

УДК 631:635:639.3:624(048.8)
HTTPS://DOI.ORG/10.47612/0134-9759-2023-35-199-205

ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ФЕРМЫ КАК НОВЫЙ ТРЕНД В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

А. А. ЗМУШКО, А. В. КИРЧЕНКО

*РУП «Институт плодородства»,
ул. Ковалёва, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь,
e-mail: belhort@belsad.by*

АННОТАЦИЯ

Вертикальная ферма – обобщенное название автоматизированных агропромышленных систем, предназначенных для выращивания в вертикально расположенных ярусах овощей, зелени, грибов и рыбы с целью обеспечения продовольствием городского населения. Вертикальная ферма может быть комплексным роботизированным устройством либо в ней могут применяться специализированные роботы на отдельных участках. Как правило, это многоэтажные теплицы или стеллажи, заставленные лотками с зеленью, освещаемые светодиодами. Создание искусственной, контролируемой среды позволяет сократить потребности в использовании пестицидов, расход воды и энергии. К методам вертикального земледелия относятся аквапоника, гидропоника и аэропоника. Родоначальником вертикального фермерства считают американского профессора экологии и микробиологии Диксона Деспоммьера. Вертикальные фермы обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционными сельскими хозяйствами.

Ключевые слова: вертикальная ферма, теплицы, роботы, аквапоника, гидропоника, аэропоника.

ВВЕДЕНИЕ

Климатические изменения (засухи, наводнения, непредсказуемость погодных условий, экологические катаклизмы), действие вредителей, влияние человеческого фактора ведут к снижению урожайности и, как следствие, удорожанию продуктов питания. С каждым годом население нашей планеты увеличивается, и весь мир давно обсуждает проблемы перенаселения, ограниченности и истощения топливных, водных ресурсов, к тому же пригодных для сельского хозяйства земель становится с каждым годом все меньше, а потребности в продуктах только увеличиваются. Самым печальным прогнозом ученых является надвигающаяся проблема голода и войны за природные ресурсы, пригодные для сельского хозяйства. И решение проблемы стоит искать не только в отдельных областях, а в целом их ряде, таких как промышленная микробиология, гидробиология, агрономия, исследования в областях генетики растений и животных, контроля и утилизации отходов, общественного здравоохранения, градостроительство, проектирование зданий и т. д. Относительно недавно исследования в этих областях натолкнули человечество на несколько вариантов решения, одним из которых являются вертикальные фермы [1].

Вертикальная ферма – обобщенное название автоматизированных агропромышленных систем, предназначенных для выращивания в вертикально расположенных ярусах овощей, зелени, грибов и рыбы с целью обеспечения продовольствием городского населения [2].

Роботизированные вертикальные фермы – это одно из перспективных направлений в сельском хозяйстве, способ повысить эффективность капиталовложений и производительность труда в сельском хозяйстве [3].

Как правило, это многоэтажные теплицы или стеллажи, заставленные лотками с зеленью, освещаемые светодиодами. Создание искусственной, контролируемой среды позволяет сократить потребности в использовании пестицидов, расход воды и энергии. Ускоряется цикл выращивания кормов. Вертикальная ферма может быть комплексным роботизированным устройством либо в ней могут применяться специализированные роботы на отдельных участках [3].

Родоначальником вертикального фермерства считают американского профессора экологии и микробиологии Диксона Деспоммьера. Вместе со студентами Колумбийского университета Нью-Йорка он погрузился в проблему земледелия на крышах небоскребов Манхэттена. Результаты исследований разочаровали ученого – насытить таким способом можно не более 2 % местного населения. И тогда Деспоммьера осенило: выращивать овощи и другие дары природы лучше не на крыше, а под нею [4].

В своих статьях и книгах начиная с 1999 г. Деспоммьер развивает теорию вертикальных ферм. По его мнению, под такой объект нужно спроектировать, возвести и специально оборудовать высотный дом. Согласно расчетам одна ферма, расположенная в 30-этажном здании, сможет дать пищу для 50 тыс. человек. Секрет рекордных урожаев – вертикальная ферма воссоздает природную экосистему. Деспоммьер уверен: вскоре в небоскребах, как на обычных полях, будут выращивать около сотни видов сельскохозяйственных культур. Вертикальные многоуровневые фермы могут быть конфигурированы как угодно, но в большинстве случаев речь идет о подвешенных в воздухе грядках, где выращивают культуры на специальных субстратах или вовсе без них. На таких фермах, как правило, есть ультрафиолетовое излучение, которое эмулирует лучи солнца. И вместо непредсказуемых погодных условий, которые, порой, приводят к катастрофическим ситуациям на полях, вертикальные фермы в городской черте полностью управляемы – климат здесь регулируется компьютером, и все направлено на получение максимального урожая. В принципе, если есть соответствующие технологии, то фермы подобного рода можно создавать практически везде. Фактически речь идет о новом тренде – городских фермах, которые находятся в непосредственной близости от тех, для кого продукты питания выращиваются. Правда, есть и ряд условий. Все вертикальные фермы нуждаются в определенном пространстве и доступе к электричеству. Больше ничего особенного не требуется. Фермеры сами могут покупать все, что им требуется для производства продуктов питания [4].

Итак, вертикальная ферма размещается в закрытых помещениях внутри специально спроектированного или адаптированного для этого здания. Главными отличиями вертикальных агропроизводств от традиционных тепличных хозяйств являются многоярусное размещение насаждений и полностью контролируемый в закрытом помещении климат [5].

Экологи отмечают потенциальный долгосрочный позитивный экологический эффект вертикальных ферм при их массовом внедрении. Отмечается, что они не загрязняют сточные воды и не требуют применения пестицидов, не приводят к эрозии почв, имеют существенно меньший выброс парниковых газов, таких как метан, азот и двуокись углерода [5].

Главным отличием вертикальной фермы от традиционных типов теплиц является направление их архитектурной структуры на вертикальную пространственную плоскость, где организован основной производственный процесс. В результате общая площадь, используемая в этих зданиях для выращивания сельскохозяйственной продукции, намного превышает их строительную площадь [2].

При этом вертикальные фермы размещаются в городах и превращают их в центры по выращиванию продукции, позволяя использовать городские условия, ранее не приспособленные для сельскохозяйственных нужд [6]. Концепция вертикальных ферм предполагает культивирование растений и домашнего скота в высотных зданиях на территориях городских районов, где отсутствуют доступная земля и пространство (рис. 1) [7].



Рис. 1. Вертикальная ферма

Актуальность вертикальных ферм обусловлена нижеследующими обстоятельствами. Как уже говорилось, к 2050 г. население мира превысит 9 млрд человек. Чтобы прокормить 9 млрд человек на планете, нужны фермерские хозяйства, которые покрывают землю, по площади равную всей Южной Америке, поэтому необходимо применение действительно революционного подхода в ведении сельского хозяйства внутри помещений, где будут использованы ультрасовременные технологии. Под земледелие в настоящее время применяется 80 % общей площади земли. При этом около 67 % сельскохозяйственных земель используется для производства продуктов питания, идущих на корм животным, и только 33 % – для выращивания овощей, фруктов и зерновых для человека. Очевидно, что земельные ресурсы – это роскошь, которую себе не могут позволить многие регионы мира. Это и стало основанием для новой сельскохозяйственной идеи – вертикальные фермы, которые поднимаются к небу или уходят глубоко под землю [8].

Сингапур и Япония считаются первыми странами, освоившими их строительство, так как именно в этих государствах плотность населения очень высока при маленькой площади территории [9].

Несмотря на сложные технические и практические проблемы при применении вертикальных ферм, сегодня они существуют и производят различные виды сельскохозяйственных культур в Китае, Южной Корее, Японии, Сингапуре, Объединенных Арабских Эмиратах, Нидерландах, Италии, Великобритании, США и Канаде [8].

Вертикальное сельское хозяйство – это выращивание растений в промышленном масштабе в городах с полным климат-контролем, без примесей и пестицидов и независимо от сезона [10]. При этом высокоавтоматизированные агропромышленные комплексы размещаются в специально спроектированных зданиях [11].

Первые коммерческие вертикальные фермы появились в Сингапуре. Их успехи в производстве свежей зелени и овощей (1 тонна в день) вызвали интерес у инвесторов и стартаперов, которые убедились, что на воплощении идей Деспоммьера можно зарабатывать. Вертикальные фермы стали трендом, их начали создавать по всему миру: в деловых кварталах, супермаркетах, на месте заброшенных фабрик и даже в метро. В отрасль хлынули большие деньги. В 2017 г. японский Softbank инвестировал в развитие вертикального фермерства 200 млн долларов США [4].

Методы вертикального земледелия

Гидропоника. Гидропоника относится к технике выращивания растений без почвы. В гидропонных системах корни растений погружают в жидкие растворы, содержащие макроэлементы (такие как азот, фосфор, сера, калий, кальций и магний) и микроэлементы (включая железо, хлор, марганец, бор, цинк, медь и молибден). Применяются также инертные (химически неактивные) среды, например, гравий, песок и опилки, в качестве заменителей почвы для обеспечения поддержки корней [9, 11].

Аквапоника. Аквапоника, в отличие от гидропоники, делает еще один шаг вперед, интегрируя производство наземных растений с производством водных организмов (например, рыб) в замкнутую систему, которая имитирует биосферу. Богатые питательными веществами сточные воды из аквариумов фильтруются блоком удаления твердых частиц, а затем направляются в биофильтр, где токсичный аммиак превращается в питательную селитру. Поглощая питательные вещества, растения затем очищают сточные воды, которые возвращаются обратно в аквариумы [1, 8, 11].

Аэропоника. В отличие от обычной гидропоники и аквапоники, аэропоника не требует никакой жидкой или твердой среды для выращивания растений. Вместо этого жидкий раствор с питательными веществами запотевают в воздушных камерах, где растения подвешены. Аэропоника является наиболее перспективной технологией выращивания без почвы, поскольку она использует до 90 % меньше воды, чем самые эффективные обычные гидропонные системы и не требует замены питательной среды [11].

Типы вертикальных ферм

Первый тип – это высотные структуры с несколькими уровнями, которые освещаются искусственным светом. Многие города реализовали эту модель в новых и старых зданиях, включая



Рис. 2. Вертикальная ферма R4 apartment

склады [12]. К ним относятся существующие сегодня вертикальные фермы, например, Sky Greens (Зеленое небо) в Сингапуре – первая коммерческая вертикальная ферма в мире [8].

Второй тип вертикального земледелия – это крыши старых и новых промышленных и жилых зданий, а также террасы и кухни. Знаковым объектом данного типа стал жилой комплекс One Central Park (Первый Центральный Парк) в Сиднее [8].

Третий тип – это футуристическое многоэтажное здание будущего [8]. Такая вертикальная ферма может быть представлена в виде многофункционального комплекса, куда могут входить, кроме агропромышленной зоны, общественная и жилая зоны [13]. В последнее десятилетие мы наблюдаем большее число серьезных провидческих предложений такого типа. По сути, архитекторы предлагают заново изобрести вертикальное здание как структурно и функционально, так и экологически и энергетически. Можно привести пример такого здания. Архитектор Пьер Сарту французской фирмы Atelier SOA предложил вертикальную ферму смешанной функции Tour Vivante (Живая башня), в которой расположатся жилье, фермы, помещения для отдыха, рестораны и магазины. Концепция эко-башни Tour Vivante заключается в объединении производства гидропоники и жилья

в городской среде. Небоскреб использует энергию ветра, рекультивацию дождевой воды, производство биогаза и производство продуктов на месте. Переплетение функции жилья, производства и видов деятельности направлено на обеспечение симбиотической взаимосвязи между жителями и окружающей средой. Например, пищевые отходы из ресторанов и от жителей будут собирать и обрабатывать для использования в качестве жидкого удобрения для фруктов и овощей. Аналогично кислород, производимый растениями, будут направлять жильцам, а диоксид углерода, производимый арендаторами, будут передавать растениям. Дождевую воду с крыши и фасадов будут собирать, фильтровать и использовать на ферме, а отходы, сгенерированные фермой, и другие функции (жилье, квартиры) – собирать и использовать для выработки энергии для башни. Использованная вода, производимая башней, будет рециркулирована и очищена для кормления и удобрения растений. Tour Vivante также включает в себя возобновляемые источники энергии, применяя две большие ветровые турбины и фотоэлектрические панели, расположенные на южном фасаде здания и крыше. Существуют и другие подобные проекты в Китае, Гонконге, Канаде, Франции [8].

К этому же типу относится «жилая» ферма, разработанная сингапурской компанией Surbana International Consultants, которая получила приз Skyrise Greenery Awards за создание проекта экологичного здания. Это здание представляет собой смесь жилого комплекса и вертикальной фермы. R4 apartment концептуально может быть построен в районе Бизнес-Центра Сингапура рядом с открытым рынком для выгодных отношений (рис. 2). Выгода таких отношений заключается в том, что вертикальная ферма сможет получать необходимый компост для удобрения растений, а Бизнес-Центр будет получать электричество, продукты и воду [13].

Еще один необычный способ размещения вертикальных ферм был представлен во Франции, где гидропонная ферма La Cavegne была спрятана под землю в старом подземном паркинге. Британцы пошли еще дальше и разместили вертикальную ферму Growing Underground в лондонских тоннелях, построенных во время Второй мировой войны. Огромная по размерам площадь была отведена под горох, редис и микрозелень. Из-за удобного расположения в центре Лондона спрос на продукцию этой сити-фермы моментально возрос, и сейчас у них нет отбоя от клиентов [9].

Вертикальные фермы можно разделить на два вида, исходя из культивируемых организмов:

1. Фермы, специализирующиеся исключительно на растениеводстве.
2. Сельскохозяйственные фермы, занимающиеся растениеводством и животноводством (в данном случае сооружение работает как экосистема) [1].

Плюсы вертикальных ферм

1. Экологическая чистота – вся продукция является экологически чистой как для потребителя, так и для окружающей среды: технология выращивания не требует применения пестицидов [1, 14].

2. Защита от неблагоприятных погодных условий – защита сельскохозяйственных культур от суровых погодных условий представляет собой одно из наиважнейших преимуществ вертикального фермерства [14]. Идеальные условия создаются благодаря контролю температуры, углекислого газа и влажности воздуха, которые, оставаясь неизменными, позволяют выращивать зелень, ягоды и другие растения целый год [9].

3. Экономия водных ресурсов – сравнительный анализ вертикального и традиционного сельских хозяйств показывает, что первый метод значительно снижает потребление воды. Сельскохозяйственные культуры, выращиваемые в таких хозяйствах, запускают процесс испарения. В свою очередь, этот процесс позволяет фермерам повторно применять воду для ирригационных целей. Расход воды приближается к минимуму. Таким образом, вертикальные фермы способствуют рациональному использованию природных ресурсов [14].

4. Отсутствие испорченной продукции – риск порчи продукции чрезвычайно мал или равен нулю. Особенность вертикального фермерства состоит в том, что полученный урожай потребляется непосредственно после сбора. Необходимость в транспортных расходах для перевозки продуктов из одного места в другое исключена, так как все сельскохозяйственные культуры предназначены к потреблению в черте города [14].

5. Сбор урожая круглый год [1, 2].

6. Автономность – энергообеспечение комплексов, частичную или полную автономность можно осуществить за счет:

а) использования энергии солнца и ветра, к тому же солнечные панели и ветрогенераторы можно расположить даже на самом здании фермы;

б) применения биомассы (отходов производства ферм) для получения энергии в процессе компостирования либо предполагается, что в специальных метантанках анаэробные бактерии будут перерабатывать органические отходы ферм в метан, сжигание которого обеспечит ферму теплом и электричеством [1]. В будущем вертикальные фермы должны быть с нулевым потреблением энергии [2].

7. Защита природы – комплексы способствуют сохранению природных ландшафтов, нормализуя функционирование естественной экосистемы. Также освобожденные территории могут использоваться для выращивания культур, которые невозможно вырастить без земли или для посадки лесов [1].

8. Снижение затрат – города, ранее не приспособленные для ведения сельского хозяйства, превращаются из пассивных в активные центры производства продукции этой отрасли, тем самым значительно снижая затраты на доставку, транспортировку и хранение продукции [1].

9. Создание новых рабочих мест [1].

10. Выращивание импортных культур – вертикальная ферма дает возможность выращивать экзотические импортные культуры, которые сложно вырастить даже в условиях обычных теплиц [1].

Примеры вертикальных ферм

Fodder Works. Роботизированная система для выращивания зеленой биомассы – так называемая вертикальная ферма. Роботизированная система с производительностью 1 т кормовых ростков в день. Стоимость системы – порядка 233 тыс. долл. США в январе 2017 г. За единицу времени эта вертикальная ферма-робот выращивает на 400 % больше биомассы, чем человек. Среди других достоинств – ферма практически не нуждается в плодородных почвах, а также потребляет меньше воды по сравнению с обычными сельскохозяйственными угодьями [3].

Mirai Corp в Японии – самая большая вертикальная ферма в мире площадью 25 тыс. м². Для работы ей нужно на 40 % меньше энергии, на 80 % меньше удобрений и на 99 % меньше воды,

чем обычной. А продуктивность увеличилась в 100 раз – в день там выращивают 10 тыс. головок латука [7].

AeroFarms в США – одна из самых больших вертикальных ферм в мире – размещается в здании бывшего сталелитейного завода в Нью-Джерси. Благодаря глубокому пониманию биологии растений, компания сегодня выращивает более 550 различных сортов фруктов и овощей. Местным растениям не требуются солнечный свет и земля, а также ей нужно в 20 раз меньше воды, чем традиционной ферме [7].

В России к ним можно отнести проект осетровой фермы в д. Антоново Шеметовского поселения, состоящий из рыбных бассейнов под крышей и вертикальных ферм для различных культур. Отработанная вода с фермы является питательным субстратом для растений, выращиваемых по гидропонной технологии [1].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вертикальные фермы способны в будущем перевернуть мир сельского хозяйства из-за значительного перевеса преимуществ, главное из которых – это нанесение минимального вреда окружающей среде при сохранении больших площадей земли для других нужд. Также сити-фермы решают две главные проблемы: сложность доставки зелени в маленькие города, а также сохранение высокого качества выращиваемой продукции с минимальным использованием пестицидов и специальных удобрений [12].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Привалова, М. А. Вертикальные фермы / М. А. Привалова // Молодые ученые – ускорению научно-технического прогресса в XXI веке : сб. материалов IV Всерос. науч.-техн. конф. аспирантов, магистрантов и молодых ученых с междунар. участием, Ижевск, 20–21 апр. 2016 г. / М-во образования и науки Рос. Федерации, Ижев. гос. техн. ун-т им. М. Т. Калашникова ; отв. за вып. А. П. Тюрин, В. В. Сяктерева. – Ижевск, 2016. – С. 783–787.
2. Ерден, Е. Е. Вертикальные фермы – современное решение вопросов сельского хозяйства / Е. Е. Ерден, Ш. Ж. Суранкулов // Евраз. науч. об-ние. – 2019. – № 11-1 (57). – С. 40–42.
3. Бойко, А. Вертикальные фермы и робототехника [Электронный ресурс] / А. Бойко. – Режим доступа: <http://robotrends.ru/robotopedia/vertikalnye-fermy-i-roboty>. – Дата доступа: 24.10.2022.
4. Хапчаев, А. А. Вертикальные фермы / А. А. Хапчаев // Современные информационные технологии в образовании, науке и промышленности : сб. тр. XII Междунар. конф. и X Междунар. конкурса науч. и науч.-метод. работ, М., 15–16 февр. 2019 г. / Регион. отд-ние обществ. орг. «Междунар. акад. информатизации» [и др.] ; отв. ред. и сост. В. В. Серов, Т. В. Пирязева. – М., 2019. – С. 65–67.
5. Вертикальная ферма [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Вертикальная_ферма. – Дата доступа: 24.10.2022.
6. Вертикальные фермы [Электронный ресурс] // Промгидропоника: магазин прогрессивного растениеводства. – Режим доступа: <https://www.promgidroponica.ru/vertikalnyefermy>. – Дата доступа: 24.10.2022.
7. Калач, Е. Вертикальные фермы – попытка примирения городской и сельской жизни / Е. Калач // Звезда. – 2022. – 30 студ. – Режим доступа: <https://zviazda.by/ru/news/20220128/1643368923-vertikalnye-fermy-popytka-primireniya-gorodskoy-i-selskoy-zhizni>. – Дата доступа: 24.10.2022.
8. Иконописцева, О. Г. Экоархитектура вертикальных ферм как новая типология агропромышленных зданий городского хозяйства будущего / О. Г. Иконописцева // Изв. Сам. науч. центра Рос. акад. наук. Соц., гуманитар., мед.-биол. науки. – 2018. – Т. 20, № 3. – С. 34–41.
9. Дмитриева, А. С. Вертикальные фермы – новая тенденция в сельском хозяйстве / А. С. Дмитриева // Хроноэкономика. – 2019. – № 6 (19). – С. 35–38.
10. Капелюк, З. А. Вертикальное сельское хозяйство как новая концепция развития аграрного сектора / З. А. Капелюк, А. А. Алетдинова // Интернет-журн. Науковедение. – 2017. – Т. 9, № 6. – С. 52.
11. Вертикальные фермы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://future.fandom.com/ru/wiki/Вертикальные_фермы. – Дата доступа: 24.10.2022.
12. Despommier, D. The vertical farm: feeding the world in the 21st century / D. Despommier. – New York : Thomas Dunne Bks : St. Martin's Press, 2010. – 305 p.
13. Долотказина, Н. С. Вертикальные фермы как пространства сосуществования природы и человека / Н. С. Долотказина, А. Т. Рахимбердиев // Перспективы развития строительного комплекса : материалы XV Междунар. науч.-практ. конф. проф.-преподават. состава, молодых ученых и студентов, Астрахань, 19–20 окт. 2021 г. / Астрах. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Астрахань, 2021. – Т. 15. – С. 47–52.
14. Бурмистрова, Э. В. Вертикальные фермы / Э. В. Бурмистрова, А. В. Сагалаев // Строительство и архитектура – 2015 : материалы междунар. науч.-практ. конф., Ростов н/Д., 26–27 нояб. 2015 г. / Рост. гос. строит. ун-т, Союз строителей Юж. федер. округа, Ассоциация строителей Дона. – Ростов н/Д., 2015. – Т. 4. – С. 113–115.

VERTICAL FARMS AS A NEW TREND IN AGRICULTURE

A. A. ZMUSHKO, A. V. KIRCHENKO

Summary

A vertical farm is a generic term for automated agro-industrial systems designed for growing vegetables, greens, mushrooms and fish in vertically arranged tiers in order to provide food for urban population. A vertical farm can be a complex robotic device or specialized robots can be used in separate areas therein. As a rule, these are multi-tiered greenhouses or racks filled with greens and illuminated by LEDs. Artificially created and controlled environment makes it possible to reduce the use of pesticides, as well as water and energy consumption. The methods of vertical agriculture include aquaponics, hydroponics and aeroponics. The founder of vertical farming is thought to be an American professor of ecology and microbiology Dickson Despommier. Vertical farms have a number of advantages compared to traditional rural farms.

Keywords: vertical farm, greenhouses, robots, aquaponic, hydroponics, aeroponic.

Поступила в редакцию 23.03.2023