

УДК 721

**ВЕРТИКАЛЬНІ ФЕРМИ, ЯК УРБАНІСТИЧНА АГРАРНА  
АЛЬТЕРНАТИВА**

**VERTICAL FARMS AS A URBANISTIC AGRICULTURAL  
ALTERNATIVE**

**Неделюк О. А., магістр, Ротко С. В., к.т.н., доц., Задорожнікова І. В.,  
к.т.н., доц., (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк)**

**Nedeliuk O., master, Rotko S., Ph.D. in Engineering, Associate  
Professor, Zadorozhnikova I., Ph.D. in Engineering, Associate Professor,  
(Lutsk National Technical University, Lutsk)**

Розглянуто можливість використання вертикальних ферм для потенційного вирішення проблеми нестачі сільськогосподарських земель. Наведено приклади фермерської діяльності на території великих міст. Проаналізовано плюси та мінуси вертикального землеробства.

According to the UN, by 2050, the Earth's population will increase from the current 7.6 billion people to 9.8 billion, with almost 80% of them living in urban centers. Today, over 80% of the territory suitable for growing crops is used throughout the world, unfortunately 15% of it was destroyed due to inefficient management practices. Therefore, if traditional farming continues in the future, then the catastrophe is inevitable. Potential solution to the problem is vertical agriculture. Examples of opportunities for farming in large cities are given. The pros and cons of vertical agriculture are analyzed.

Ключові слова: вертикальне землеробство, вертикальна ферма «Despommier», кліматичний контроль, поновлювальні джерела енергії.

Key words: vertical agriculture, vertical farm "Despommier", climate control, renewable energy sources.

За даними ООН, до 2050 року населення Землі збільшиться з нинішніх 7,6 мільярдів людей до 9,8 мільярдів, майже 80% з яких

буде мешкати в міських центрах. На сьогодні у всьому світі використовується понад 80% території, що підходить для вирощування сільськогосподарських культур, на жаль 15% якої було знищено через неефективну практику управління. Тому, якщо традиційне ведення сільського господарства буде продовжуватись й надалі, то катастрофа неминуча [1]. Потенційне вирішення проблеми – вертикальне землеробство.

**Основна частина.** Дана проблематика вплинула на вибір теми магістерської роботи, результатом якої буде проектування вертикальної ферми для вирощення сільськогосподарської продукції.

Вертикальне землеробство – це практика виробництва харчових продуктів у вертикально укладеному шарі, на вертикально нахилених поверхнях, та/або вбудованих в інші споруди. Сучасне використання терміну «вертикальне землеробство» зазвичай відноситься до вирощування рослин у шарах, як на плоских дахах, у багатоповерховому хмарочосі, у використовуваному складі, так і у транспортних контейнерах.

Вертикальне землеробство, що практикується у великих масштабах у міських центрах, має великий потенціал, щоб забезпечити достатню кількість їжі для зручного харчування всього людства в найближчому майбутньому; дозволити великим земельним ділянкам повернутись до природного ландшафту, відновлюючи функції екосистем; безпечно та ефективно використовувати органічну частину людських і сільськогосподарських відходів для виробництва енергії за рахунок створення метану та одночасно значно зменшити популяцію паразитів (наприклад, щурів, тарганів); скористатися заброньованими та невикористаними міськими територіями, дозволити цілорічне виробництво продуктів харчування без втрати врожаю внаслідок зміни клімату або пов'язаних з погодними умовами подій; усунути необхідність широкомасштабного використання пестицидів і гербіцидів; забезпечити важливу нову роль для агрохімічних галузей (тобто розробка та виробництво безпечних, хімічно визначених дієт для широкого кола комерційно життєздатних видів рослин. Все це може здатися надто чудовим, щоб бути правдивим, але ретельний аналіз показує, що це цілком реалістичні та досяжні цілі [2].

У наш час овочі та фрукти нерідко транспортують на відстань у тисячі кілометрів, щоб доставити до споживача. Чи можна обійтись без цього? Чудовим рішенням є розміщення теплиць на плоских дахах як звичайних будівель, так і промислових підприємств, Місця для цього достатньо.

Для вирощування овочів на дахах чудово підходять гідропонні установки, коли рослини ростуть не в землі, а в жолобах, де вода омиває їхнє коріння, або в горщиках, наповнених штучним матеріалом. Спеціальна зрошувальна установка постійно постачає воду. Вона надходить з центрального баку, омиває коріння рослин, а потім знову повертається до баку. Крім того, ні вода, ні добрива не витрачаються, адже все циркулює у замкненій системі. Такий вид господарства набуває широкого застосування в Німеччині. На тисячі квадратних метрів дахових площ можна вирощувати близько сорока тон овочів на рік.

Ще одним цікавим рішенням є будівництво «вертикальної ферми». Еколог Dickson Despommier (Діксон Деспомьєр) [3] розробив концепт ферми майбутнього, з однойменною назвою «Despommier». Він стверджує, що вирощування рослин у хмарочосах вимагатиме менше затрат енергії та створюватиме менше забруднення, ніж деякі способи вирощування рослин на природних ландшафтах. Він також стверджує, що природні ландшафти є надто токсичними для природнього, сільсько-господарського виробництва, незважаючи на екологічні витрати на видобуток матеріалів для будівництва хмарочосів.

Вертикальне землеробство, згідно з концепцією «Despommier», знижує вартість природного ландшафту, використовуючи ідею "хмарочос як космічний корабель". «Заводське життя» відбувається у герметично закритих, штучних середовищах, які мають мало спільного з зовнішнім світом. У цьому сенсі, вони можуть бути побудовані будь-де. Також це може бути будівля монолітно-каркасного типу, що нічим не відрізняється від інших хмарочосів. Незважаючи на те, що кліматичний контроль, освітлення та інші витрати на технічне обслуговування після підрахунків були потенційно непривабливими для забезпечення реалізації цієї концепції, еколог стверджує, що важливою особливістю майбутніх вертикальних ферм буде інтеграція технологій поновлюваних джерел енергії, чи то сонячні панелі, або вітрові турбіни.

Концепція вертикальної ферми «Despommier» з'явилася у 1999 році в Колумбійському університеті. Спочатку Деспомьєр запропонував своїм студентам зробити дослідження: чи можна нагодувати населення Мангеттена (близько 2 млн. чол.), використовуючи лише 5 га (13 акрів) площі, зручної для теплиць на даху. Студенти підраховали, що за допомогою методів садівництва на дахах нагодувати вдасться лише 2% населення. Не задовільнившись результатами, Деспомьєр зробив пропозицію вирощувати рослини у приміщенні. Ідея викликала інтерес у студентів та набула широкого розповсюдження. Незважаючи на те, що багато пропозицій Деспомьєра були поставлені як виклик і сильно критикувалися з точки зору екології та інженерії, популяризація ідеї в останні роки була в основному результатом твердження Діксона, що виробництво продуктів харчування може бути кардинально змінено [3].

Ще однією цікавою ідеєю є використання транспортних контейнерів, котру втілюють у життя відразу кілька будівельних компаній, зокрема, компанія Freight Farms спроектувала та збудувала "листову зелену машину", що представляє собою повну систему, обладнану вертикальною гідропонією, світлодіодним освітленням та інтуїтивно зрозумілим кліматичним контролем, побудованим у транспортному контейнері 12×2,4 м. Podponics побудувала великомасштабну вертикальну ферму в Атланті, що складається з понад 100 штабельованих контейнерів. Схожа ферма в даний час будується в Омані.

Економіка. Супротивники ставлять під сумнів потенційну прибутковість вертикального землеробства. За сучасних рівнів технології здатність вертикальних ферм конкурувати з встановленими фермерськими процесами обмежена. Додаткові витрати на освітлення та опалення вертикальної ферми можуть заперечувати будь-яку економію, отриману за рахунок зменшення транспортних витрат. Економічні та екологічні переваги вертикального землеробства частково пов'язані з концепцією мінімізації пробігу, відстань, яку необхідно подолати від ферми до споживача. Проте нещодавній аналіз показує, що транспорт є лише незначним споживачем економічних та екологічних витрат на постачання продовольства міському населенню. Автор доповіді, професор університету Торонто П'єр Дерочерс, зробив висновок, що "харчові милі, в кращому випадку, є маренням"[4]. Таким

чином, об'єкт повинен буде отримати значний прибуток, щоб виправдати, своє перебування в місті. Простіші концепції, а не спроби створити ферми, типу хмарочосів, полягатимуть у тому, щоб просто обробляти врожай на дахах існуючої будівлі. Сільське господарство на даху є зростаючою міською тенденцією, вимагає невеликої конструкції (крім зміцнення даху для збереження ваги зростаючого середовища), як і раніше використовує сонячне світло і не вимагає інвестицій в машини, великих витрат на освітлення або зрошення.

Використання енергії. Брюс Бугбі, фізіолог з рослинництва в штаті Юта, вважає, що енергетичні потреби в вертикальному землеробстві будуть занадто дорогими та неконкурентоспроможними для традиційних господарств, які використовують лише природне освітлення [5]. У статті в *Economist* стверджувалося, що "навіть якщо зерна, що виростають у скляному хмарочосі, протягом дня отримують природне сонячне світло, цього буде недостатньо", і "вартість живлення штучного освітлення зробить приміщення надмірно дорогими"[6].

Оскільки "вертикальна ферма" пропонує контрольоване середовище, витрати на опалення та охолодження будуть як мінімум дорожчими, ніж у будь-якій іншій будівлі. Але також залишається проблема складних і дорогих систем водопостачання та ліфтів, щоб розподілити воду по всій будівлі. Щоб вирішити проблему дорогої енергії, підприємець, що використовує старий склад у Чикаго для вирощування рослин гідропонічним методом, збудував систему анаеробного отримання енергії [7]. Це дозволить фермі працювати від власної енергосистеми. Більше того, анаеробний дайджест буде переробляти відходи від сусідніх підприємств, які інакше вийдуть на полігони.

Забруднення. Регулярне використання вертикального фермерства може створювати більше парникових газів, ніж польові продукти, в основному за рахунок збільшення споживання енергії на кілограм продукції. З вертикальними господарствами, що потребують набагато більшої енергії на кілограм продукції, головним чином за рахунок збільшення освітлення, ніж звичайні теплиці, створюване забруднення буде набагато вищим, ніж у сільськогосподарських виробництв. Об'єм забруднення залежить від того, як генерується енергія, котра буде використовуватись у таких проектах.

Гідропонічна система хоч і використовує значно менше води, ніж теперішнє землеробство, проте її необхідно регулярно замінювати, тобто буде створюватись велика кількість води, що містить добрива та пестициди, яка потребуватиме очистки.

Багато з цих переваг отримують за рахунок методів гідропонічного або аеропонічного вирощування.

Можливе вирішення майбутніх проблем. Передбачається, що до 2050 року близько 80% населення світу буде жити в містах, а загальне населення світу збільшиться ще на 3 млрд [7]. Залежно від зміни врожайності на гектар, може знадобитися дуже велика кількість землі. Вчені стверджують, що створення великої кількості сільськогосподарських земель, здатних забезпечувати населення, неможливе. За словами Деспомьєра, вертикальні ферми, якщо вони розроблені належним чином, можуть уникнути необхідності створювати додаткові сільськогосподарські угіддя та сприяти створенню екологічно чистого середовища.

Підвищена культура виробництва. На відміну від традиційного ведення сільського господарства в нетропічних районах, внутрішнє господарство може забезпечувати населення цілий рік. Всесезонне господарство збільшує продуктивність вирощуваної поверхні в 4 - 6 разів, залежно від урожаю. З деякими культурами, такими як полуниця, коефіцієнт може досягати 30 [8].

Крім того, оскільки сільськогосподарські культури будуть продаватися у тих же містах, в яких вони вирощуються, їх не потрібно транспортувати між виробником та місцями збуту, що призведе до зниження витрат. Дослідження показали, що до 30% врожаю знищується внаслідок псування та зараження, хоча в розвинених країнах це число значно нижче.

Деспомьєр вважає, що якщо використовувати карликові варіанти певних культур (наприклад, карликова пшениця, менша за розміром, але багатша за вмістом поживних речовин), для вирощування у 30-поверховій фермі з площею полів у 2 гектари, то це дозволить отримати річний урожай, аналогічний традиційному сільському господарству на 1000 гектарах [9].

Захист від погодних проблем сільськогосподарські культури, вирощені традиційними методами, страждають від часто субоптимальних, а часом і надзвичайних характеристик геологічних і метеорологічних явищ, таких як небажана температура або кількість опадів, мусони, гради, торнадо, повені, природні пожежі та сильні посухи.

Оскільки вертикальне землеробство забезпечує контрольоване середовище, продуктивність вертикальних господарств буде в основному незалежною від погодних умов і захищеною від екстремальних погодних явищ. Хоча контрольоване середовище вертикального землеробства заперечує більшість цих чинників, землетруси та торнадо все ще створюють загрози для запропонованої інфраструктури, хоча це знову залежить від місця розташування вертикальних ферм.

Кожна одиниця площі у вертикальній фермі може заощадити до 20 одиниць площі сільськогосподарських угідь, що повертаються до свого природного стану [10].

Вертикальне землеробство зменшить потребу в нових сільськогосподарських землях через перенаселення, що дозволить заощадити багато природних ресурсів. сьогодні збільшення площ призводить до вирубки лісів та забруднення. вирощування рослин у приміщеннях зменшує або усуває традиційну оранку, посадку та збирання врожаю сільськогосподарською технікою, а також зменшить затрати людської сили.

Призупинення масового вимирання тварин. Зменшення людської активності з великих площ поверхні землі може знадобитися, щоб сповільнити і врешті-решт зупинити нинішню проблему вимирання тварин. традиційне сільське господарство сильно руйнує популяції диких тварин, які живуть у сільськогосподарських угіддях та навколо них. на відміну від цього, вертикальне землеробство завдало б набагато менше шкоди живій природі.

Міське зростання. вертикальне землеробство, яке використовується у поєднанні з іншими технологіями та соціально-економічною практикою, може дозволити містам розширюватися, залишаючись у значній мірі забезпеченими власною харчовою промисловістю. крім того, індустрія вертикального землеробства забезпечить робочими місцями жителів міст. це допоможе зменшити безробіття, спричинене зменшенням традиційних фермерських господарств.

**Висновок.** Вирощування овочів та фруктів у містах можливе. Більше того, проекти вертикальних ферм набувають все більшої популярності та розповсюдження. Але також є й мінуси, насамперед таким методом вирощують культури, які приносять стабільно високий прибуток, наприклад спеції, салати або пекінську капусту, а рис, який споживають 2/3 населення Землі, вирощувати не вигідно та дуже затратно. Проте перспективи розвитку технологій для вирощування аграрної продукції у будівлях можуть вирішити проблему нестачі придатної території для фермерської діяльності, щоб прогодувати населення Землі.

1. The Global Coalition for Conflict Transformation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.un.org/>.

2. The Vertical Farm. Feeding the world in the 21<sup>st</sup> Century [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.verticalfarm.com/>

3. The vertical farm: Feeding the world in the 21<sup>st</sup> Century» Dr. Dickson Despommier [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.verticalfarm.com/?page\\_id=36](http://www.verticalfarm.com/?page_id=36)

4. Evans P. (22 липня 2009р.) Самміт: місцеве харчування без зеленої панaceaї.

5. Nelson Bryn (12 липня 2007р.) самміт: чи може вертикальне землеробство бути майбутнім?

6. The Economist (9 грудня 2010р.) Вертикальна ферма: чи справді це можливо? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://plantchicago.org/>

7. Despommier, D. (2008). "Vertical Farm Essay I" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.google.com.ua/search?q=Despommier,+D.++\(2008\).+%22Vertical+Farm+Essay+I%22&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwjB8OG5hPHXAhWFCpoKHftzASEQsAQINQ&biw=1247&bih=871](https://www.google.com.ua/search?q=Despommier,+D.++(2008).+%22Vertical+Farm+Essay+I%22&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwjB8OG5hPHXAhWFCpoKHftzASEQsAQINQ&biw=1247&bih=871)

8. Growing Skyscrapers: The Rise of Vertical Farms [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.scientificamerican.com/article/the-rise-of-vertical-farms/>.

9. Urban Agriculture – A Next Big Thing for Cities [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.smartcitiesdive.com/ex/ sustaina blecitiescollective/urban-agriculture-next-big-thing-cities/338111/>.