

О.Б. Кошлатий,

доцент, ORCID 0000-0001-5908-6484,

А.М. Карюк,

к.т.н., доцент, ORCID 0000-0003-4839-024X,

Р.А. Міщенко,

к.т.н., доцент, ORCID 0000-0003-1027-0541

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, м. Полтава

АГРОПРОМИСЛОВІ ПІДПРИЄМСТВА НОВОГО ТИПУ — ВЕРТИКАЛЬНІ ФЕРМИ

Анотація. Демографічні й екологічні проблеми, скорочення сільськогосподарських угідь, деградація земель викликали появу агропромислових комплексів нового типу — вертикальних ферм. Це багатоповерхові будівлі з багатоярусним розміщенням технологічних ліній. Основними типами вертикальних ферм є підприємства, що спеціалізуються на рослинництві або тваринництві. На сьогодні розроблено чимало оригінальних концептуальних проектів будівель такого типу в багатьох країнах світу.

Ключові слова: населення планети, території сільського господарського призначення, вертикальні ферми, проекти, світовий досвід.

Вступ. Загострення демографічних та екологічних проблем на планеті змушує вчених, архітекторів й інженерів розробляти принципово нові технології та просторові вирішення аграрних, а точніше агропромислових підприємств і їх будівель. За прогнозами чисельність населення Землі у 2025 році досягне 8 млрд., а в 2050 році становитиме 9,6...10 млрд., причому від 66 до 80% (за різними оцінками) будуть проживати у містах. Відповідно, так само стрімко зростатиме і попит на продукти харчування. Однак кліматичні зміни, посухи, опустелювання, зростаюча непередбачуваність опадів та вплив антропогенних факторів скорочують урожайність у багатьох країнах. Водночас скорочення викопного палива робить крупномасштабне комерційне сільське господарство все більш дорогим і неприбутковим. Десятиліття інтенсивного використання міндобрив, пестицидів та надмірного поливу також відіграють свою роль. Наприклад, Сполучені Штати Америки щорічно втрачають майже 3 т верхнього шару ґрунту на акр. Це від 10 до 40 разів перевищує швидкість, з якою він може відновлюватись природнім шляхом [6]. В умовах України при середньому рівні небезпеки ерозії у зоні Лісостепу щорічні втрати ґрунту складають 6...10 т/га, а втрати гумусу — 0,26 т/га. Але якщо США, Україна, Росія та інші країни мають значні площі сільськогосподарських угідь, то є країни, де цей показник мізерний. У Сінгапурі на території 710 км² мешкає 5 млн людей, у той час як загальна площа земель, придатних до ведення сільського господарства, становить усього 6,6 км². Країна імпортує 90% продуктів харчування. Тож не дивно, що саме тут активно розвиваються технології вертикальних ферм [7].

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. Дана тема в сучасній постановці практично не висвітлюється у вітчизняних публікаціях. Досвід проектування і будівництва багатоповерхових сільськогосподарських будівель (переважно птахівницьких, тваринницьких і теплиць) розглядається в роботах В.В. Мусатова [1], І.Г. Малкова [2], Н.Н. Гераскіна

[3], В.Й. Хазіна [4] а також у [5]. Тому є нагальна потреба проаналізувати і узагальнити досвід створення нових агропромислових підприємств — вертикальних ферм.

Метою роботи є огляд, аналіз та узагальнення світового досвіду створення вертикальних ферм як агропромислових підприємств нового типу та встановлення перспектив їх подальшого розвитку.

Виклад основного матеріалу. Вертикальна ферма — узагальнена назва високоавтоматизованого агропромислового комплексу, розміщеного в спеціально спроектованій багатоповерховій будівлі, а також назва самої будівлі. Головна відмінність вертикальних ферм від традиційних тепличних господарств і тваринницьких ферм — це інтенсивний підхід до використання території, вертикальне багатоярусне розміщення насаджень. По суті, така ферма є багатоярусною теплицею.

Невеликий екскурс в історію. Одне з так званих семи чудес Давнього світу — Вісячі Сади Семіраміди до певної міри є прообразом сучасних вертикальних ферм. За давніми переказами, вони були побудовані для дружини вавилонського царя Навуходоносора II (605-562 р. до н. е.) Семіраміди, яка сумувала за горами та лісами своєї батьківщини, та містилися на східному березі річки Євфрат, приблизно за 50 км від південного Багдада.

В архітектурному плані Вісячі Сади були пірамідою, що складалася з чотирьох ярусів — платформ, які спираліся на колони висотою до 25 м. Нижній ярус мав форму неправильного чотирикутника, найбільша сторона якого становила 42 м, найменша 34 м. Щоб запобігти просочуванню поливної води, поверхню кожної платформи спочатку покривали шаром очерету, змішаного з асфальтом, потім двома шарами цегли, скріпленої гіпсовим розчином, поверх усього вкладалися свинцеві плити. На них товстим шаром лежала родюча земля, куди було висаджене насіння різних трав, квітів, чагарників, дерев. Піраміда нагадувала вічно квітучий зелений пагорб.



У порожнині однієї з колон вміщувалися труби, через які насоси цілодобово подавали воду з Євфрата на верхній ярус садів, звідки вона стікала (струмочками та невеликими водоспадами) й зрошувала рослини нижніх ярусів.

Через те, що вертикальні ферми від самого початку плануються як елемент міського середовища, їх архітектурному вирішенню надають велику увагу.

Передумовою для розробки подібних проектів послугувало постійне зростання населення планети, що в осяжному майбутньому призведе до нестачі території сільськогосподарського призначення і продуктів харчування.

На сьогодні можна виділити такі основні типи вертикальних ферм:

- ферми, що спеціалізуються на рослинництві;
- підприємства, що займаються рослинництвом і тваринництвом.

Є кілька основних моделей закритого рослинництва: гідропоніка, коли рослини вирощуються в ємкостях з живильним розчином, і аеропоніка, коли корені рослин періодично збризкуються туманом (аерозолем), що містить воду і добрива. В останньому випадку

використовується менше води. Є ще аквапоніка, яка відрізняється тим, що включає розведення риби, яка допомагає культивувати бактерії, корисні для живлення рослин.

Узагальненими характеристиками проектів вертикальних ферм є:

- повна енергетична незалежність, завдяки використанню сонячної та вітрової енергії;
- системи збору й очистки води, переробки CO₂ і відходів, використання енергії біомаси;
- гнучка конструкція і можливість установлення додаткових модулів;
- зелені сади, вертикальні гідропонні й аеропонні ділянки для вирощування рослин, басейни з рибою, ферми з тваринами.

Відомо декілька проектів вертикальних ферм (в основному концепції та ескізи), з-поміж яких можна виокремити такі:

Вертикальна ферма "Метелик" (англ. Dragonfly) бельгійського архітектора Вінсена Каллебо. Свою назву "Метелик" вертикальна ферма — хмарочос отримала за форму у вигляді складених разом гігантських крил метелика заввишки в 600 метрів. Будівля



Ферма "Метелик" (Dragonfly)



Ферма "Plantagon"

має 132 поверхи. Передбачається, що комплекс повністю забезпечуватиме себе за рахунок сонця і вітру. Місце для будівництва передбачене на острові Рузвельта, практично в центрі Нью-Йорка (між Мангеттеном і Лонг-Айлендом) [8].

Хмарочос здатний розмістити до 28 різних сільськогосподарських ділянок для вирощування фруктів, овочів, зернових культур, отримання м'яса і молочних продуктів. Завдяки сприятливим природним умовам, хорошій інсоляції і вітрам, на численних рівнях, де будуть розміщені поживні ґрунти, будуть вирощуватися рослини. Зовнішні вертикальні сади будуть живитися дощовою водою, яка після використання буде змішана з побутовими відходами, які потім піддаються органічній переробці для подальшого використання у фермерському господарстві. Простір між крилами спроектований таким чином, щоб максимально використати переваги сонячної енергії шляхом накопичення теплого повітря у зовнішній частині конструкції в зимовий період. Охолодження в літній період буде здійснюватися через систему природної вентиляції і випаровування від рослин. У "Метелику" передбачені також офіси, дослідницькі лабораторії, житлові приміщення і громадські простори.

Рослиництво і тваринництво розміщуються вздовж крил "Метелика", виконаних зі сталі і скла. Забезпечується підтримання необхідного вмісту

поживних речовин у ґрунті та можливості повторного використання біологічних відходів.

Будівля оснащена сонячними батареями, які здатні забезпечити до половини її потреб в електроенергії. Решта енергії буде постачатись від трьох вітрових турбін, розміщених уздовж вертикальної осі будівлі [9].

Вертикальна ферма "Plantagon", концепт якої був представлений однойменною шведсько-американською компанією, являє собою сферичний купол, усередині якого розміщена спіральна платформа, на якій відбувається вирощування рослин [8].

Вертикальна ферма Circular Symbiosis Tower — концепт південнокорейських архітекторів. На відміну від більшості інших проєктів вертикальних ферм, які передбачають їх розміщення в міському середовищі, цей проєкт передбачений для створення нового вигляду сільських поселень. Хмарочос складається з платформ, розташованих по спіралі навколо несучого ядра будівлі. На цих платформах планується вирощування кормових рослин і вільний випас корів. Після тридцяти днів випасу великої рогатої худоби вона переводиться на інший рівень, а на цей запускаються вівці або інші тварини, які здатні споживати укорочені частини зелених рослин [10].

Висотну будівлю ферми "R4 apartment" від сінгапурської компанії "Surbana International Consultants" також можна віднести до категорії вертикаль-



Ферма Circular Symbiosis Tower



Skyfarm ("Небесна ферма")

них ферм. Цей проект отримав головний приз "Skyrise Greenery Awards" — нагороди, що присуджується за створення екологічних будівель [8].

Британська компанія Rogers Stirk Harbour + Partners представила проект вертикальної ферми, яка може стати потужною альтернативою традиційного землеробства. Будівля, що має назву Skyfarm (Небесна ферма), являє собою багатоповерхову гіперболоїдну споруду, в якій можна не тільки вирощувати рослини, але й виробляти енергію.

Архітектори запевнюють, що будівля добре впишеться в міську забудову, але при цьому підійде й для сільської місцевості з невеликою кількістю вільних ділянок або низькою якістю ґрунту.

У "Небесній фермі" планується застосовувати

аеропоніку. На першому поверсі башти можуть знаходитись ринки і ресторани, а над ними розмістяться виробничі потужності, резервуари і вітротурбіни [11].

У шведському місті Лінчепінг завершується будівництво першої в світі "вертикальної зеленої будівлі" — хмарочосу, який призначений для вирощування рослин. Будівництво споруди вартістю 40 млн. доларів розпочалось у 2012 році, а його завершення заплановане на початок 2020 року. Проект розробила шведська харчова компанія Plantagon. Унікальний комплекс буде забезпечувати своєю продукцією понад 5000 населення в рік.

У башті будуть вирощуватися овочі (в основному зелень) за технологією гідропоніки, і всі процеси будуть в основному автоматизовані. За допомогою



Ферма у м. Лінчепінг, Швеція

системи повітровідведення і вентиляції буде створене екологічне середовище, де чиста вода й повітря дозволять вирощувати якісний урожай в самому центрі мегаполіса [12].

Під вертикальними фермами розуміють не тільки будівлі у кілька поверхів, зокрема й висотні, але і приміщення (можливо, в один поверх), у яких під сільгоспкультури зайнятий весь простір від підлоги до стелі, в декілька ярусів. Так, комерційна система Sky Greens у Сінгапурі — це алюмінієві стелажі висотою до 9 м, що можуть мати до 38 ярусів. Запатентована система обертання стелажів сприяє рівномірному освітленню та зволоженню рослин із мінімальними витратами енергії. На фермі крім зелені вирощують також азійські тропічні овочі. Комплекс включає 120 веж і продукує 2 т овочів на добу. У планах компанії — побудова понад 2000 подібних споруд.

Американська компанія Plenty планує відкрити вертикальні ферми у всіх великих містах світу. Протягом року стартап Plenty відкриє в Китаї першу таку ферму. Всього компанія планує побудувати в країні 300 ферм для вирощування овочів за принципами гідропоніки. Ферми Plenty складаються з багаторярусних полиць висотою 6 м, на яких під світлом LED-ламп ростуть листові овочі. Технології Plenty дозволяють на площі 4600 м² виробляти близько 900 т латуку в рік — у 350 разів більше, ніж на такій же площі полів чи традиційних теплиць. При цьому використовується лише 1% води [13]. AeroFarms у США — одна з найбільших вертикальних ферм у світі. Площа ферми складає 6500 м², і щорічно вона буде давати близько 900 т листового салату. Рослинам, які

там вирощуються, не потрібне сонячне світло та ґрунт, а води потрібно в 20 разів менше, ніж для традиційної ферми.

Найбільша у світі вертикальна ферма у Японії Mirai Corp площею 25000 м². У порівнянні з аналогічним за площею традиційним господарством вона споживає енергії на 40% менше, добрив на 80% менше і води на 99% менше. І хоча автоматизована лише половина робочих процесів, продуктивність цієї вертикальної ферми у 100 разів вища за звичайну теплицю [7].

Таким чином вертикальні ферми з багаторярусним розміщенням рослин забезпечують не тільки просторову, але й економічну оптимізацію. На відміну від вертикальних ферм-хмарочосів вони конструктивно простіші, дешевші, а тому набувають значного поширення в світі.

Висновки. Демографічні та екологічні проблеми, скорочення земель сільськогосподарського призначення призвели до появи агропромислових підприємств нового типу — вертикальних ферм, тобто агропромислових комплексів, зазвичай розміщених у висотних будівлях. Поки що розробляються оригінальні в архітектурному відношенні концептуальні проекти, орієнтовані на використання сонячної та вітрової енергії, мінімальні витрати води та інших ресурсів. Більшого поширення набули вертикальні ферми другого типу: з багаторярусним розміщенням рослин в одноповерхових будівлях. Висока економічність та екологічність сприяють подальшому розвитку і поширенню вертикальних ферм обох типів в урбанізованих густонаселених країнах.

Література

1. Мусатов В.В. *Аграрно-индустриальные комплексы* / В.В. Мусатов. — М.: Стройиздат, 1980. — 103 с.
2. Малков И.Г. *Особенности технологической и архитектурно-планировочной организации сельскохозяйственных комплексов* / И.Г. Малков. — Минск.: Высш. шк., 1982. — 98 с.
3. Гераскин Н.Н. *Сельскохозяйственные комплексы* / Н.Н. Гераскин, В.М. Стерн, Л.Н. Соколов. — М.: Стройиздат, 1982. — 177с.
4. Хазин В.Й. *будівлі та споруди агропромислового комплексу* / В.Й. Хазин. — К.: Урожай, 1988. — 166 с.
5. Кошлатий О.Б. *Етапи формування сучасного типу тваринницьких будівель упродовж XX сторіччя* / О.Б. Кошлатий // *Зб. наук. праць (галузеве машинобудування, будівництво)* / Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка. — Вип.13. — Полтава, ПолтНТУ, 2003. — с.109 — 114.
6. 2025: В городах распространятся вертикальные фермы: [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://22century.ru/cal/vertical-farms>.
7. Урбан-ферми і вертикальні сади підкорюють мегаполіси: [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.bakertilly.ua/news/id1211>.
8. Вертикальна ферма: [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org>.
9. Вертикальная ферма "Стрекоза", (США): [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://www.facebook.com/pg/steelfreedom/photos/?tab=album&album_id=493243684166501.
10. Вертикальная ферма Circular Symbiosis Tower: [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://archive.li/W3qY>.
11. Проект вертикальной фермы Skyfarm: [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.bio-watt.com.ua/trends/preokt-vertikalnoj-fermy-skyfarm>.
12. Шведская фирма к 2020 году построит первую ферму-небоскреб: [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://no.ua/techno/innovations/shvedskaja-firma-k-2020-godu-postroit-pervuju-fermu-neboskreb-2235432.html>.
13. В Китае откроют одразу 300 вертикальных ферм: [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://superagrom.com/news/3088-v-kitayi-vidkryut-odразу-300-vertikalnih-ferm>.

Reference

1. Musatov V.V. *Agrarno-y`ndustry`al`n`e kompleksy* / V.V. Musatov. — M.: Strojy`zdat, 1980. — 103 s.
2. Malkov Y`.G. *Osobennosty` texnologiy`cheskoj y` arxitekturno-plany`rovочноj organy`zacy`y` sel`s`koxozyajstvenn`x kompleksov* / Y`.G. Malkov. — My`nsk.: V`ssh. shk., 1982. — 98 s.
3. Gerasky`n N.N. *Sel`s`koxozyajstvenn`e kompleksy* / N.N. Gerasky`n, V.M. Stern, L.N. Sokolov. — M.: Strojy`zdat, 1982. — 177s.
4. Xazin V.J. *budivli ta sporudy` agropy`m slovogo kompleksu* / V.J. Xazin. — K.: Urozhaj, 1988. — 166 s.

5. Koshlatyj O.B. *Etapy` formuvannya suchasnogo ty`pu tvary`nny`cz`ky`x budivel` uprodovzh XX storichchya/ O.B. Koshlatyj`// Zb. nauk. pracz` (galuzeve mashy`nobuduvannya, budivny`cztoo) / Poltavskiy` nacional`nyj` texnichnyj` univ`ersy`tet imeni Yuriya Kondratyuka. — Vy`p.13. — Poltava, PoltNTU, 2003. — s.109 — 114.*
6. 2025: V gorodax rasprostranyatsya verty`kal`n`e ferm?: [Elektronnyj` resurs]. — Rezhy`m dostupu: <https://22century.ru/cal/vertical-farms>.
7. Urban-fermy` i verty`kal`ni sady` pidkoryuyut` megapolis`: [Elektronnyj` resurs]. — Rezhy`m dostupu: <http://www.baker-tilly.ua/news/id1211>.
8. Verty`kal`na ferma: [Elektronnyj` resurs]. — Rezhy`m dostupu: <https://uk.wikipedia.org>.
9. Verty`kal`naya ferma "Strekoza", (SShA): [Elektronnyj` resurs]. — Rezhy`m dostupu: https://www.facebook.com/pg/steel-freedom/photos/?tab=album&album_id=493243684166501.
10. Verty`kal`naya ferma Circular Symbiosis Tower: [Elektronnyj` resurs]. — Rezhy`m dostupu: <http://archive.li/W3qY>.
11. Proekt verty`kal`noj ferm? Skyfarm: [Elektronnyj` resurs]. — Rezhy`m dostupu: <http://www.biowatt.com.ua/trends/preokt-vertikalnoj-fermy-skyfarm>.
12. Shvedskaya fy`rma k 2020 godu postroyt` pervuyu fermu-neboskreb: [Elektronnyj` resurs]. — Rezhy`m dostupu: <https://no.ua/techno/innovations/shvedskaja-firma-k-2020-godu-postroit-pervuju-fermu-neboskreb-2235432.html>.
13. V Ky`tai vidkry`yut` odrazu 300 verty`kal`ny`x ferm: [Elektronnyj` resurs]. — Rezhy`m dostupu: <https://superagronom.com/news/3088-v-kitayi-vidkryut-odrazu-300-vertikalnih-ferm>.

Кошлатий О.Б., Карюк А.М., Мищенко Р.А.

АГРОПРОМЫШЛЕННЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ НОВОГО ТИПА - ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ФЕРМЫ

***Аннотация.** Демографические и экологические проблемы, сокращение сельскохозяйственных угодий, деградация земель обусловили появление агропромышленных комплексов нового типа - вертикальных ферм. Это многоэтажные здания с многоярусным размещением технологических линий. Основными типами вертикальных ферм являются предприятия, специализирующиеся на растениеводстве или животноводстве. Сегодня во многих странах мира разработано немало оригинальных концептуальных проектов зданий такого типа.*

***Ключевые слова:** население планеты, территории сельскохозяйственного назначения, вертикальные фермы, проекты, мировой опыт.*

Koshlatyj O.B., Karyuk A.M., Myshhenko R.A.

AGROINDUSTRIAL ENTERPRISES OF THE NEW TYPE - VERTICAL FARM

***Abstract.** Demographic and environmental problems, agricultural land uses reduction, land degradation gave rise of a new type agro-industrial complexes - the vertical farms. These are multistory buildings with many layers of technological lines. The vertical farms main types are company specializing in crop and livestock raising. Today, many original conceptual projects of such buildings have been developed in many countries around the world.*

***Keywords:** the planet population, agricultural purpose territory, vertical farms, projects, world experience.*