBP):

$$PBP = CAPEX / (Income\text{-}OPEX) = 11{,}500 / (2556\text{-}200) \approx 4{,}8 \text{ роки}$$

Для систем водопостачання термін окупності до 5 років вважається високим показником.

Собівартість літра води (LCOW) на горизонті 10 років:

$$LCOW = (CAPEX + (OPEX \cdot 10)) / (V_{total} \cdot 10) = (11\,500 + 2000) / 213\,000$$

***Таблиця 3** – Порівняння методів водопостачання*

| Метод водопостачання | Вартість 1 л (грн) | Автономність | Екологічність |
|---|---|---|---|
| Купівля бутильованої води | 7,00 – 12,00 | Низька | Низька (пластик) |
| Пункти розливу (Одеса) | 5,00 | Середня | Середня |
| Пропонована система АГВ | 2,70 | Повна | Висока |

Економічний аналіз підтверджує доцільність впровадження автономних систем АГВ в Одеському регіоні. Використання інверторної технології та СЕС дозволяє знизити собівартість літра води у 1,8-2,5 рази порівняно з ринковими цінами. Незважаючи на значні початкові інвестиції (CAPEX), система окупається менш ніж за 5 років, забезпечуючи повну енергетичну та ресурсну незалежність споживача.

## 8. Висновки

У ході виконання роботи проведено комплексне дослідження та розроблено техніко-економічну модель системи атмосферної генерації води для Одеського регіону. Основними результатами дослідження є:

Обґрунтовано вибір Одеського регіону як перспективного майданчика для впровадження систем АГВ. Аналіз кліматичних даних показав, що поєднання високої ранкової вологості (до 85%) та високого рівня сонячної інсоляції (понад 1300 кВт·год/м² на рік) забезпечує стабільну роботу установки протягом 7 місяців на рік (квітень-жовтень).

Доведено ефективність використання інверторного компресора у складі водоаміачної холодильної машини. Встановлено, що плавне регулювання частоти обертання дозволяє системі адаптуватися до нестабільної генерації сонячної енергії та підтримувати оптимальну температуру конденсації при зміні вологості повітря, що підвищує загальний ККД системи на 15-20 %.

Розроблено раціональний 16-годинний графік роботи (06:00-22:00), який дозволяє максимально використовувати сонячну енергію вдень та високу вологість повітря вранці. Такий підхід дав змогу оптимізувати ємність акумуляторного блоку, знизивши загальні капітальні витрати на систему енергозабезпечення на 30% порівняно з цілодобовим режимом роботи.

Розраховано енергетичний баланс, згідно з яким для автономної роботи установки продуктивністю 100 л/добу необхідна сонячна електростанція (СЕС) потужністю 10 кВт та акумуляторна група ємністю 15 кВт·год. Це забезпечує повну енергетичну незалежність системи від централізованих мереж.

Економічний аналіз підтвердив високу рентабельність проєкту. При капітальних витратах близько 11500 $, термін окупності системи в умовах Одеси становить 4.8 роки. Розрахункова собівартість одного літра води склала 2,70 грн, що у 1,8-2,5 рази нижче за вартість очищеної води в пунктах розливу, що робить технологію конкурентоспроможною на ринку водопостачання.

## Література


1. **Коновалов О. В., Петренко М. С.** Атмосферна генерація води: стан та перспективи // Холодильна техніка та технологія. – 2022. – Т. 58(2). – С. 45-52.
2. **Saleh H. M., Al-Amir S.** Atmospheric water generation: A review of current technologies // International Journal of Environmental Science. – 2023. – Vol. 12(1). – P. 104-118.
3. Мінрегіон України. (2021). Настанова з розрахунку інсоляції об'єктів цивільного призначення (ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010). Київ: ДП «УкрНДЦ».
4. **Васильєв В. В.** Відновлювані джерела енергії. – Одеса: Видавництво «Одеська політехніка», 2020. – 215 с.
5. Український гідрометеорологічний центр. Метеорологічні дані та кліматичні графіки по Одеській області. Київ: ДСНС України, 2024.
6. **Желіх В. М., Юркевич Ю. С.** Теплогенеруючі установки та холодильна техніка. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2021. – 162 с.
7. **Безродний М. К., Притула В. В.** Процеси та апарати холодильної техніки. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2020. – 92 с.
8. **Арсеньєв В. М., Капран П. О.** Енергоефективність холодильних систем з інверторним керуванням компресорів // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2021. – № 3. – С. 88-96.
9. **Kumar R., Singh J.** Water-ammonia absorption and compression refrigeration systems: Performance analysis // Journal of Thermal Engineering. – 2021. – Vol. 7. – P. 15-30.
10. **Boxwell M.** Solar electricity handbook. – Greenstream Publishing, 2024. – P. 45-52.
11. **Dixon R.** Economic analysis of renewable energy systems for water production // Renewable Energy Policy and Management. – 2022. – Vol. 4. – P. 210-225.


Отримана в редакції 12.02.2026, прийнята до друку 03.03.2026

# Development of systems for obtaining water from atmospheric air using traditional and renewable energy sources in the Odessa region

***Kostyantyn Hodyk***
Odesa National University of Technology, 112 Kanatna str., Odesa, 65039, Ukraine
✉ e-mail: godykkostas@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3889-8472

*The article presents the results of the development and comprehensive feasibility study of an autonomous system for obtaining water from atmospheric air for the conditions of the Odessa region. The analysis used averaged multi-year meteorological data for Odessa. A characteristic feature of the region is high relative humidity in the morning and evening hours, which is caused by sea breezes. The relevance of the study is due to the shortage of high-quality fresh water in the southern regions of Ukraine and the need to implement energy-efficient solutions based on renewable energy sources. The scientific novelty of the work lies in the optimization of the thermodynamic cycle of a water-ammonia refrigeration machine by integrating an inverter compressor, which provides dynamic adaptation of cooling capacity to the variable intensity of solar insolation and ambient humidity. The work provides a detailed justification for a rational 16-hour operation schedule of the installation (from 06:00 to 22:00), which allows synchronizing the peaks of solar generation with periods of maximum relative air humidity, while minimizing the costs of the energy storage system. Based on energy balance calculations, it was established that to ensure autonomous operation of the system with a capacity of 100 l/day, a photovoltaic station with a capacity of 10 kW and a battery pack with a capacity of 15 kWh are required. Economic analysis, conducted on the*

*basis of CAPEX and OPEX indicators, demonstrated that the use of inverter technologies increases the overall efficiency of the system by 15–20 % compared to traditional solutions. It was established that the cost of the water obtained is 2.70 UAH/l, which makes the project competitive compared to existing water supply methods, ensuring a payback period within 4.8 years.*

***Keywords:*** *Atmospheric water generation; Water-ammonia chiller; Inverter compressor; Solar energy; Operating modes; Odesa region; Economic efficiency; Traditional and renewable energy sources*

## References

1. **Konovalov, O. V., Petrenko, M. S.** (2022). Atmospheric water generation: status and prospects. *Refrigeration Engineering and Technology, 58(2), 45-52.*

2. **Saleh, H. M., Al-Amir, S.** (2023). Atmospheric water generation: A review of current technologies. *International Journal of Environmental Science, 12(1), 104-118.*

3. (2021). Ministry of Regional Development of Ukraine. Guidelines for calculating insolation of civil objects (DSTU-N B V.1.1-27:2010). *Kyiv: State Enterprise "Uk-rNDC".*

4. **Vasyliev, V. V.** (2020). Renewable energy sources: *Odesa: Publishing house "Odesa Polytechnic", 215.*

5. Ukrainian Hydrometeorological Center. (2024). Meteorological data and climate graphs for Odessa region. *Kyiv: State Emergency Service of Ukraine.*

6. **Zhelikh, V. M., Yurkevich, Y. S.** (2021). Heat-generating plants and refrigeration equipment. *Lviv: Lviv Polytechnic Publishing House, 162.*

7. **Bezrodny, M. K., Prytula, V. V.** (2020). Processes and devices of refrigeration technology. *Kyiv: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Polytechnic Publishing House, 92.*

8. **Arsenyev, V. M., Kapran, P. O.** (2021). Energy efficiency of refrigeration systems with inverter control of compressors. *Energy: economics, technologies, ecology, (3), 88-96.*

9. **Kumar, R., Singh, J.** (2021). Water-ammonia absorption and compression refrigeration systems: Performance analysis. *Journal of Thermal Engineering, 7, 15-30.*

10. **Boxwell, M.** (2024). Solar electricity handbook. *Greenstream Publishing, 45-52.*

11. **Dixon, R.** (2022). Economic analysis of renewable energy systems for water production. *Renewable Energy Policy and Management, (4), 210-225.*

Received 12 February 2026
Approved 03 March 2026
Available in Internet 31 March 2026