

УДК: 631.115:631.145

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА В ЭКО-АГРОПАРКАХ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В ОСВОБОЖДЕННЫХ ОТ ОККУПАЦИИ ТЕРРИТОРИЯХ АЗЕРБАЙДЖАНА

Исрафил Ибрагим оглы Исмаилов, д-р техн. наук, проф., член РАЕН

Советник председателя Правления ОАО «Агросервис»

e-mail: i.israfil@agroservis.gov.az

Резюме

Анализ опыта и исследований показал, что эко-агропарки (ЭАП) являются одним из эффективных решений для повышения устойчивости и производительности сельского хозяйства. В статье установлена модель функциональных взаимосвязей между основными структурными единицами ЭАП-ов в условиях освобожденных от оккупаций территорий Азербайджана, которая обеспечивает процесс производства-переработки-транспортировки-упаковки-реализации и может оперативно реагировать на изменение внешних условий. Построена математическая модель, отражающая влияние входных параметров ее подразделений на выходные параметры путем рассмотрения процесса производства, транспортировки, первичной переработки, упаковки, логистического обслуживания, агротехнического и технического сервиса, а также распределения готовой продукции по объектам реализации в ЭАП-ах как единой поточной линии. Для оптимизации бесперебойной работы поточной линии процесс рассматривался как система массового обслуживания и определялись ее основные параметры. С использованием современной универсальной и наиболее приемлемой методики проведен сравнительный анализ преимуществ ЭАП-ов и дана оценка их экономической эффективности. Установлено, что потребность в рабочей силе в ЭАП-ах может быть снижена примерно на 40 процентов, а экспортный потенциал может быть увеличен за счет повышения конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции.

Ключевые слова: *эко-агропарки, функциональные связи, устойчивость, продуктивность, бесперебойная работа, оптимизация, система массового обслуживания, экономическая эффективность.*

Введение

В Азербайджане большое значение имеют ЭАП-и, созданные с целью устойчивого и более интенсивного развития аграрного сектора, повышения уровня занятости населения в селах и улучшения уровня жизни. Начиная с 2014 года в рамках надежного партнерства в государственно-частном секторе начато создание 51 агропарка на общей площади 239312 га в

32 районах республики. По состоянию на 2025 год в республике действуют 24 агропарка на площади 66,3 тыс. га в 22 регионах, 23 агропарка уже начали работу, в 1 агропарке ведутся строительно-монтажные работы. По направлению 11 агропарка специализируются на растениеводстве, 6 - на садоводстве, 6 – на животноводстве, 1 – на сортировке, упаковке, переработке и логистике [1], [2].

В настоящее время продолжается строительство «Агропарк Dost», фундамент которого был заложен в Зангиланском районе Восточного Зангезура Президентом Азербайджана господином Ильхамом Алиевым и Президентом Турции господином Реджепом Тайипом Эрдоганом 26 октября 2021 года. В агропарке, первая очередь которого сдана в эксплуатацию, планируется производить растениеводческую продукцию на площади 6000 гектаров под брендом «Made in Karabakh» и разводить 10 тысяч голов скота. В создание здесь экосистемы будет инвестировано в общей сложности 100 миллионов долларов [3].

По последним данным, на создание 51 агропарка потрачено 2,3 миллиарда манатов. Кроме того, в целях создания или расширения деятельности агропарков была оказана государственная поддержка в размере 147 миллионов манатов [4].

Государственная Программа «Великое Возвращения» и несомненно требует комплексного подхода, который включает внедрение устойчивой механизации, использование инновационных технологий и адаптацию к климатическим условиям региона. Важным направлением является учёт глобальных тенденций в области механизации и ведении сельского хозяйства, таких как применение автоматизированных систем, цифровых технологий и инновационных методов управления ресурсами. Более надежным и ключевым формам в этой направлении принимаются «Умные фермы» и эко-агропарки, которые являются инновационными практическими методами современного сельского хозяйства. Азербайджан, обладая богатым аграрным потенциалом, имеет благополучные условия и все шансы стать лидером в области экспорта экологически чистых и конкурентоспособных сельскохозяйственных продуктов и устойчивого сельского хозяйства [5].

Хотя существуют большие земельные и водные ресурсы для интенсивного развития сельского хозяйства, возможности использования этих ресурсов, безусловно, ограничены с точки зрения безопасности. Минирование не только сельскохозяйственных земель, но и всей территории в Карабахе и в Восточном Зангезуре в период оккупации армянами замедляет быстрое развитие сельского хозяйства и в то же время представляет собой жизненную угрозу жизни и работе людей.

Поэтому в условиях ограниченного использования природных ресурсов создание и использование эко-агропарков на основе передовых инновационных решений и методов ведения сельского хозяйства с цифровыми технологиями считается единственно правильным подходом.

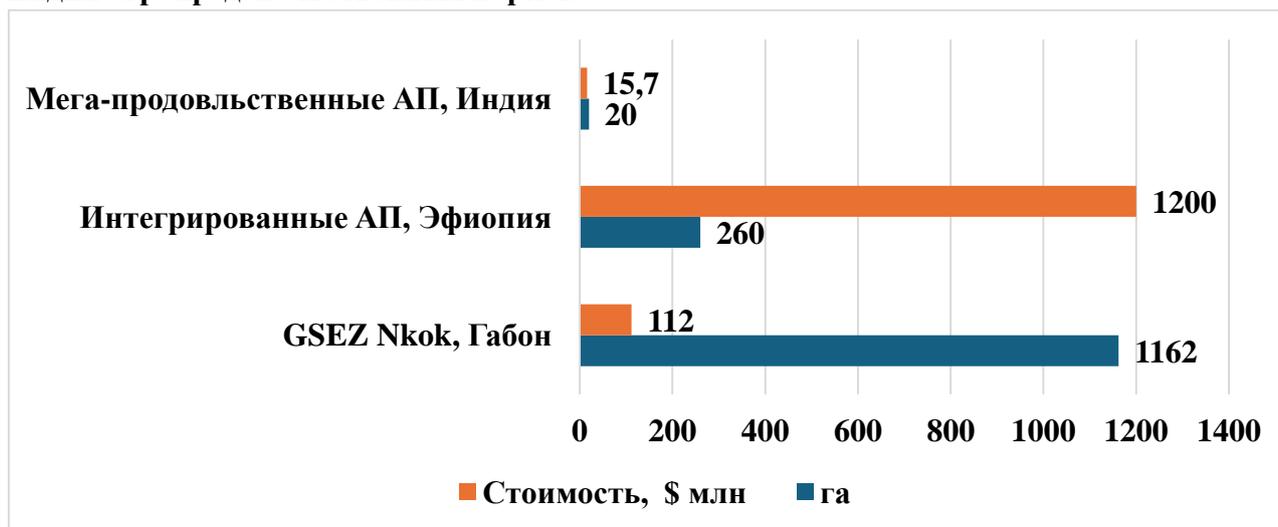
Материалы и методы

На основе анализа агропарков, оснащенных современными технологиями и инновациями, действующих в странах мира с 1950 года, можно сделать вывод, что для обеспечения эффективной работы существующих и создаваемых в будущем республике ЭАП-ов более целесообразным является их формирование, из следующих оптимальных

структурных единиц, как производственные зоны, перерабатывающие предприятия, технические центры, логистические узлы, сети маркетов и торговых точек, научно-исследовательские подразделения, цеха по упаковке и переработке [6].

По данным ФАО, некоторые показатели, как объем посевных площадей и стоимость существующих в Африке и в Индии агропродовольственных парков представляется на рисунке 1.

Рисунок 1. Объем посевных площадей и стоимость существующих в Африке и в Индии агропродовольственных парков



Источник: составлен автором по данным [6].

Цели и направления этих структурных единиц можно констатировать по следующему:

Производственные зоны: объединяют основные сельскохозяйственные процессы, включая полеводство, садоводство и животноводство. Эти зоны оснащены современной техникой для механизированной обработки полей и ухода за растениями и животными.

Перерабатывающие предприятия: включают линии для сортировки, очистки, переработки и упаковки сельскохозяйственной продукции. Например, производство молочных и мясных продуктов, обработка зерновых, переработка овощей и фруктов в соки, консервы и замороженные продукты, а также переработка зерна в муку и корма.

Технические центры: обеспечивают ремонт и обслуживание сельскохозяйственной техники. Эти центры также предоставляют обучение механизаторам и обслуживание инновационных решений, таких как системы автоматического управления техникой.

Логистические узлы: обеспечивают складирование, транспортировку и распределение продукции и тары. Это включает в себя охлаждаемые склады для хранения свежей продукции и транспортные сети для быстрой доставки на внутренние и внешние рынки.

Сети маркетов и торговых точек: обеспечивают прямую продажу готовой продукции, включая упаковку для супермаркетов и экспортные партии. В рамках ЭАП-ов может быть создана собственная сеть магазинов с фокусом на экологически чистую продукцию.

Научно-исследовательские подразделения: занимаются внедрением инноваций, адаптацией технологий и проведением исследований для повышения урожайности, снижения затрат и устойчивого использования ресурсов.

Цеха по упаковке и переработке: отвечают за обработку и упаковку продукции, готовой к реализации. Например, линии для мойки, сортировки, резки и вакуумной упаковки овощей, фруктов и мясной продукции.

Теоретические предпосылки

Структурные и функциональные связи: каждая единица ЭАП-а взаимодействует через общий управленческий центр. Например, данные с производственных зон поступают в научно-исследовательские центры для анализа и оптимизации технологий. Логистические узлы обеспечивают транспортировку продукции, а технические центры поддерживают бесперебойную работу оборудования.

Функциональная схема связи структурных единиц ЭАП-ов представляется на рисунке 2.

Рисунок 2. Функциональная схема связи структурных единиц эко-агропарков

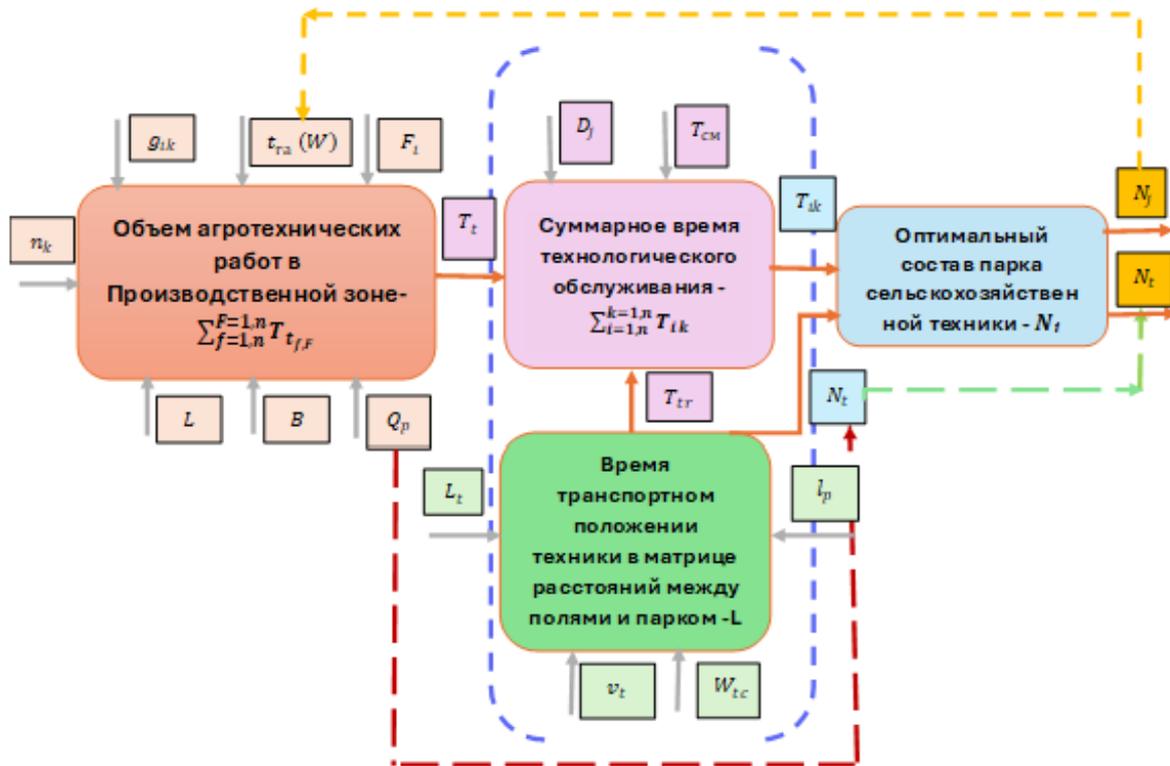


Источник: составлен автором.

Как видно из рис. 2, в данной функциональной схеме показаны направления деятельности каждого структурного подразделения ЭАП-а, взаимодействие всех структурных подразделений, включая производство, сервис, первичную обработку, перерабатывающие и упаковочные линии, логистическую сеть, технический центр, сети маркетов и торговых точек, научно-исследовательское подразделение. Составленная функциональная схема считается важным документом при проектировании эко-агропарков и одним из обязательных условий их управления, с учетом оперативного реагирования на изменения внешних условий.

Функциональная модель определения оптимального состава парка сельскохозяйственной техники для ЭАП-ов представлена на рисунке 3.

Рисунок 3. Функциональная модель определения оптимального состава парка сельскохозяйственной техники для эко-агропарков



Источник: составлен автором.

Для определения потребности в сельскохозяйственной технике и транспортных средствах с учетом постоянного мониторинга климатических данных, состояния почв и спроса на перерабатываемую продукцию используются входные и выходные параметры подсистемы производственной зоны.

На основе данных представленных на рис 3. функциональную зависимость входных и выходных параметров для каждой подсистемы можно представить в виде математического выражения [7], [8], [9]:

Для технологической времени агротехнических работ:

$$F_{at}(T_t) = f(n_k, g_{ik}, t_{ra}, F_i, L, B, Q_p), (1)$$

Для суммарной времени технологического обслуживания с учетом времени транспортных работ:

$$F_{ct}(T_{ik}) = f(D_j, T_{cm}, T_{tr}, L_t, v_t, l_p, W_{tc}), (2)$$

Для оптимального состава машинно-тракторного парка с выходными параметрами:

$$F_{oc}(T_{ik}) = f(T_t, T_{tr}, T_{ik}, N_t), (3)$$

С учетом выражений (1-3) функциональная зависимость оптимального состава машинно-тракторного парка и транспортных средств от системы можно представит по следующему в математическому выражении:

$$F(N_j, N_t) = f(n_k, g_{ik}, t_{ra}, F_i, L, B, Q_p, D_j, T_{cm}, L_t, v_t, l_p, W_{tc}), (4)$$

Где обозначения в правой части формулы (4) есть выходные параметры для определения объема агротехнических работ:

- n_k - обрабатываемые культуры, ед.;
- Q_p - объем производства продукции растениеводства, т;
- g_{ik} - урожайность культур, т/га;
- $\sum_{i=1}^k F_i$ - общая площадь посевов, га;
- L и B – длина и ширина полей, м;
- $t_{га}$ - время обработки одного гектара по видам культур и агротехнических операций, ч/га.

Для определения суммарной времени технологического обслуживания:

- D_j - количества рабочих дней по агротехническим требованиям, день;
- $T_{см}$ - время смены, ч.
- L_t - матрица расстояний между полями ЭАП-а, км;
- v_t - рабочая скорость машинно-тракторного агрегата в транспортном положении, км/ч;
- l_p - расстояние между полями и перерабатывающим предприятием, км;
- W_{tc} - сменная производительность транспортного средства, ткм/ч.

Обозначения в левой части формулы (4) есть выходные параметры:

- T_t - общее время технологического обслуживания, ч;
- T_{ik} - суммарное время технологического обслуживания с учетом времени в транспортном положении, ч;
- N_j - количество машинно-тракторных агрегатов, шт.;
- N_t - количество транспортных средств для перевозки производимой продукции сельского хозяйства на перерабатывающей предприятии, км.

Поскольку структурные подразделения ЭАП-ов функционально взаимосвязаны, а выходные параметры предыдущего структурного подразделения являются входными параметрами последующего структурного подразделения, возникает необходимость оптимизации технологического процесса с целью обеспечения эффективности технологических процессов, машин и оборудования, предотвращения простоев и перегрузок, организации слаженной работы всего технологического процесса.

Оптимизация технологических процессов в эко-агропарке

Вопрос оптимизации технологических процессов между структурными единицами поточных линий имеет большое значение для непрерывно действующих технологических линий, что характерно для некоторых отраслей промышленности. Оптимизация поточных технологических линий всегда была предметом научных исследований, так как является ключевым фактором повышения эффективности работы уборочно-транспортных комплексов и перерабатывающих предприятий аграрного сектора [7], [10], [11]. По мнению Киртбая Ю.К. [10] во всех случаях организации процесса поточным методом создается непрерывный технологический процесс за счет соблюдения определенной последовательности взаимосвязанных операций.

В физическом смысле поточное производство предполагает организацию технологических линий, в которых обрабатываемый материал подвергается воздействию рабочих органов групп машин и оборудования, образующих поточные связи. На сложных

объектах, таких как эко-агропарки, поток может состоять из одной или нескольких технологических линий. Поток может быть непрерывным или прерывистым, поскольку отдельные звенья потока воздействуют на обрабатываемый материал с разными интервалами [13].

В исследовании М.В. Волковой [15], изучающей вопрос организации работ на поточных линиях, установлено, что организационно-экономические проблемы возникают из-за различной продолжительности операций на технологических линиях. Здесь выделены такие проблемы, как координация работ на предприятиях, организация работы многостаночных цехов, сокращение оборотных резервов. В работе исследовались два варианта взаимодействия технологических линий: случаи, когда производительность первой больше производительности второй, и наоборот, когда она меньше.

В обоих случаях предпринимаются попытки решить проблему путем разработки метода планирования, чтобы предотвратить простои оборудования и сотрудников, но это требует много времени и вряд ли обеспечит точное выполнение.

Оптимизация поточных технологических линий в сельском хозяйстве требует применения более точных математических методов, так как она зависит от сезонности работ, их зависимости от погодных-климатических условий, различной производительности взаимосвязанных технологических линий, различных режимов их работы [14].

Учитывая, что данный вопрос является предметом обширного научного исследования, мы хотели бы ограничиться рассмотрением некоторых аспектов оптимизации полного технологического цикла технологического процесса в ЭАП-ах с целью его практического решения.

В частности, расширение применения цифровых технологий в сельском хозяйстве сделало эту проблему еще более актуальной. С этой точки зрения возникает идея оптимизации полного цикла технологического процесса как цели, направленной на обеспечение того, чтобы в структурах ЭАП-а последовательно, бесперебойно и без перегрузок осуществлялись такие технологические процессы, как производство, транспортировка, первичная переработка, упаковка, логистическое обслуживание, оказание агротехнических и технических услуг, распределение готовой продукции по рынкам сбыта и непосредственная доставка в точки сбыта.

Условия непрерывности потока является равенство производительности по всем звеньям технологической линии, за определенное время работы [9]:

$$n_1 \cdot W_1 = n_2 \cdot W_2 = n_i \cdot W_i \cdots n_k \cdot W_k, (5)$$

где:

n_k - число звеньев технологической линии ЭАП-а;

W_k - производительность звеньев технологической линии ЭАП-а за определенной промежуток времени, в данном случае за час, смены, день и за сезон.

Для обеспечения непрерывности потока взаимосвязанные звенья технологической линии должны иметь определенные соотношения времени цикла, например, для линии производственные зоны при уборке зерновых, для транспортировки убранного зерна, транспортировки продукции на перерабатывавшей предприятии и на упаковочные цеха или линий, на сети маркетов и открытые торговые пункты. При этом время циклов взаимосвязанных звеньев могут быть не постоянными из-за влияния различных факторов и поэтому должны быть отнесены к категории случайных значений. Попытки выравнивания значения циклов может вызывать простои взаимодействия звеньев, что способствует снижению производительности потока и увеличению потерь продукции и затрат, что является нежелательным. Поэтому взаимодействие взаимосвязанных звеньев потока в ЭАП-е может рассматриваться как система

массового обслуживания, в которой рассматриваемое ведущее звено является обслуживаемым, а другие взаимосвязанные с ним звенья – обслуживающим [16].

В данном случае поток требований между взаимосвязанных звеньев на обслуживание с большей вероятности относится к простейшим, то есть обладающих свойствами стационарности, ординарности и отсутствия последствия, и выражается законом [6], [10], [11].

С целью оптимизации бесперебойной и без перегрузочной работы технологической линии технологический процесс рассматривался как система массового обслуживания и определились параметры системы, как интенсивность поступления требований и пропускная способность системы.

Практические примеры. Пример из Турции (модель TIGEM): интеграция научных исследований и практических решений в рамках эко-агропарков, что позволяет увеличить продуктивность на 30% [17].

Основной задачей является достижение **максимальной эффективности при минимальных затратах ресурсов**. Практическая реализация концепции требует применения современных цифровых технологий, таких как сенсоры, дроны, и системы управления, которые позволяют оперативно принимать решения.

Для описания ЭАП-ов следует рассмотреть процесс постоянного улучшения эко-агропарка или выход за пределы требований эффективности ЭАП. Учитывая предпосылки ЭАП и требования к эффективности первым условием при создании общей структуры является соблюдение местных и национальных правил и соответствие международным стандартам.

При этом как основные категории и темы принимаем: эффективность управления ЭАП-ом, экологическая эффективность, социальная эффективность и экономические показатели.

Описание процесса постоянного улучшения ЭАП-а или выход за пределы требований эффективности ЭАП представляется на рисунке 4.

Рисунок 4. Общая структура для описания эко-агропарков

Процесс постоянного улучшения: выход за пределы требований эффективности эко-агропарков – ЭАП



Источник: составлен автором на основе данных [4].

Обсуждения

Положительные стороны и экономическая эффективность эко-агропарков.

Целесообразно выделить универсальные и наиболее приемлемые индикаторы для выяснения положительных сторон умных ферм и ЭАП-ов и их экономической эффективности. На основании проанализированных литературных источников и результатов научных исследований, полагаем, что такими показателями для умных ферм могут быть следующие индикаторы: ***эффективность использования ресурсов, повышение производительности, экологические преимущества, экономическая отдача.***

Преимущества, конкретные технологии и практики для ЭАП-ов.

Для оценки положительных сторон и экономической эффективности ЭАП-ов можно использовать следующие наиболее информативные индикаторы: ***экономия за счет масштаба, интегрированные цепочки создания стоимости, создание рабочих мест, возможности экспорта.***

1. Экономия за счет масштаба: Обеспечением орошения в Турции занимается в основном организация TIGEM, которая обеспечивает продовольствием людей и кормами скот. Учитывая особые требования, предъявляемые к земледелию из-за засушливого климата, местоположения и расстояний, зависимости от орошения и слабости технологий, для системы орошения, TIGEM была создана обширная сеть радиомаршрутизаторов SATELLAR IP [17].

По сообщениям в турецких проектах TIGEM централизованное производство, переработка и дистрибуция снижают эксплуатационные расходы на 25% [17].

2. Интегрированные цепочки создания стоимости: Как отмечалась выше, ЭАП-и объединяют сельское хозяйство, переработку и логистику, добавляя ценность сырью и обеспечивая прибыльность по всей цепочке поставок.

3. Создание рабочих мест: ЭАП-и нанимают квалифицированных и неквалифицированных рабочих для производства, переработки и дистрибуции, что вносит значительный вклад в экономику сельских районов.

4. Возможности экспорта: Высококачественная переработанная сельскохозяйственная продукция открывает доступ к премиальным рынкам, увеличивая валютные поступления.

Конкретные технологии для эко-агропарков и экономическая эффективность.

В мировой практике для повышения эффективной работы эко-агропарков в условиях повышенной конкуренции модернизация технологий и оборудования всегда уделяется должное внимание. Несмотря на различия в состоянии финансового обеспечения и наличия ресурсов, целесообразнее рассматривать образцовые технологии передовых ЭАП-ов в зависимости от достигнутых достижений и уровня внедрения инноваций. Анализ технологической обеспеченности некоторых передовых ЭАП-ов в разных странах показывает, что для их успешной и эффективной работы, предпочтение отдается следующим технологиям и установкам, зарекомендовавшим себя с точки зрения технико-экономических, технологических и надежных показателей: ***централизованные логистические системы, интеграция возобновляемых источников энергии, автоматизированные перерабатывающие установки, платформы управления на основе данных.*** Для пояснения эффективности указанных технологий и установок считаем целесообразным применения

индикаторы, как *описание функциональности, ключевая особенность и практические примеры*.

Результат анализа некоторых технологий и установок, применяемых в передовых ЭАП-ах, представляется в таблице.

Таблица. Результат анализа некоторых технологий и установок, применяемых в передовых ЭАП-ах

Страна, технология и установка	Индикаторы		
	Описание функциональности	Ключевая особенность	Практические примеры
Канада-централизованные логистические системы	Автоматизированные склады с контролем температуры для хранения и распределения	Снижает порчу, поддерживая оптимальные условия для свежей продукции	AgriLogistics Center, сокращающий потери после сбора урожая на 30%
Индия- интеграция возобновляемых источников энергии	Солнечные панели и биогазовые установки, интегрированные в инфраструктуру	Обеспечивает энергетическую независимость при снижении выбросов углерода	ЭАП-и на солнечных батареях снижают зависимость от сети на 60%.
Турция-автоматизированные перерабатывающие установки	Оборудование для мойки, сортировки и упаковки фруктов и овощей	Стандартизированное качество для экспортных рынков	ЭАП-и с автоматизированными упаковочными линиями для готовой к экспорту продукции
Германия-платформы управления на основе данных	Платформы на базе ИИ для оптимизации севооборота, графиков орошения и борьбы с вредителями	Улучшает принятие решений и использование ресурсов	Smart Farm Net используется для комплексного управления фермерским хозяйством

Источник: составлен автором.

На основе вышеуказанных рассуждений можно констатировать, что возрождение Карабахских земель требует комплексного подхода, который включает внедрение устойчивой механизации, использование инновационных технологий и адаптацию к климатическим условиям региона. При этом важно использовать автоматизированные системы, цифровые технологии, инновационные методы управления ресурсами как важные направления мировых тенденций механизации сельского хозяйства. Следует отметить, что Азербайджан, обладающий богатым сельскохозяйственным потенциалом, имеет все шансы стать лидером в области устойчивого сельского хозяйства.

Долгосрочные перспективы развития сельского хозяйства в стране включают повышение уровня механизации, расширение экспортного потенциала экологически чистой продукции и внедрение технологий точного земледелия. Эти направления требуют усиленного внимания к подготовке кадров, развитию инфраструктуры и созданию устойчивых цепочек поставок, что станет основой для конкурентоспособного и экологически безопасного сельского хозяйства.

Выводы

1. Экономическая эффективность применения умных ферм и эко-агропарков можно выделить по следующим показателям экономического влияния внедрения инновационных технологий: **эффективность использования ресурсов, производительность труда, конкурентоспособность на рынке и экологические преимущества.**

2. По **производительности труда** установлено, что за счет автоматизации производственных и технологических процессов в эко-агропарках, потребности в рабочей силе сократилась в порядке на 40%.

3. **Из-за повышения конкурентоспособности сельскохозяйственных производций** и за счет высококачественных стандартизированных продуктов на рынке наблюдалась увеличения экспортного потенциала эко-агропарков.

4. С точки зрения **экологического преимущества** следует констатировать, что применения инновационных технологий позволила сократить выбросов парниковых газов и улучшить здоровья почвы в эко-агропарках, как это видно из практики точного земледелия во всем мире.

Литература

1. Агентство развития экономических зон Азербайджана.
https://ru.wikipedia.org/wiki/Агентство_развития_экономических_зон_Азербайджана
2. Azərbaycanca yaradılan yeni aqroparkların sayı açıqlanıb.
<https://iqtisadiyyat.az/az/post/azerbaycanda-yaradilan-yeni-aqroparklarin-sayi-aciqlanib-125633>
3. Президенты Азербайджана и Турции приняли участие в открытии первого этапа комплекса умного сельского хозяйства «Агропарк Dost» в Зангилане.
<https://president.az/ru/articles/view/57642>
4. В Азербайджане на создание 51 агропарка израсходовано 2,3 млрд. манатов.
<https://apa.az/ru/agro-promyshlennyj/v-azerbaidzane-na-sozdanie-51-agroparka-izrasxodovano-23-mlrd-manatov-484529>
5. How Azerbaijan adapts to new technologies in agriculture?
<https://atm.gov.az/en/news/1440/how-azerbaijan-adapts-to-new-technologies-in-agric/>
6. Guidelines for Planning, Development and Management of Integrated Agro-Food Parks (IAFPs).
<https://www.unido.org/sites/default/files/unido-publications/2023-11/Guidelines%20for%20Planning%20Development%20and%20Management%20of%20Integrated%20Agro-Food%20Parks.pdf>
7. Исмаилов И.И. Обоснование межхозяйственного использования техники и функционирования обслуживающих предприятий в сельском хозяйстве //Баку: Элм. – 2007. <https://www.ebooks.az/az/book/TQFA5N1>. Google Scholar.
8. Исмаилов И.И. Определение оптимального состава техники в обслуживающих предприятиях // Достижения науки и техники АПК. 2007. №5. с 53-54. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-optimalnogo-sostava-tehniki-v-obsluzhivayuschih-predpriyatiyah/pdf> (дата обращения: 10.02.2025). Google Scholar.

9. Исмаилов И.И. Функциональная связь товаропроизводящих и обслуживающих предприятий в сельском хозяйстве // Механизация и электрификация сел. хоз-ва. – 2005. – № 6 – С. 4–6. <https://www.m-economy.ru/art.php?nArtId=1577>. Google Scholar.
10. Киртбая Ю.К. Резервы в использовании машинно-тракторного парка. -М.; Колос,1982, 185 с.
11. Исмаилов И.И. Межхозяйственное использование техники как система массового обслуживания фермерских хозяйств //Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1998. – №. 9. – С. 4-6. Google Scholar.
12. Исмаилов, И. (Ноябрь 2021). «Инженерно-методологические основы системы обслуживания Agrouber». Экономика сельского хозяйства, №4 (38), 73. <https://agroecomics.az/ru/article/77/inzhenerno-metodologicheskie-osnovy-sistemy-obslu/?p=5>
13. Исмаилов И.И., Сулейманова Н.М. Математическая модель оптимального использования зерноуборочных комбайнов в уборочном сезоне // Тракторы и сельхозмашины. - 2013. - Т. 80. - №6. - С. 51-53. doi: 10.17816/0321-4443-65904/. Google Scholar.
14. Иовлев Г.А., Несговоров А.Г., Голдина И.И. Исследование работы и формирование состава уборочно-транспортного комплекса из зерноуборочных комбайнов зарубежного производства. *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2020; 14(4):49-56. <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2020-14-4-49-56>
15. Волкова В.М. Оптимизация организации работы многостаночников на прямоточных линиях. <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-organizatsii-raboty-mnogostanochnikov-na-pryamotochnyh-liniyah/viewer>
16. Queuing theory: Definition, history & real-life applications & examples. <https://queue-it.com/blog/queuing-theory/>
17. SCADA Tigem. Securing irrigation in Turkey. <https://www.satel.com/references/tigem/>

İ.İ. İsmayılov, *t.e.d., prof.*,
Rusiya Təbiət Elmləri Akademiyasının üzvü

Еко-агропаркларда istehsal prosesinin riyazi modeli və onların işğaldan azad edilmiş ərazilərdə tətbiqinin iqtisadi səmərəliliyi

Xülasə

Təcrübə və tədqiqatların təhlili göstərdi ki, eko-агропарклар (EAP) kənd təsərrüfatının davamlılığını və məhsuldarlığını artırmaq üçün effektiv həll yollarından biridir. Məqalədə Azərbaycanın işğaldan azad edilmiş əraziləri şəraitində uyğun EAP-ların əsas struktur bölmələri arasında istehsal-emal-daşıma-qablaşdırma-satış prosesini təmin edən və xarici şəraitdə baş verən dəyişikliklərə operativ reaksiya verə bilən funksional əlaqə modeli qurulmuşdur. EAP-larda istehsal, daşıma, ilkin emal, qablaşdırma, logistika xidmətləri, агротехniki və texniki servis göstərilməsi, hazır məhsulların satış obyektlərinə paylanması prosesinə vahid axın xətti kimi baxılaraq bölmələrinin giriş parametrlərinin çıxış parametrlərinə təsirini əks etdirən riyazi model qurulmuşdur. Axın xəttinin səlis işləməsini optimallaşdırmaq üçün prosesə kütləvi xidmət sistemi kimi baxılmış və onun əsas

parametrləri müəyyən edilmişdir. Müasir universal və ən uyğun metodikadan istifadə edilərək EAP-ların faydaları müqayisəli təhlil edilmiş və iqtisadi səmərəliliyi qiymətləndirilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, EAP-larda işçi qüvvəsinə tələbat təxminən 40 faiz azaldıla və kənd təsərrüfatı məhsullarının rəqabət qabiliyyətinin artırılması hesabına ixrac potensialı artırıla bilər.

***Açar sözlər:** eko-aqroparklar, funksional əlaqə, davamlılıq, məhsuldarlıq, fasiləsiz fəaliyyət, optimallaşdırma, kütləvi xidmət sistemi, iqtisadi səmərəlilik.*

*Doctor of Technical Sciences, Prof., I.I. Ismayilov
Member of the Russian Academy of Natural Sciences*

**Mathematical model of the production process in eco-agriparks
and the economic efficiency of their application in the liberated territories**

Abstract

Analysis of experience and research has shown that eco-agroparks (EAP) are one of the effective solutions for increasing the sustainability and productivity of agriculture. The article establishes a model of functional relationships between the main structural units of EAPs in the conditions of the territories of Azerbaijan liberated from occupation, which ensures the process of production-processing-transportation-packaging-sale and can quickly respond to changes in external conditions. This model ensures the process of production, processing, transportation, packaging, and sale while being capable of responding promptly to changes in external conditions. A mathematical model has been developed that reflects the influence of the input parameters of its subdivisions on the output parameters by considering the production, transportation, primary processing, packaging, logistics services, agro-technical and technical services, as well as the distribution of finished products to sales outlets in eco-agriparks as a single continuous flow line. To optimize the seamless operation of the flow line, the process was analyzed as a mass service system, and its key parameters were determined. Using a modern, universal, and most appropriate methodology, a comparative analysis of the benefits of eco-agriparks has been conducted, and their economic efficiency has been assessed. It has been established that the demand for labor in eco-agriparks can be reduced by approximately 40 percent, and the export potential can be increased by enhancing the competitiveness of agricultural products.

***Keywords:** eco-agroparks, functional connectivity, sustainability, productivity, seamless operation, optimization, mass service system, economic efficiency.*