

DOI 10.31483/r-168867

*Шарапова Наталья Владимировна**Шарапова Валентина Михайловна*

**ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ
УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ АПК: КАДРОВЫЙ ПОТЕНЦИАЛ,
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ**

Аннотация: исследование посвящено концептуальному и методологическому обоснованию формирования экосистемы устойчивого развития агропромышленного комплекса (АПК) в условиях трансформации национальной экономики, необходимости укрепления технологического суверенитета и обеспечения продовольственной безопасности. Доказывается исчерпанность традиционной экстенсивной модели АПК, ориентированной на сырьевой экспорт и фрагментарное субсидирование. Авторами сформирована институционально-производственная матрица, связывающая социальный (воспроизводство человеческого капитала), экономический (снижение транзакционных издержек, шеринговые модели, монетизация экологических экстерналий) и нормативно-правовой (режим землепользования) блоки. Обоснован переход от линейных цепочек создания стоимости к сетевым платформенным взаимодействиям. Предложен комплекс инструментов повышения инвестиционной привлекательности отрасли, включающий зеленые облигации, токенизацию биоактивов и обращение углеродных единиц на климатическом рынке.

Ключевые слова: экосистема АПК, устойчивое развитие, кадровый потенциал, цифровизация сельского хозяйства, углеродные единицы.

Abstract: this study provides a conceptual and methodological justification for the formation of a sustainable development ecosystem for the agro-industrial complex (AIC) in the context of national economic transformation, the need to strengthen technological sovereignty, and ensure food security. It demonstrates the exhaustion of the traditional extensive AIC model, focused on raw material exports and fragmented subsidies. The authors have developed an institutional and production matrix linking the

social (reproduction of human capital), economic (reduced transaction costs, sharing models, monetization of environmental externalities), and regulatory (land use regime) blocks. A transition from linear value chains to networked platform interactions is substantiated. A set of tools for increasing the investment attractiveness of the industry is proposed, including green bonds, tokenization of bio-assets, and the circulation of carbon units in the climate market.

Keywords: *agro-industrial complex ecosystem, sustainable development, human resources, digitalization of agriculture, carbon units.*

Трансформационные процессы в национальной экономике обусловленные необходимостью достижения технологического суверенитета и обеспечения продовольственной безопасности актуализируют переосмысление институционально-производственных подходов в агропромышленном комплексе. Традиционная система хозяйствования, основанная на экстенсивном наращении объемов сырьевого экспорта и изолированном субсидировании отдельных отраслевых сегментов, исчерпала свой адаптационный потенциал. Нарастание пространственных диспропорций, депопуляция сельских территорий, дефицит квалифицированных кадров и институционально-правовая нестабильность в сфере землепользования требуют перехода к концепции экосистемного подхода.

Применение данного подхода в аграрной сфере позволяет интегрировать в единое функциональное пространство производственные, социальные, финансовые и нормативно-правовые институты. Фундамент устойчивости в данном случае формируется под влиянием ряда экзогенных факторов: социального (кадровый потенциал); экономического (производственно-инвестиционная эффективность) и институционально-правового (правовой режим земель сельскохозяйственного назначения в соответствии с Федеральным законом №101-ФЗ «Об обороте земель сельскохозяйственного назначения и правовой статус сельских территорий согласно Федеральному закону №296-ФЗ «О развитии сельского хозяйства»).

В экономическом дискурсе XXI века категория «экосистема» претерпела существенную эволюцию, трансформировавшись из сугубо биогеоценотического понятия в полисемическую экономическую категорию, характеризующую высокоинтегрированные, платформенно-ориентированные сетевые образования. В отличие от классических корпоративных объединений (холдингов, кластеров, финансово-промышленных групп), экономическая экосистема в АПК функционирует на основе принципов самоорганизации, гибкого неиерархического партнерства и формирования синергетической ценности.

Степень научной разработанности данной темы характеризуется наличием фундаментальных трудов по теории бизнес-экосистем, экономике АПК и воспроизводству человеческого капитала на селе, аграрному земельному праву. Вместе с тем комплексное осмысление механизмов синергетического взаимодействия указанных факторов в рамках единой институциональной матрицы АПК остается недостаточно раскрытым.

Объектом исследования выступает агропромышленный комплекс и сельские территории как сложная социо-эколого-экономическая система. Предметом исследования является организационно-экономические, социальные и нормативно-правовые отношения, возникающие в процессе формирования и функционирования экосистемы устойчивого развития АПК.

Цель исследования заключается в теоретико-методологическом обосновании и разработке концептуально-практических принципов построения экосистемы устойчивого развития АПК на основе гармонизации кадрового потенциала, экономической эффективности и институционально-правового режима землепользования.

Методологический базис исследования составили институциональный, системный и структурно-функциональный анализ, теория трансакционных издержек, теория пространственной экономики, методы экономико-статистической обработки данных и математического моделирования.

Вектор современной экономической мысли демонстрирует отход от традиционных неоклассических трактовок факторов производства в сторону

институционально-эволюционной динамики. Экстраполяция категории «экосистема» в область аграрной экономики обусловлена необходимостью преодоления фрагментарности аналитического инструментария при исследовании сложных социо-природно-производственных комплексов.

В отличие от индустриальных рыночных структур, где хозяйствующий субъект рассматривается как обособленная «черная шкатулка», трансформирующая ресурсы в готовую продукцию, аграрная экосистема представляет собой полиструктурную сеть с подвижными границами. Взаимодействие агентов внутри такой сети опосредованно не только прямыми рыночными транзакциями, но и широким спектром нерыночных экстерналий, технологических сопряжений и социальных связей [1].

Теоретический базис формирования аграрных экосистем опирается на синергию трех концептуальных платформ.

1. Теории гетерогенных экономических сетей, объясняющей механизмы возникновения самоорганизующихся связей между разнородными институциональными единицами (агропредприятиями, IT-разработчиками, научно-образовательными центрами, органами публичной власти) [2].

2. Концепции пространственной экономики, учитывающей имманентную привязку аграрного производства к природно-ресурсному потенциалу конкретных территорий и специфику инфраструктурного обустройства сельских локаций [3].

3. Эволюционной теории экономических изменений, в рамках которой агро-экосистема рассматривается как динамический организм, обладающий способностью к адаптации, обучению и трансформациям под воздействием экзогенных шоков (климатических колебаний, макроэкономической турбулентности, технологических сдвигов) [4; 5].

Принципиальное отличие аграрной экосистемы от смежных экономических форм заключается в специфическом характере субсидиарности эмерджентности. Эмерджентный эффект экосистемы АПК проявляется в том, что совокупных производственный экологический и социальный результат функционирования сети

превышает сумму результатов изолированно действующих хозяйствующих субъектов. Подобный синергизм достигается за счет оптимизации потоков информации, снижения информационной асимметрии, совместного использования материально-технических и биологических активов, а также минимизации деструктивного давления на природные комплексы.

Эволюция аналитического аппарата экономической мысли характеризуется междисциплинарной экстраполяцией термина «экосистема», трансформировавшегося из биологической категории в фундаментальный экономический институт. Экономическая экосистема представляет собой гетерогенную динамически самоорганизующуюся сеть автономных хозяйствующих субъектов, создающих совместную ценность на основе институциональной, цифровой или пространственной платформы [6].

Специфика агропромышленного производства делает невозможным прямой трансфер корпоративных цифровых моделей BigTech-сектора без из существенной содержательной модификации. Аграрная система функционирует на стыке экономических законов и биологических циклов.

Таблица 1

Сравнительный анализ моделей функционирования аграрного сектора

Критерий сравнения	Традиционная цифровая/финансовая экосистема	Экосистема устойчивого развития АПК
Базовый базис	Виртуальные платформы, базы данных, сервисные приложения	Земля как главное средство производства, природно-климатический потенциал
Характер активов	Преимущественно нематериальные, финансовые и информационные активы	Биологические активы, земельные угодья, специфические средства производства
Пространственная привязка	Экстерриториальность функционирования	Жесткая пространственная локализация, привязка к инфраструктуре сельских территорий
Целевая функция	Максимизация рыночной капитализации	Синергия продовольственной безопасности сохранения плодородия почв и развития территорий

Экосистема устойчивого развития АПК определяется авторами как многоуровневая социо-эколого-экономическая саморазвивающаяся система

объединяющая агропроизводителей, сервисно-финансовые институты, образовательные центры, органы публичной власти и сельские общины на базе единого нормативно-правового и пространственно-технологического контура.

Специфика институциональной архитектуры аграрной экосистемы детерминирована проявлением закона убывающей предельной производительности земельных ресурсов и биоклиматической неопределенностью. В отличие от IT-экосистем, где предельные издержки тиражирования цифрового продукта стремятся к нулю, в аграрной сфере каждый дополнительный центр урожайности требует геометрического возрастания капиталоемкости и интенсификации биолого-химических факторов [7].

Эффективность функционирования аграрной экосистемы обусловлена уровнем институциональной сбалансированности ее базовых элементов. Как уже было упомянуто выше устойчивость формируется из трех основных компонентов, рисунок 1.



Рис. 1. Аналитическая матрица, формирующая экосистему устойчивого развития АПК

Технологическая модернизация агросферы (Сельское хозяйство 4.0) входит в противоречие с суженным воспроизводством человеческого капитала на селе [8]. Нарастающая депопуляция сельских территорий, вымывание высококвалифицированных инженерных и агрономических кадров, а также старение трудовых ресурсов формируют институциональный [9] «эффект ловушки квалификации». Применение современной высокотехнологичной техники, систем и элементов искусственного интеллекта требует от агроспециалиста кардинально новых кросс-отраслевых компетенций. Рассмотрим особенности дисбаланса кадрового воспроизводства в АПК, рисунок 2.

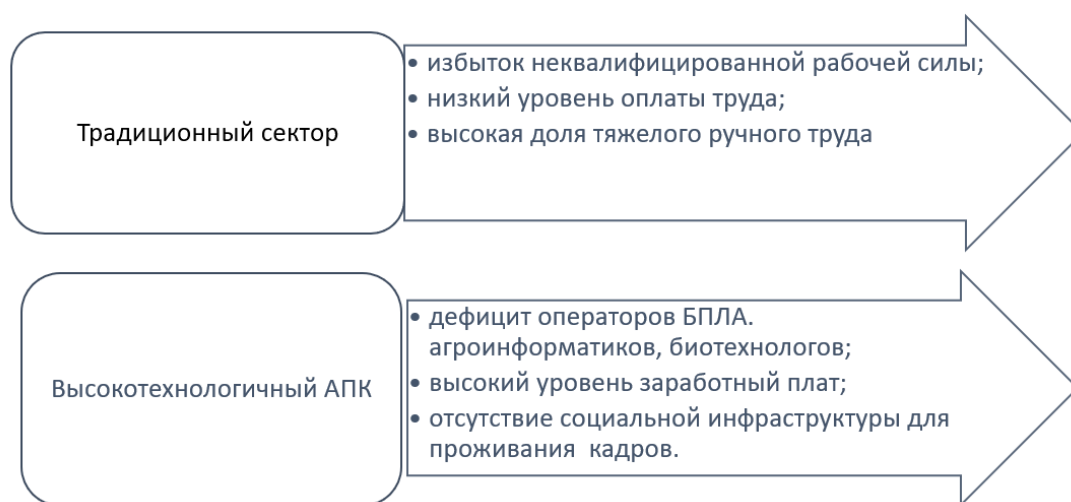


Рис. 2. Дисбаланс кадрового воспроизводства в АПК

Проблема дефицита высококвалифицированных кадров в аграрном секторе носит не просто структурный, но и системно-воспроизводственный характер. Переход к VI технологическому укладу в АПК сопровождается кардинальным усложнением функционала агрария: от традиционного выполнения механизированных операций к анализу массиву данных (Big Data), управлению беспилотными авиационными системами, робототехническими комплексами и регулированию биохимических процессов на микроуровне.

Возникший квалификационный разрыв между фундаментальной подготовкой в высшей школе и реальными запросами платформенных агропредприятий обусловлен инерционностью образовательных стандартов. Дополнительным

деструктивным фактором выступает институциональный разрыв между уровнем доходов и качеством жизни в сельской местности по сравнению с урбанизированными центрами. Это провоцирует устойчивый миграционный отток наиболее трудоспособной и обучаемой молодежи [10].

Формирование экосистемы кадрового обеспечения требует реализации принципа «сквозного компетенционного сопровождения». Данная модель предполагает преодоление фрагментарности образовательного цикла за счет создания гибких научно-производственных консорциумов. В рамках экосистемы образовательные траектории должны формироваться не изолированно, а под непосредственные технологические карты агропредприятий-участников.

Таблица 2

Изменение модели компетенций специалистов АПК
в ходе экосистемной трансформации

Базовый профессиональный профиль (Сельское хозяйство 2.0/3.0)	Обновленный экосистемный профиль (Сельское хозяйство 4.0/5.0)	Институциональный механизм формирования
Узкая агрономическая или зоотехническая специальность	Агрокибернетика, управление цифровыми двойниками биообъектов	Совместные сетевые программы ВУЗов и IT-гигантов
Реактивное обслуживание механической техники	Программирование и оперативное обслуживание беспилотных авиационных систем и автономных роверов	Сертификационные центры на базе агробизнес-инкубаторов
Линейное планирование севооборота и продаж	Анализ пространственных данных, моделирование климатических рисков	Лаборатории обработки BIG Data в АПК
Изолированное ведение хозяйства	Управление сетевыми проектами, навыки экологического аудита и ESG-отчетности	Центр трансфера технологий и агроконсалтинга

Развитие кадрового потенциала опирается на внедрение механизмов государственно-частного софинансирования агрообразования. Агропредприятия, инвестирующие в инфраструктуру высших и средних профессиональных учебных заведений (создание цифровых лабораторий, полигон точного земледелия, учебно-опытные хозяйства) получают право на налоговые преференции и приоритетный доступ к государственным программам субсидирования.

Важным институциональным элементом выступает создание реестра «цифровых сертификатов компетенций», фиксирующих освоение специалистом прикладных навыков работы с конкретными экосистемными программными продуктами и оборудованием. Это обеспечивает высокую мобильность трудовых ресурсов внутри экосистемы и снижает адаптационные издержки работодателя при найме персонала [11].

Овладение прикладными навыками работы с профильным софтом и оборудованием отражается в сертификатах компетенций. Такой подход упрощает перемещение специалистов внутри экосистемы и помогает организациям тратить меньше ресурсов на адаптацию новых сотрудников.

Чтобы решить проблему нехватки кадров стоит задействовать сквозную цепочку подготовки: «школа – агрокласс – ССУЗ (ВУЗ) – агропредприятие – центр компетенций» [12]. Важную роль здесь играют и государственные меры: льготы на возведение частного жилья, а также благоустройство поселений по программе «Комплексное развитие сельских территорий», рисунок 3.



Рис. 3. Модель непрерывного аграрного образования

Создание бесшовной образовательной траектории в сочетании с гарантированным субсидированием индивидуального жилищного строительства и формированием комфортной пространственно-бытовой среды выступает обязательным условием закрепляемости специалистов новой формации.

Экономическая трансформация аграрного сектора в рамках экосистемного подхода заключается в переходе от моноцентричных производственных структур к интегрированным цепочкам создания добавленной стоимости. Классический вариант организации аграрного производства опирается на линейные цепочки создания стоимости, характеризующиеся высокой степенью фрагментации участников, значительным временным лагом между инвестиционными затратами и получением выручки, а также критической зависимостью от внешних посредников. В рамках такой структуры субъект АПК неизбежно сталкивается с проблемой неэквивалентного межотраслевого обмена, когда большая доля создаваемой добавленной стоимости перераспределяется в пользу финансово-кредитных организаций, трейдеров и монопольных поставщиков материально-технических ресурсов.

В основе экономической эффективности экосистемы лежит действие сетевого эффекта, при котором ценность единой платформы возрастает по мере присоединения новых агентов.

Центральным механизмом оптимизации хозяйственной деятельности выступает кардинальное снижение «транзакционных издержек (издержек поиска информации, ведения переговоров, спецификации и защиты прав собственности» [13]. Оппортунистического поведения контрагентов). Интеграция субъектов в цифровую платформенную среду позволяет автоматизировать процессы контрактации с помощью смарт-контрактов и технологии распределенного реестра (блокчейн).

Центральным механизмом оптимизации хозяйственной деятельности внутри экосистемы выступает кардинальное снижение транзакционных издержек. «В традиционной аграрной экономике издержки поиска информации, ведения переговоров, заключения контрактов» [13] и «контроля за их исполнением» [14] составляют значительную часть стоимости конечной продукции. Интеграция субъектов в цифровую платформенную среду позволяет автоматизировать процессы контрактации с помощью смарт-контрактов, обеспечивать

сквозную прозрачность цепочек поставок на базе технологии распределенного реестра и минимизировать риски неисполнения обязательств.

Существенный экономический эффект достигается за счет внедрения активной части основных фондов (агрошеринг). Высокая капиталоемкость современной высокотехнологичной сельскохозяйственной техники создает существенный барьер для ее приобретения малыми и средними агропредприятиями. Экосистемный сервис агрошеринга позволяет перевести капитальные затраты в категорию операционных расходов, обеспечивая доступ к высокотехнологичным средствам производства по модели «техника как сервис». Это приводит к выравниванию технологического уровня различных групп производителей и повышению средней урожайности без сверхнормативной кредитной нагрузки на баланс малых хозяйств [15].

Отдельным фактором формирования повышенной добавленной стоимости в экосистеме является переход к принципам циркулярной биоэкономики. Традиционное агропромышленное производство характеризуется высокой отходоемкостью, что влечет за собой не только экологические риски, но и прямые финансовые потери в виде экологических платежей и штрафов. Экосистемная модель предполагает замкнутый цикл обращения веществ и энергии, при котором отходы растениеводства и животноводства становятся сырьем для смежных производств: вырабатываемый биогаз трансформируется в тепловую и электрическую энергию, а органический остаток превращается в высококонцентрированные удобрения, замещающие дорогостоящие минеральные аналоговые компоненты.



Рис. 4. Экономический механизм формирования добавленной стоимости

В целях количественной оценки экономического эффекта от перехода агропредприятий к экосистемной модели взаимодействия авторами разработана формализованная модель оптимизации совокупных затрат хозяйствующего субъекта. В традиционной системе совокупные издержки агропроизводителя C_{total} складываются из трансформационных издержек C_{transf} (прямые затраты на производство) и транзакционных издержек C_{trans} :

$$C_{total} = C_{transf} + C_{trans} \quad (1)$$

При этом транзакционные издержки в традиционной аграрной экономике описываются функцией с высокой степенью информационной асимметрии и риска.

$$C_{trans} = I_{search} + N_{neg} + C_{cont} + R_{opp} + A_{mon} \quad (2)$$

где I_{search} – затраты на поиск рыночной информации и контрагентов;

N_{neg} – издержки ведения переговоров;

C_{cont} – затраты на юридическое оформление сделок;

R_{opp} – потери от оппортунистического поведения контрагентов;

A_{mon} – издержки мониторинга исполнения договоренностей.

В условиях функционирования единой цифровой платформы экосистемы АПК транзакционные издержки трансформируются за счет автоматизации и применения смарт-контрактов. Функция транзакционных издержек в экосистеме принимает вид:

$$C(eco, trans) = \sum_{i=1..n} p_i * S_i + \Delta platform$$

где p_i – объем i -й транзакции;

S_i – фиксированная комиссия сервисного модуля платформы;

$S_i \ll (C_{cont} + N_{neg})$; $\Delta platform$ – стоимость информационно-технологического абонентского обслуживания.

Предельное снижение транзакционных издержек при интеграции хозяйствующего субъекта в экосистему выражается неравенством:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} (C_{transf} - C(eco, trans)) = \Delta Esynergy$$

где N – количество активных агентов, подключенных к экосистеме;

$\Delta Esynergy$ – эмерджентный синергетический эффект, выражающийся в абсолютном увеличении маржинальной прибыли участников за счет устранения промежуточных посреднических звеньев.

Снижение капиталоемкости достигается также за счет математического моделирования загрузки парка агрошеринга. Совокупные капитальные затраты на приобретение техника CAPEX_{trad} заменяются операционными затратами OPEX_{eco}.

Данный математический расчет доказывает, что для малых и средних форм хозяйствования экосистемная организация сервисного обслуживания снижает финансовый порог входа в высокотехнологичное производство в 2,5–3,2 раза, снимая проблему избыточной кредиторской задолженности.

Инвестиционная привлекательность экосистемной модели АПК определяется кардинальным снижением уровня рисков для институциональных и частных инвесторов [16]. Специфика аграрного сектора традиционно ассоциируется с повышенным риском, детерминированным природно-климатической неопределенностью и длинным производственным циклом. В рамках экосистемы данный риск купируется внедрением системы точного земледелия, непрерывного

космического и метеорологического мониторинга, а также алгоритмов машинного обучения для прогнозирования урожайности. Высокая точность датирования и прогнозирования производственных процессов трансформирует агробизнес в понятный и прозрачный объект для банковского кредитования и проектного финансирования.

Для активизации притока капитала в экосистему сформирован многоуровневый финансово-инвестиционный каркас, сочетающий традиционные и инновационные финансовые инструменты.

1. Инструменты государственно-частного партнерства. Задействование механизмов специального учебно-производственного и инфраструктурного субсидирования, при котором государство берет на себя расходы по подведению магистральной инженерной и транспортной инфраструктуры, а частный инвестор вкладывает средства в технологическое оснащение и биоактивы.

2. Зеленые и социальные финансовые инструменты. Выпуск специализированных аграрных зеленых облигаций для финансирования проектов почвосбережения, перехода на возобновляемые источники энергии и очистные сооружения. Наличие верифицированного ESG-профиля у участников экосистемы обеспечивает доступ к льготному кредитованию.

3. Цифровые финансовые активы и альтернативные инвестиции. Токенизация будущей урожайности и биологических активов позволяет привлекать точечные инвестиции непосредственно от конечных потребителей и розничных инвесторов, минуя громоздкие банковские институты и сокращая стоимость привлечения ресурсов.

Фундаментальным базисом, определяющим устойчивость аграрной экосистемы, выступает институционально-правовой режим земель сельскохозяйственного назначения. Земля в аграрной экосистеме одновременно выполняет роли главного средства производства, пространственного базиса и незаменимого компонента природных биогеоценозов [17]. В соответствии с Федеральным законом №101-ФЗ «Об обороте земель сельскохозяйственного назначения» регулирование оборота земельных участков направлено на предотвращение их нецелевого

использования, фрагментации и деградации. Однако существующий правовой механизм сталкивается с рядом системных барьеров; незавершенность процедур кадастрового учета невостребованных земельных долей, отсутствие эффективных стимулирующих норм по рекультивации выведенных из оборота угодий, а также неопределенность правового статуса защитных лесных насаждений на землях АПК. Формирование экосистемы требует внесения институциональных корректив в земельное законодательство:

- законодательное закрепление понятия «цифровой паспорт земельного участка сельскохозяйственного назначения», объединяющего данные ЕГРН, пространственные слои ГИС-мониторинга, показатели агрохимического обследования и историю севооборота;

- создание специализированного правового режима для вовлечения неиспользуемых земель в оборот с использованием механизмов аграрного сервитута и льготной аренды при условии реализации почвосберегающих технологий;

- гармонизация норм земельного и экологического права в части ликвидации накопленного экологического вреда за счет агроэкосистемных фондов.

Правовой режим земель сельскохозяйственного назначения в рамках экосистемного подхода должен трансформироваться из пассивной регуляторной рамки в активный экономический стимул. Традиционное правоприменение фокусируется превалярующе на фискальных и карательных функциях за нарушения земельного законодательства. Однако экосистемная парадигма требует смещения акцента на компенсаторно-стимулирующие правовые механизмы.

Специфика современного этапа заключается в интеграции института охраны земель с нормами климатического законодательства (в частности, Федерального закона №296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов»). Аграрные угодья способны эффективно связывать углерод, если землепользование базируется на щадящих методах обработки.

Отдельного внимания заслуживает коммерциализация экологических эффектов. Внедрение почвозащитных практик позволяет сельхозтоваропроизводителям не просто беречь плодородный слой, но и фиксировать CO₂ из атмосферы.

Согласно федеральному закону №296 агропредприятия получают право на запуск климатических инициатив. В рамках такой системы поглощенный углерод подлежит верификации и переводится в углеродные единицы – ликвидный актив, торгуемый на внутренних и международных рынках. Подобная экономическая модель кардинально меняет доходность АПК: происходит переход от нестабильной выручки за сырье к устойчивой прибыли благодаря глубокой переработке, сокращению издержек, продаже экоуслуг и капитализации нематериальных активов.

Однако, описанная инвестиционная привлекательность и экономическая эффективность экосистемных моделей не образуются сами по себе. Они требуют надежного технологического фундамента [18]. Монетизация экологических экстерналий, переход к гибким моделям затрат и снижение транзакционных издержек возможны лишь при наличии объективного, непрерывного контроля за биологическими и производственными процессами. Финансовые и шеринговые сервисы экосистемы получают практическую ценность только тогда, когда оцифрован каждый элемент цепочки создания стоимости – от влажности отдельного участка почвы, до темпов роста биомассы. Таким образом, экономический блок экосистемы напрямую зависит от глубины интеграции цифровых решений в био-климатический потенциал территории.

В продолжение анализа экономической эффективности экосистемного подхода следует подчеркнуть: ни одна финансовая модель или инвестпроект не сработают без инструментального обеспечения на уровне самого производства. Чтобы заявленные экономические эффекты (от снижения себестоимости за счет шеринга, до получения углеродных офсетов) превратились в реальную маржу, необходимо связать цифровой блок управления с живой биологической системой.

Основой цифровой трансформации аграрной экосистемы выступает концепция «двойников» – создание динамических цифровых двойников сельскохозяйственных угодий и биообъектов. Цифровой двойник поля объединяет

многолетние ретроспективные данные и актуальные потоки информации, поступающие от трех ключевых источников [19]:

- дистанционное зондирование Земли. Оптические и радиолокационные спутниковые снимки различного спектрального разрешения, позволяющие рассчитывать вегетационные индексы, оценивать динамику биомассы и водный стресс растений;

- сеть наземных и погруженных IoT-датчиков. Автономные сенсорные узлы, фиксирующие влажность, температуру и электропроводность почвы на разных глубинах, а также локальные метеостанции, регистрирующие сумму эффективных температур и дефицит упругости водяного пара;

- беспилотные авиационные системы. Высокодетализированная аэрофото-съемка с мультиспектральными камерами для выявления локальных очагов сорной растительности, болезней и вредителей на ранних стадиях развития посевов.

Интеграция этих данных в единую геоинформационную среду позволяет перейти от реактивного реагирования к прогностическому моделированию. Алгоритмы машинного обучения, обучение на больших массивах агрономических данных, сопоставляют фазы развития культуры с биоклиматическими условиями и выдают рекомендации по дифференцированному внесению технологических материалов. Главный практический результат применения данной архитектуры – реализация технологии дифференцированного внесения. Вместо равномерного распределения семян и агрохимикатов по всей площади, поле разбивается на внутрипольные зоны продуктивности. В зоны с высоким биоклиматическим потенциалом и достаточным запасом продуктивной влаги увеличивается норма высева и доза азотных удобрений, в то время как на деградированных или засушливых участках нормативы снижаются. Это предотвращает перерасход дорогостоящих ресурсов и устраняет химическую нагрузку на уязвимые участки экосистемы.

Параллельно с оптимизацией технологических операций происходит трансформация биологического звена. Цифровизация создает условия для развертывания технологий точного селекционного контроля и адаптивного

агропроизводства. Использование алгоритмов фенотипирования позволяет подбирать сорта и гибриды сельскохозяйственных культур, наиболее адаптированные к микроклиматическим особенностям конкретного региона или даже конкретного кластера полей.

Важным аспектом является синхронизация биологических ритмов культур с применением биопрепаратов и средств защиты. На основе данных с локальных метеостанций математические модели рассчитывают риски возникновения грибных заболеваний и определяют оптимальное «технологическое окно» для обработки. Формируемый синергетический эффект выражается в следующих ключевых показателях: повышение коэффициента использования климатического потенциала; оптимизация ресурсопотребления; восстановление естественного плодородия.

Таким образом, соединение цифровой аналитики и адаптивно-ландшафтного земледелия превращают аграрную экосистему из пассивного объекта взаимодействия в управляемую, самовосстанавливающуюся биотехническую систему. Это обеспечивает устойчивость производства к климатическим шокам при одновременном снижении себестоимости конечной продукции.

Реализация организационно-экономического механизма формирования экосистем в агропромышленном комплексе требует фундаментального переосмысления природы воспроизводственных процессов и структуры формирования стоимости в сельскохозяйственном производстве. В современной академической дискуссии все более отчетливо проявляется понимание того, что традиционные методы интенсификации и наращивания валовых объемов производства исчерпали свой институциональный и экономический ресурс. Современный агропромышленный сектор функционирует в условиях жестких ограничений, обусловленных ростом стоимости материально-технических ресурсов, нестабильностью конъюнктуры мировых и внутренних продовольственных рынков, а также нарастанием диспаритета цен между сельским хозяйством и промышленными отраслями [20]. Долгое время развитие аграрной сферы строилось на простых идеях: вложить больше ресурсов, поднять урожайность, засеять больше площадей,

получить больше сырья. Однако сегодня этот подход уперся в потолок. Техника и удобрения дорожают, цена на топливо и электричество растет быстрее, чем стоимость конечной продукции, а мировые и внутренние рынки постоянно штормит. Сельское хозяйство оказалось в ситуации, когда традиционные методы управления больше не дают прежней отдачи, а маржинальность агробизнеса неуклонно падает. В этих условиях единственный способ сохранить прибыльность – не пытаться выжать из земли максимум любой ценой, а начать по-другому организовывать хозяйственные процессы.

Экосистемная модель как раз и предлагает такой новый подход. В ее основе лежит простой принцип: объединить на одной платформе всех, кто так или иначе участвует в создании продовольствия. Это не просто фермеры и агрохолдинги, а еще и IT-компании, производители техники, финансовые структуры, ученые, логисты и государственные органы. Когда все они работают внутри единого информационного и делового пространства, возникает принципиально иная экономика. Если раньше крупный агрохолдинг стремился скупать все под свой контроль – от земли до розничных магазинов, то экосистема позволяет оставаться гибким. Организациям больше не нужно закупать огромное количество собственного оборудования или держать гигантский штат профильных специалистов, если их услуги можно быстро, недорого и прозрачно получать внутри общей цифровой сети.

Ключевая экономическая выгода такой интеграции – ощутимое сокращение затрат на поиск сведений и заключение сделок. В традиционном сельском хозяйстве фермер вынужден самостоятельно искать добросовестных покупателей, тратить время и денежные средства на переговоры, переплачивать посредникам и защищаться от неплатежей. Цифровая платформа берет эти задачи на себя за счет алгоритмов и проверенных сервисов. Прозрачные правила и постоянный контроль минимизирует риски обмана, проводя к сокращению скрытых издержек, забиравших ранее до четверти дохода и повышая чистую прибыль.

Еще одним важнейшим аспектом становится отказ от крупнобюджетных разовых покупок техники в пользу оплаты за ее непосредственное использование.

Приобретение комбайна с автопилотом и сенсорами обходится в десятки миллионов рублей, что вынуждает малые и средние хозяйства брать существенные кредиты либо отказываться от модернизации. Сервисный подход платформы позволяет заказывать обработку земли под конкретные задачи с расчетом за гектар. В результате крупные капиталовложения переходят в разряд регулярных операционных трат это разблокирует финансовые ресурсы, выравнивает денежные потоки и дает возможность инвестировать в семена. Биопрепараты и удобрения.

Параллельно меняется значение агрономической информации. Данные о составе почв, фазах вегетации, урожайности и рисках становятся полноценным экономическим активом, важным для банков, страховщиков и продавцов химии. Передавая аналитику в общую экосистему, аграрий получает льготные ставки по кредитам. Скидки на страхование или прямую оплату за информацию. Финансовым институтам это помогает мгновенно оценивать надежность заемщика без долгих проверок, снижая цену кредитов.

Аналитика помогает банкам точно оценивать надежность заемщика без затянутых проверок и требуют меньшего залогового обеспечения, что снижает стоимость кредитных денежных средств для хозяйства на несколько процентных пунктов.

Не менее важным источником доходов становится монетизация эколого-ориентированных технологий. Переход на иные способы обработки почвы, сохранение органики и грамотный севооборот не просто берегут земельные угодья, но и помогают связывать углерод. В рамках экосистемы этот факт можно подтвердить с помощью спутникового мониторинга и настенных датчиков. Сбереженный углеродный потенциал оформляется в так называемые углеродные единицы. Которые сельхозтоваропроизводитель может официально продавать на рынке. По сути, фермер начинает получать денежные средства не только за тонны пшеницы, но и за то, что сохраняет окружающую среду. Дополнительную экономию дает и разумное использование органических отходов хозяйства, когда из них производят собственные биоудобрения и энергию, снижая счета за электричество и минеральные подкормки.

Экосистемный подход снимает главную проблему аграрной экономики – неравенство между крупными игроками и мелкими фермерами. Ранее небольшие хозяйства физически не могли позволить себе дорогие программы, квалифицированный менеджмент и доступ к дешевым кредитам. Цифровая платформа дает им те же инструменты и аналитику, которыми пользуются гиганты агробизнеса. В результате малый агробизнес становится устойчивым, повышает свою маржинальность и перестает быть убыточным сектором, требующим постоянных дотаций.

Перевод регионального или национального АПК на экосистемные рельсы требует соблюдения строго регламентированной этапности. Системное внедрение организационно-экономического механизма разбивается на четыре последовательных этапа.

1. Институционально-инфраструктурный этап (1–2 года). Формирование единых стандартов обмена агроданными и протоколов совместимости оборудования. Создание региональных дата-центров и реестра базовых цифровых паспортов полей. Внесение правовых правок в законодательство о государственной поддержке сельского хозяйства с приоритизацией платформенных участников.

2. Платформенно-сервисный этап (2–3 года). Запуск базовых сервисов агрошеринга и смарт-контракта на основе технологий распределенного реестра. Развертывание опорных центров компетенций на базе ведущих аграрных вузов. Внедрение льготных банковских продуктов для субъектов, передающих верифицированные данные в платформу.

3. Биоклиматический и финансовый этап (3–5 лет). Запуск механизмов валидации и верификации углеродных проектов в сельском хозяйстве. Выход на климатические рынки с аграрными углеродными единицами. Массовая токенизация биологических активов и привлечение частных розничных инвестиций через Цифровые финансовые активы (ЦФА).

4. Этап зрелой экосистемной саморегуляции (свыше 5 лет). Полный переход к автономному управлению производственными цепочками на основе

искусственного интеллекта. Межотраслевая интеграция экосистемы АПК с экосистемами ритейла, энергетики и климатического мониторинга.

Формирование такой организационно-экономической среды позволяет выстроить устойчивую цепочку создания стоимости, которая защищена от внешних кризисов. Экономика АПК перестанет быть заложницей погодных аномалий или завышенных потребностей посредников. Она превращается в точную, просчитанную и высокотехнологичную индустрию, где прибыль формируется за счет снижения потерь высокой скорости оборота средств, использования аналитики и внедрения бережливых технологий на каждом этапе производства.

Исходя из проведенного исследования можно сделать следующие выводы. Во-первых, традиционная модель развития агропромышленного комплекса, основанная на экстенсивном увеличении ресурсов и точных субсидиях, полностью исчерпала свой экономический потенциал. Нарастающий диспаритет цен и высокие риски требуют полного перехода к экосистемной организации хозяйствования, объединяющей всех участников рынка в единую платформенную сеть. Во-вторых, главный экономический эффект экосистем проявляется в кардинальном снижении транзакционных и операционных издержек. Замена прямых покупок дорогостоящей техники сервисными моделями аренды, исключение посредников и автоматизация контрактов позволяют высвободить заблокированный капитал и повысить общую рентабельность агробизнеса. В-третьих, цифровые данные и эколого-ориентированные технологии превращаются в самостоятельные источники дохода. Верифицированная информация о полях снижает стоимость банковского кредитования, а внедрение почвосберегающих методов дает возможность получать дополнительную прибыль за счет продажи углеродных единиц и экономии на ресурсах. В-четвертых, выстраивание гибкого организационно-экономического механизма выравнивает условия конкуренции для малых и крупных хозяйств, делая весь аграрный сектор привлекательным для частных инвестиций и создавая прочную основу для продовольственной безопасности страны.

Список литературы

1. Положихина М.А. Новая индустриализация сельского хозяйства: направления, возможности и риски / М.А. Положихина // Экономические и социальные проблемы России. – 2025. – №2(62). – С. 12–51. DOI 10.31249/espr/2025.02.01. EDN HXBTZL
2. Молокова Е.Л. Теоретико-методологические аспекты применения теории сетей в исследовании академического сообщества / Е.Л. Молокова, Е.А. Ляшенко // Креативная экономика. – 2025. – Т. 19. №10. – С. 2675–2694. DOI 10.18334/ce.19.10.123966. EDN DQEMYB
3. Алтухов А.И. Сельское хозяйство и сельские территории России: состояние и приоритеты пространственного развития / А.И. Алтухов // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2025. – №9. – С. 3–15. DOI 10.31442/0235-2494-2025-0-9-3-15. EDN YGYOLG
4. Будзко В.И. Системный анализ образовательных цифровых экосистем в АПК / В.И. Будзко, В.И. Меденников // Системы высокой доступности. – 2023. – Т. 19. №1. – С. 46–58. DOI 10.18127/j20729472-202301-04. EDN KEXDUB
5. Влияние экзогенных факторов макросреды на воспроизводство кадров аграрного сектора экономики: теория и методология / И.А. Борисов, Ю.В. Шаропов, В.М. Шаропова [и др.] // Общество: политика, экономика, право. – 2023. – №11(124). – С. 93–102. DOI 10.24158/per.2023.11.12. EDN EOACQO
6. Шаравова О.И. Научные основы, организационно-технологические источники и роль экосистем в формировании цифровой экономики / О.И. Шаравова // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2025. – №1. – С. 272–281. DOI 10.56584/1560-8816-2025-1-272-281. EDN ZTWTWT
7. Шарипов С.А. Научные основы организации эффективного аграрного производства / С.А. Шарипов, М.Н. Калимуллин, Г.А. Харисов // Экономика сельского хозяйства России. – 2026. – №2. – С. 20–25. DOI 10.32651/262-20. EDN UQAFNK
8. Труба А.С. Технологическая модернизация сельскохозяйственного производства в региональных АПК: проблемы и решения (на примере Рязанской,

Липецкой и Тамбовской областей) / А.С. Труба // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2013. – №4. – С. 40–43. EDN PYHEMR

9. Шарапова Н.В. Формирование трудовых ресурсов сельских территорий Свердловской области: образовательный аспект / Н.В. Шарапова, В.М. Шарипова, Ю.В. Шарипов // Островские чтения. – 2022. – №1. – С. 244–248. EDN ZVOMVQ

10. Фадеева О.П. Сельский рынок труда в фокусе аграрного образования, вовлечения и закрепления молодых работников / О.П. Фадеева // Крестьяноведение. – 2024. – Т. 9. №3. – С. 204–228. DOI 10.22394/2500-1809-2024-9-3-204-228. EDN MHVOIT

11. Грицова О.А. К проблеме качества подготовки кадров в условиях цифровой трансформации российской системы высшего образования / О.А. Грицова, Н.В. Шарапова // Фундаментальные исследования. – 2025. – №11. – С. 136–142. DOI 10.17513/fr.43943. EDN FSQHEG

12. Семин А.Н. Организационно-экономический механизм кадрового обеспечения АПК в условиях модернизации его базовых отраслей / А.Н. Семин, Н.Я. Зиннатуллина, Р.М. Каштанов // Агропродовольственная политика России. – 2025. – №5(118). – С. 69–75. DOI 10.35524/2227-0280_2025_05_69. EDN RKOCYU

13. Гудкова Т.В. Культура фирмы в контексте экономической теории и хозяйственной практики / Т.В. Гудкова // Фундаментальные исследования. – 2011. – №4. – С. 161–167. EDN NDGTZN

14. Глушак Н.В. Трансформация экономических систем в условиях цифровизации: смена рыночной парадигмы платформенной моделью / Н.В. Глушак // Креативная экономика. – 2026. – Т. 20. №4. – С. 649–670. DOI 10.18334/ce.20.4.125078. EDN MECVWB

15. Кононкова Н.П. Развитие отношений шеринга как фактор полноценной цифровой трансформации экономики России / Н.П. Кононкова, Д.А. Михайленко // Информационное общество. – 2026. – №2. – С. 25–39. EDN WOXTNK

16. Гусманов Р.У. Инвестиционная привлекательность цифровизации АПК / Р.У. Гусманов, И.Н. Гирфанова, А.А. Аскарова // Russian Journal of Management. – 2025. – Т. 13. №9. – С. 271–280. DOI 10.29039/2500-1469-2025-13-9-271-280. EDN ZETJLR

17. Липски С.А. Постреформенное сельхозземлепользование: ключевые проблемы, их изучение, первоочередные меры по их урегулированию / С.А. Липски // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2025. – Т. 20. №9(248). – С. 570–577. DOI 10.33920/sel-04-2509-02. EDN BNQAKU

18. Шарапова Н.В. Применение инструментария систем поддержки принятия решений для повышения экономической эффективности в растениеводстве / Н.В. Шарапова, М.И. Кротов, Ю.В. Шарапов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2025. – №208. – С. 365–388. DOI 10.21515/1990-4665-208-035. EDN UXEQNQ

19. Кротов М.И. Разработка информационных систем как фактор устойчивого развития производства / М.И. Кротов, Ю.В. Шарапов // Вестник Бурятского государственного университета. – 2025. – №2. – С. 74–84.

20. Институты развития и их роль в становлении технологического уклада в АПК / А.Р. Кулов, И.С. Санду, Т.Г. Бондаренко, Н.Е. Рыженкова // АПК: экономика, управление. – 2025. – №9. – С. 39–48. DOI 10.33305/259-39. EDN NEUCAB

Шарапова Наталья Владимировна – д-р экон. наук, заведующий кафедрой бухгалтерского учета и аудита, ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», г. Екатеринбург, Россия.

Шарапова Валентина Михайловна – д-р экон. наук, профессор кафедры бухгалтерского учета и аудита, ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», г. Екатеринбург, Россия.
