



КЛИМАТИЧЕСКАЯ ПОВЕСТКА ДНЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ

Г. А. Фоменко, доктор географических наук, профессор, НПО «Институт устойчивых инноваций», Ярославский государственный технический университет, *info@pro-kad.ru*, Ярославль, Россия,
М. А. Фоменко, кандидат географических наук, доцент, АНО Научно-исследовательский проектный институт «Кадастр», *info@nipik.ru*, Ярославль, Россия,
А. В. Михайлова, кандидат географических наук, доцент, АНО Научно-исследовательский проектный институт «Кадастр», *info@nipik.ru*, Ярославль, Россия,
Е. А. Арабова, АНО Научно-исследовательский проектный институт «Кадастр», *info@nipik.ru*, Ярославль, Россия,
К. С. Ильина, доцент кафедры гидротехнического и дорожного строительства Ярославского государственного технического университета, *info@ystu.ru*, Ярославль, Россия

Аннотация. В статье рассмотрены происходящие климатические изменения и их влияние на состояние и перспективы развития сельскохозяйственного производства в Ярославской области.

С применением методологии SWOT-анализа, рекомендаций Рабочей группы по вопросам раскрытия финансовой информации, связанной с изменением климата, и инструментов риск-менеджмента проведен стратегический анализ процессов перехода сельскохозяйственной деятельности региона к климатически оптимизированному сельскому хозяйству (КОСХ), выявлены основные возможности и ограничения. Установлено, что переход целесообразно осуществлять на методологической платформе устойчивого экосистемного дизайна. Разработаны практические рекомендации по переходу к климатически оптимизированному сельскому хозяйству.

Применение полученных результатов в программах развития сельских территорий позволит адаптировать агроэкологические системы к климатическим изменениям. Внимание к вопросам перехода к КОСХ даст возможность планировать действия, необходимые для преобразования и переориентации сельскохозяйственных систем, обеспечения продовольственной безопасности и устойчивого развития сельских территорий.

Abstract. The article reviews the process of climate change and its impact on the current situation and prospects for agricultural production in the Yaroslavl Region.

1. Введение

Нарастание изменений климата — одна из самых острых мировых проблем современности¹ — определяется как значительные изменения средних значений метеорологических элементов, таких как осадки и температура, для которых средние значения рассчитывались за длительный период времени [1]. К настоящему времени в мире сформировалась глобальная климатическая повестка дня как всеохватывающая система мер ограничения антропогенных воздействий на климат и адаптации общества и экономик к происходящим изменениям в природной среде². Ее актуализация стимулируется все большим осознанием угроз нарастания климатических изменений. Как подчеркивается в последнем оценочном докладе МГЭИК³, изменение климата увеличивает риски продовольственной безопасности наиболее уязвимых групп населения;

¹ Климатический саммит лидеров стран мира по вопросам климата, который прошел 22 апреля 2021 г., подтвердил высокую актуальность этой проблемы.

² В развитие решений Киотского протокола, принятого в 1994 г., в 2015 г. принято Парижское соглашение. Борьба с изменением климата обозначена ООН в качестве одной из глобальных целей устойчивого развития (ЦУР13).

³ МГЭИК — Межправительственная группа экспертов по изменению климата.

Strategic analysis of the transition of the existing agriculture in the region to climate-smart agriculture (CSA) was carried out using the SWOT analysis methodology, recommendations of the Task Force on Climate-Related Financial Disclosures, and risk management approach. The main opportunities and limitations for the transition were identified. It has been proved that the transition should be based on the methodological foundations of sustainable ecosystem design. The article also provides practical recommendations for the transition to climate-smart agriculture.

The implementation of the results into development programs of rural areas will help to adapt agroecological systems to climate change. Orientation towards the transition to CSA will make it possible to plan the actions needed to transform and reorient agricultural systems, ensure food security and sustainable rural development.

Ключевые слова: антропо-природные системы, агроэкосистемы, климатические изменения, климатически оптимизированное сельское хозяйство, устойчивый экосистемный дизайн, физические и переходные климатические факторы, климатические риски и возможности.

Keywords: human-dominated ecosystems, agroecosystems, climate change, climate-smart agriculture, sustainable ecosystem design, physical and transitional climate risks, climate-related risks and opportunities.

оказывает широкое воздействие на торговые потоки, продовольственные рынки и стабильность цен на сельхозпродукцию и создает новые риски для здоровья человека; порождает значительную неопределенность в отношении доступности качественной пресной воды; влияет на осадки, сток и таяние снега/льда, воздействует на водность и температуру воды, а также на подпитку подземных вод.

Российская Федерация как активный участник климатической повестки дня заявила о своей приверженности цели удержания прироста глобальной средней температуры к концу XXI века в пределах «намного ниже» 2 °С сверх доиндустриальных показателей. Указом Президента Российской Федерации от 4 ноября 2020 г. № 666 определен целевой уровень снижения выбросов парниковых газов к 2030 г. до 70 % к уровню 1990 г. В послании Президента Российской Федерации Федеральному Собранию от 21 апреля 2021 г. отмечена важность вопросов изменения климата, подчеркнута необходимость адаптации к климатическим изменениям всех отраслей промышленности, в том числе и сельского хозяйства. Совет Безопасности России также уделяет значительное внимание влиянию климатических изменений на сельское хозяйство. В ходе совещания по вопросам обеспечения устойчивого развития аграрных отраслей экономики с учетом климатических изменений, которое состоялось 26 августа 2021 г., было отмечено, что в условиях потепления климата и нарастания количества неблагоприятных погодных явлений, главная задача государства — заблаговременно адаптировать сельское хозяйство к этим процессам.

Сельскохозяйственная деятельность и связанные с ней отрасли относятся к сферам, наиболее подверженным климатическому воздействию. Такое воздействие, в силу отраслевой специфики сельскохозяйственных процессов, чрезвычайно разнообразно, многосторонне и слабо предсказуемо. Как отмечается в документах Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО), изменение климата оказывает прямое и косвенное воздействие на производительность сельского хозяйства, включая изменение структуры посевных площадей, потери урожая от наводнений и засухи, распространения вредителей и болезней. Исследования влияния климатических изменений на сельское хозяйство актуализируются в свете обеспечения продовольственной безопасности растущего населения планеты. Так, в Декларации Всемирного саммита по продовольственной безопасности⁴ подчеркивается: «Для того, чтобы прокормить население мира, численность которого, как ожидается, превысит в 2050 г. 9 миллиардов человек, потребуется увеличить к этому году объем производства сельскохозяйственной продукции на 70 %».

Отсутствие полной ясности в оценке последствий от изменения климата для человечества затрудняет разработку стратегий обеспечения продовольственной безопасности настоящего и будущих поколений [2]. Тем не менее, влияние кли-

⁴ Декларация Всемирного саммита по продовольственной безопасности принята на Всемирном саммите по продовольственной безопасности (Рим, 16–18 ноября 2009 г.). URL: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/summit2009_declaration.shtml

матических изменений на сельскохозяйственное производство в Российской Федерации, прежде всего на урожайность, изучалось еще в 1980-х годах в работах С. Сиптица, С. Огневцева, Ф. Ерещко, О. Сиротенко, Х. Абашиной, В. Павловой и других; исследования, проводившиеся в ВЦ АН СССР, показали, что отклонения показателей урожайности от сложившейся тенденции были связаны именно с погодными аномалиями. Было выявлено, что изменения условий хозяйствования под влиянием климата могут как усугублять ситуацию, так и улучшать ее, в зависимости от региона [3, 4].

В целом же климатические изменения последних лет способствовали повышению интереса к тому, как нарастание изменений в физической природной среде и связанные с этим меры регулирования (тарифная политика, повышение цен и т. д.⁵) влияют на эффективность и определяют перспективы развития различных отраслей экономики. Делаются разнообразные прогнозы, разрабатываются отраслевые и территориальные климатические стратегии и планы действий по адаптации к изменению климата. По результатам выполненных исследований по выявлению последствий изменения климата для сельскохозяйственного сектора экономики (на примере Ярославской области) нами были рассмотрены следующие гипотезы:

- В условиях нарастания климатических изменений сельскохозяйственная деятельность находится под воздействием меняющихся погодных условий и усиливающегося климатического регулирования на национальном и глобальном уровнях, которые создают риски и новые возможности для развития сельскохозяйственного производства.
- Управление агроэкосистемами нуждается в повышении комплексности, многофакторности и обоснованности принятия решений и планировании технических мер. Программно-целевой подход к климатически оптимизированному сельскому хозяйству (КОСХ) (Climate-smart agriculture — CSA) должен осуществляться на методологической платформе «устойчивого экосистемного дизайна» (УЭД) (Sustainable Ecosystem Design — SED).

⁵ В Европейском Союзе принят механизм трансграничного углеродного регулирования (carbon border adjustment mechanism). Он заключается во введении платежей на товары, ввозимые на территорию стран ЕС и характеризующиеся неблагоприятными климатическими характеристиками. Механизм вступает в силу с 2023 г. Ожидается введение аналогичных механизмов углеродного регулирования и в других странах.

- Учет внешних факторов нарастания климатических рисков в агросекторе позволит принимать более выверенные и обоснованные решения по текущему управлению и стратегическому планированию сельскохозяйственного производства и связанным с ним отраслей экономики.

2. Методология

В последние десятилетия, характеризующиеся нарастанием климатических рисков и неопределенностей, решение проблем продовольственной безопасности и питания все больше связывается с отказом от узкого понимания сельскохозяйственной деятельности, как отрасли экономики и переходом к системному видению на основе устойчивого развития живых, постоянно эволюционирующих антропо-природных систем — АПС (Human-Dominated Ecosystems — HDE) или применительно к сельскому хозяйству агроэкосистем (рис. 1). Обосновано, что АПС способны поддерживать свою функциональную целостность, приспосабливаясь к переменным факторам в условиях стресса [5, 6]. Методологическая основа такого перехода — системная концепция Жизни⁶ и связанное с ней понятие жизнеспособности (resilience), что предполагает расширение классической парадигмы рациональности, многосценарное видение будущего, повышение роли категории «ответственности», как базовых предпосылок снижения неопределенностей и рисков [7]. В основе такого перехода лежит повышение ценности человеческой жизни, внимание к местным традициям обеспечения жизнеспособности домашних хозяйств и местных сообществ⁷, к их веками выработанной способности принимать рациональные и обоснованные решения в конкретной природной среде.

Адаптация признана ключевым фактором, который будет определять степень подвержен-

⁶ Основу системной концепции Жизни заложили А. Богданов, Л. фон Бергаланфи, И. Пригожин, У. Матурана и Ф. Варела, Ф. Капра, Н. Н. Моисеев, В. С. Степин и др. Согласно системному взгляду свойством живой системы являются свойства целого, а не сумма свойств отдельных его частей; в основе каждой системы — взаимоотношения (в первую очередь, связи между экологией, экономикой и социальной сферой), которые и подлежат измерению в пространстве и времени.

⁷ Программы борьбы с деградацией засушливых земель и опустыниванием часто предусматривают передачу технических решений и технологий для решения проблем, которые являются чрезвычайно сложными и имеют социальные, политические и экономические аспекты развития. Такие решения могут быть не только неудачными в удовлетворении потребностей населения засушливых земель, но и способствовать его маргинализации, тем самым усугубляя коренную причину бедности сельского населения.

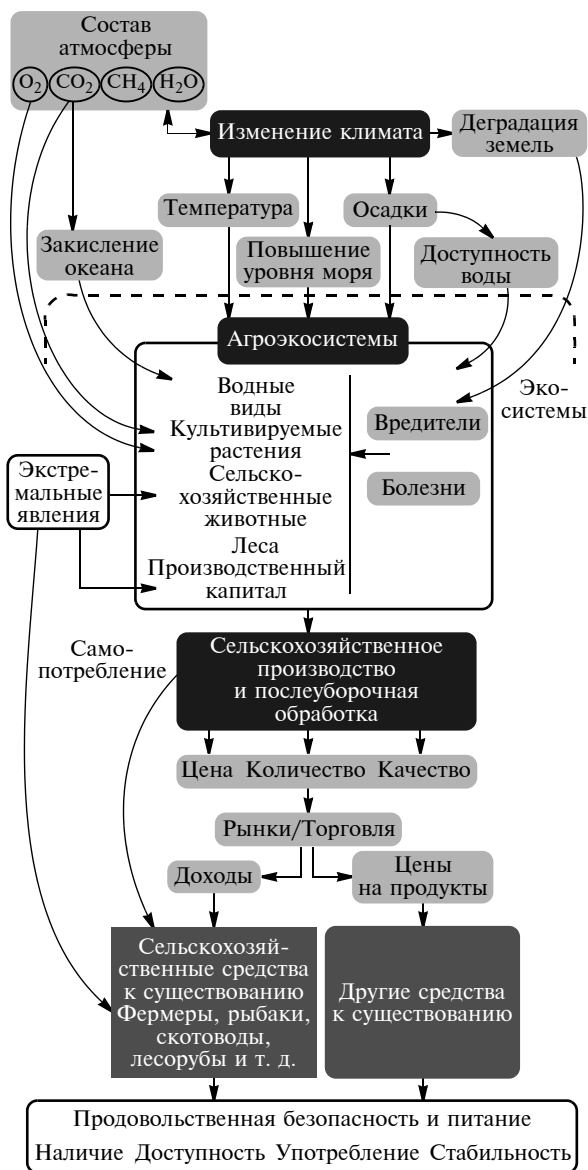


Рис. 1. Схематическое изображение каскадных эффектов воздействия изменения климата на продовольственную безопасность и питание

Источник: [8]

ности производства продуктов питания изменениям климата — в настоящее время и в будущем. Наибольшие и наиболее длительные выгоды, вероятно, будут получены от более радикальных агроэкологических мер, которые повысят устойчивость фермерских хозяйств и сельских сообществ. К ним относятся диверсификация агроэкосистем, систем агролесоводства и смешанных систем растениеводства и животноводства, сопровождаемых органическим управлением почвами, сохранением водных ресурсов, а также общее улучшение агробиоразнообразия [9]. Такие наиболее существенные системные изменения объединены под общим названием концепта кли-

матически оптимизированного сельского хозяйства, который в последние годы получил распространение во всем мире [10]. КОСХ представляет собой комплексную методологию управления антропо-природными системами, помогающую сориентировать действия, необходимые для преобразования и переориентации сельскохозяйственных систем в целях наращивания их адаптационного потенциала в условиях изменяющегося климата. КОСХ соответствует требованиям ФАО относительно устойчивого производства продовольствия и ведения сельского хозяйства и поддерживает цель ФАО по увеличению продуктивности и устойчивости сельского, лесного и рыбного хозяйства [11, 12]. Адаптация и повышение устойчивости к изменению климата выделены в числе трех основных направлений наряду с ростом производительности сельского хозяйства и доходов и сокращением выбросов парниковых газов. Предполагается, что такой подход должен быть интегрирован со стратегиями управления рисками бедствий, программами социальной защиты [11].

Методологические принципы и практический инструментарий КОСХ относятся к группе развиваемых в настоящее время подходов, объединенных общим названием «устойчивый экосистемный дизайн» (УЭД) [13, 14]. УЭД представляет собой особый тип пространственного планирования и проектирования, нацеленный на повышение жизнестойкости антропо-природных систем, и характеризуется следующими особенностями:

- предполагает междисциплинарность, вовлечение в процесс анализа и выработки решений широкого круга акторов и профильных экспертов;
- придает решениям дополнительную гибкость, способность разработки альтернативных планов и систем быстрого реагирования;
- выявляет и стремится предотвратить возможные разрушительные события;
- концентрирует внимание на выявлении и поддержке сценариев, ориентированных на достижение целей устойчивого развития;
- акцентирует внимание на интуицию и нарративы, как инструмент снижения неопределенностей, опирается на традиции и навыки жизнеобеспечения на конкретных территориях.

Для определения стратегии и тактики перехода к климатически оптимизированному сельскому хозяйству полезно применение методологии SWOT-анализа, которая достаточно полно изложена, например, в работах Н. Wehrich [15], К. Фляйшера и Б. Бенсуссана [16], В. Богомоловой [17]. SWOT-анализ применим к объектам

разного масштаба в сферах, где цели носят сложный социальный или социально-экономический характер. Он успешно может быть применен относительно агроэкосистем, обеспечивая их комплексное рассмотрение с четырех позиций: силы, слабости, возможностей и угроз. Сила и слабость являются факторами внутренней среды (т. е. тем, на что возможно повлиять); возможности и угрозы являются факторами внешней среды (т. е. тем, что может повлиять извне и при этом не поддается контролю). Решения по переходу к климатически оптимизированному сельскому хозяйству формируются на основе синтеза результатов по всем четырем позициям, в ходе последовательных действий по трем этапам (на трех этапах): (1) выявление перечня факторов, характеризующих внутреннюю (сила и слабость) и внешнюю (возможности и угрозы) среды объекта; (2) оценка и ранжирование выявленных факторов; (3) разработка стратегии на основе выявленных трендов развития агроэкосистем по группам наиболее значимых факторов. Как отмечают К. Фляйшер и Б. Бенсуссан, SWOT-анализ применяют для того, чтобы выявить не только явные тенденции, но и неочевидные особенности — «подводные камни» [16]. В этом аспекте он позволяет лучше понять причинно-следственные связи, обусловившие основные тенденции изменений.

К настоящему времени накоплен значительный объем исследовательского и фактологического материала, раскрывающего, какие климатически обусловленные факторы внешней среды влияют на экономическую деятельность (как совокупность производственных и управленческих процессов). Согласно наиболее авторитетному обобщению таких сведений, выполненному Рабочей группой по вопросам раскрытия финансовой информации, связанной с изменением климата [18], при проведении анализа и разработке соответствующих прогнозов следует учитывать физические факторы, которые, по мнению Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК)⁸, проявляются в хронической форме (изменение температуры воздуха, количества осадков, уровня моря, атмосферной циркуляции) и в виде острых климатических явлений (опасные метеорологические явления⁹). Не менее важно воздействие переходных факто-

⁸ <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>

⁹ Опасные метеорологические явления — природные процессы и явления, возникающие в атмосфере, которые по своей интенсивности (силе), масштабу распространения и продолжительности оказывают или могут оказать поражающее воздействие на людей, сельскохозяйственных животных и растения, объекты экономики и окружающую среду.

ров¹⁰, как результата предпринимаемых на глобальном уровне и отдельными государствами мер по сдерживанию изменений климата (ограничительные и регулирующие меры, например, таможенное регулирование, воздействие на структуру цен, запреты на ввоз климатически неблагоприятной продукции и т. д.). Основные сведения о переходных климатических факторах и отраслевых последствиях их проявлений при различных сценариях изменения климата содержатся в материалах Международного энергетического агентства¹¹. Для эффективной разработки стратегических документов в области изменения климата (национальных и корпоративных) с учетом климатических факторов используются рекомендации Рабочей группой по вопросам раскрытия финансовой информации, связанной с изменением климата [19].

В условиях нарастания климатических изменений происходит уточнение подходов риск-ориентированного управления сельскохозяйственной деятельностью. Без изменения методологически проработанных стандартизированных подходов и процедур [20] сам перечень рисков качественно дополняется. В сферу первичного рассмотрения и анализа вовлекаются факторы внешней среды (физические и переходные), которые создают опасные явления и снижают эффективность процессов сельскохозяйственной деятельности (производственных и управленческих), с определенной вероятностью и тяжестью последствий. В целом же уровень риска для жизнеспособности агроэкосистем, вызванного изменением климата, зависит как от частоты происходящих изменений и тяжести их последствий, так и от того, как будут меняться численность населения, потребление, производство, технологии и модели природопользования. Применительно к агроэкосистемам важнейшая задача состоит в том, чтобы определить, когда и в какой степени риски от климатических явлений могут и должны быть снижены с учетом интересов заинтересованных сторон и общества в целом. Такие оценки позволяют адекватно фиксировать влияние различных сценариев сельскохозяйственной деятельности и их воздействия на жизнеспособность конкретных агроэкосистем [21, 22], а также сравнивать различные проектные варианты и сценарии развития.

¹⁰ Переходные факторы — не физические по своей природе; получили такое (несколько искусственное) название благодаря нацеленности порождающих их действий на осуществление перехода к углеродно нейтральной экономике путем жестких ограничительных мер.

¹¹ <https://www.iea.org/>

3. Результаты

Климатические изменения определяются в виде достоверных отклонений параметров погоды от многолетних значений (как средних погодных параметров, так и изменений частоты экстремальных погодных явлений) под воздействием динамических процессов на Земле, внешних воздействий (например, колебания интенсивности солнечного излучения), а также деятельности человека. Параметры таких изменений различаются в зависимости от уровня территориальной организации.

Глобальный уровень. Приземная температура воздуха будет возрастать в течение всего текущего века на всей планете с наибольшей интенсивностью в арктических широтах. Изменения количества осадков будут проходить неоднородно по территории земного шара (увеличение осадков отмечается в приполярных и экваториальных широтах, уменьшение — в засушливых регионах средних широт и субтропических областях). Прослеживается рост вероятности рисков, связанных с экстремальными погодными явлениями. В большинстве материковых районов мира будет наблюдаться общее снижение числа холодных дней и ночей и общее увеличение числа теплых дней и ночей, при этом количество осадков и их обильность будут возрастать (по материалам доклада МГЭИК [23]).

Национальный уровень. На территории Российской Федерации не наблюдается тенденций по снижению интенсивности потепления климата [24]. Так, среднегодовая температура воздуха на 2,07 °С превысила норму — среднюю температуру за временной период с 1961 по 1990 г. [25]. За последние десять лет средняя температура возду-

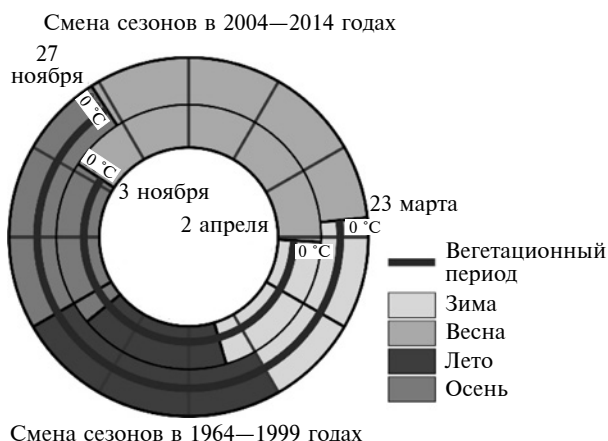


Рис. 2. Увеличение периода вегетации
Источник: [27]

ха на территории страны возросла на 0,47 °С, что в 2,5 раза больше скорости роста глобальной температуры за тот же период (0,18 °С за 10 лет). Наибольшая скорость увеличения среднегодовой температуры в основном характерна для территории побережья Северного Ледовитого океана, особенно в азиатской части страны. Среднегодовая сумма осадков по России в течение 2020 года составила 106 % от нормы [26].

Ярославская область. За последние десятилетия наблюдается потепление климата: январская температура поднялась на 2–3 °С, июльская — на 1–2 °С. Из диаграммы на рисунке 2 видно, что зима сократилась с 5 до 4 месяцев, соответственно на месяц увеличился период с положительными температурами, а, следовательно, и вегетационный период.

Прогнозные данные доклада Росгидромета по Центральному федеральному округу (табл. 1) по-

Таблица 1
Прогнозные климатические изменения на территории Ярославской области

Изменение климатических показателей	2011— 2031 годы	2041— 2060 годы	2080— 2099 годы
Увеличение температуры, °С	1,5	3,3	5,9
Увеличение осадков, %	4	6	12
Увеличение годового стока (осадки минус испарение), %	0	0	2
Число переходов среднесуточной температуры воздуха через 0 °С (ноябрь—март)	—	3	—
Увеличение числа внутрисуточных переходов температуры воздуха через 0 °С (ноябрь—март)	—	7	—
Увеличение абсолютного годового максимума температуры, °С	2	3	4
Изменение длительности волн тепла летом, дн.	–0,25	0,25	–0,25
Увеличение годового минимума температуры, °С	2,5	5	6,5
Снижение длительности волн холода зимой, дн.	–0,5	–1	–1
Изменение средней продолжительности присутствия циклонов зимой, дн.	—	–1	25
Увеличение средней площади циклонов зимой, км ²	—	2	30

Источник: материалы Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова, размещенные в открытом доступе (<http://voeikovmgo.ru>).

Таблица 2
Регрессионные модели зависимости
урожайности сельскохозяйственных культур
от температуры воздуха

Наименование сельскохозяйственных культур	Регрессионная модель	Текущее значение, ц/га	Прогнозные значения	
			+0,5 °С	+1,0 °С
Зерновые	$y = 8,88 + 1,61x$	18,1	18,54	19,35
Картофель	$y = 85,25 + 11,87x$	142	156,47	162,41
Овощи	$y = 192,38 + 17,36x$	252	296,54	305,22

Источник: [28].

казывают, что на территории Ярославской области ожидается увеличение температуры воздуха на 5,9 °С, осадков — на 12 %, годового стока — на 2 %, средней продолжительности присутствия циклонов зимой — на 25 дней и средней площади циклонов зимой — на 30 км².

На территории Ярославской области влияние климатических изменений на состояние агроэкосистем заключается, прежде всего, в перестраивании циклов развития сельскохозяйственных растений и выращивания скота, изменении состояния земель, пахотных угодий и пастбищ, продуктивности сельскохозяйственного производства, распространении инвазивных видов растений и животных.

Урожайность. Анализ зависимости урожайности основных сельскохозяйственных культур от среднегодовой температуры воздуха и среднегодовой суммы выпавших осадков, выполненный В. Жолудевой, показал, что для зерновых культур, картофеля и овощей открытого грунта возможно положительное влияние на урожайность роста температуры воздуха и отрицательное влияние увеличения количества выпавших осадков. Наибольшее положительное влияние происходящих климатических изменений было отмечено для зерновых культур. По мнению автора, рост средней температуры воздуха является благоприятным фактором для аграрного сектора Ярославской области, так как урожайность сельскохозяйственных культур с ростом температуры воздуха будет повышаться (табл. 2) [28, 29].

Рассмотренные факторы, по мнению автора, могут компенсировать друг друга, и рост урожайности в Ярославской области возможен за счет других факторов (например, при изменении технологий и появлении новых сортов сельскохозяйственных культур) [30].

Посевные площади. В Ярославской области наблюдается тенденция сокращения посевных площадей сельскохозяйственных культур в результате неиспользования продуктивных земель, значительного уменьшения работ по мелиорации и т. д. (табл. 3).

Последствия изменения климата и деградации земель тесно взаимосвязаны и могут усиливать друг друга. Наиболее характерными негативными процессами являются заболачивание, переувлажнение, водная эрозия и подтопление. Более 20 % площади сельскохозяйственных угодий заболочены. Переувлажненные земли занимают 15 % всех сельскохозяйственных угодий, в основном внепойменных территорий [31]. Наряду с выводом из строя осушительной сети и сокращением работ по реконструкции и эксплуатации мелиоративных систем, ухудшению состояния посевных площадей способствует и наблюдающееся увеличение годового количества осадков, которое в перспективе будет усиливаться.

Мелиорированные земли. Важнейшую адаптационную роль играет состояние мелиорированных земель. Исследования РАСХН показали, что сочетание орошения с применением удобрений, полезащитным лесоразведением и другими агро-мелиоративными приемами способствует повышению урожайности зерновых культур в 3—5 раз, кормовых — в 7—13 раз. Выход продукции с орошаемого гектара в 3—4 раза выше по сравнению с богарным. При возделывании сельскохозяйственных культур на этих землях значительно снижаются затраты трудовых и материально-технических ресурсов, а производительность труда и эффективность использования ресурсов увеличиваются в 2—3 раза [32]. В Ярославской области площадь мелиоративных земель длительное время находится на одинаковом уровне (табл. 4). Площади, на которых требуется улучшение земель и технического уровня мелиоративных систем, составляют 42,5 тыс. га (30,4 %) по состоянию на

Таблица 3
Посевные площади сельскохозяйственных культур в Ярославской области
(в хозяйствах всех категорий, тысяча гектаров)

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019
Посевные площади	768,9	671,0	570,6	442,3	335,0	310,9	307,5	310,3	307,8	298,9

Источник: https://gks.ru/bgd/regl/b20_14p/Main.htm.

Таблица 4
Динамика площади и состояния
мелиорированных земель Ярославской области,
тыс. га

Показатели характеристики земель	2005	2016	2019	2020
1. Орошаемые земли	1,7	1,7	1,7	1,7
из них мелиоративное состояние:				
хорошее			1,1	1,1
удовлетворительное			0,6	0,6
неудовлетворительное				
2. Осушаемые земли	139,8	139,8	139,8	139,8
из них мелиоративное состояние:				
хорошее	3,5	3,5	3,5	3,5
удовлетворительное	123,8	123,8	123,8	123,8
неудовлетворительное	12,5	12,5	12,5	12,5

Источник: <https://rosreestr.gov.ru/open-service/statistika-i-analitika/regionalnyy-doklad-o-sostoyanii-i-ispolzovanii-zemel-v-yaroslavskoy-oblasti/>, <https://www.yarregion.ru/depts/doosp>

1 января 2021 г. Из-за отсутствия финансирования мелиоративные системы не ремонтируются и частично не эксплуатируются, в связи с отсутствием порядка списания, многие объекты существуют только по отчетам [33].

Определенные перспективы в данном направлении связаны с реализацией государственной программы «Развитие сельского хозяйства в Ярославской области на 2021—2025 годы» (утв. Постановлением Правительства Ярославской области от 30.03.2021 № 167-п), одной из задач которой определено сохранение и восстановление фонда мелиорируемых земель, введение в сельскохозяйственный оборот не использованных ранее мелиорированных земель для развития сельскохозяйственного производства и плодородия почв средствами комплексной мелиорации.

Животноводство. Лидирующими отраслями в Ярославской области являются молочное животноводство и птицеводство, при этом наблюдается тенденция сокращения поголовья крупного рогатого скота (табл. 5).

Изменение погодных факторов может оказывать влияние на животных и птицу. Так, в жару они потребляют меньше корма, что приводит к снижению их продуктивности, увеличиваются сроки откорма, животные могут даже погибнуть. С другой стороны, у домашних хозяйств и фермеров могут появиться стимулы в разведении других видов домашних животных и птицы, производстве продукции растениеводства.

Изменение циклов развития сельскохозяйственных растений, когда в результате разбалансировки климата время цветения наступает раньше, что может угрожать сельскохозяйственным уго-

дьям, выживанию и воспроизводству растений. Раннее цветение увеличивает риск повреждения заморозками некоторых видов растений и приводит к «несоответствиям» между цветением растений и взаимодействием с опылителями. «Около 70 % наиболее производимых в мире видов сельскохозяйственных культур в той или иной степени зависят от опыления насекомыми, что, по имеющимся оценкам, вносит в мировую экономику 153 миллиарда евро и составляет примерно 9 % сельскохозяйственного производства»¹².

Инвазивные виды. Изменения климата способствуют коренным перестройкам биологического разнообразия: среднюю полосу заселяют более южные виды, и наоборот, северные животные и растения встречаются реже. Особенно резко возросли темпы и масштабы внедрения инвазивных видов в природные сообщества в последние десятилетия. На территории Ярославской области эти процессы происходят постоянно; к настоящему времени зарегистрирован 361 инвазивный вид растений; в природных климатических условиях области успешно натурализовались 230 видов. Наибольший интерес среди них представляют виды, к которым относятся растения и животные, способные к активному возобновлению, расселению и внедрению в природные сообщества (например, борщевик Сосновского, колорадский жук и др.) [27]. Инвазивные виды наносят значительный ущерб сельскому хозяйству, поскольку являются сорняками, вредителями, возбудителями болезней, конкурентно активными видами, вытесняющими сельскохозяйственные виды растений и животных. В связи с этим негативное влияние некоторых вредителей и болезней на сельскохозяйственные культуры будет увеличиваться [32]. Прогнозируется расширение зоны обитания многих инвазивных видов вследствие климатических изменений.

Результаты стратегического анализа перехода Ярославской области к климатически оптимизированному сельскому хозяйству в условиях нарастания климатических изменений, выполненного с использованием методологии SWOT-анализа, позволили выявить основные факторы — внутренние и внешние, которые поддерживают или тормозят такой переход (табл. 6).

Сильные стороны связаны с благоприятными природными условиями региона, такими как наличие земельных и водных ресурсов, ландшафтное разнообразие, относительно мягкая погода. Слабые — с общей переувлажненностью земель, относительно низким плодородием почв, неста-

¹² ЕСРА. www.ecpa.eu. Retrieved 28 November 2020.

бильностью погодных явлений. Наиболее значимые внешние возможности связаны с общим повышением спроса на сельскохозяйственную продукцию и мерами государственной поддержки отечественных сельхозпроизводителей. Среди основных внешних угроз — нестабильность, при общей тенденции к повышению, цен на топливо, электроэнергию, оборудование, другие товары и услуги, институциональное и технологическое запаздывание, а также в перспективе — усиление климатических требований к продукции со стороны потребителей, особенно зарубежных (климат — как фактор конкуренции).

В числе факторов климатических изменений, оказывающих влияние на сельскохозяйственную деятельность в Ярославской области, выделены физические и переходные. Физические факторы

характеризуются изменениями в природных процессах и явлениях и представлены хроническими и острыми проявлениями (табл. 7).

Переходные климатические факторы обусловлены принятием политических, экономических, финансовых и иных решений и соответствующих мер правительствами, международными организациями, инвестиционными структурами, объединениями производителей и потребителей, другими общественными организациями с целью снижения темпов климатических изменений. Такие меры связаны с повышением цен на энергию, топливо, закупаемое оборудование, сырье. Нашим сельхозпроизводителям следует ожидать усиления климатического регулирования внутри Российской Федерации, ужесточения климатического давления со стороны зарубежных стран зо-

Таблица 5

**Поголовье крупного рогатого скота
(КРС, в хозяйствах всех категорий; на конец года; тысяч голов)**

	1991	1996	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019
Поголовье КРС	495,7	358,9	271,4	188,1	139,8	118,1	117,9	117,5	116,3	113,5

Источник: https://gks.ru/bgd/regl/b20_14p/Main.htm.

Таблица 6

Результаты SWOT-анализа перехода Ярославской области к климатически оптимизированному сельскому хозяйству

Сильные стороны	Возможности
<ul style="list-style-type: none"> — достаточное количество водных ресурсов; — достаточная площадь сельскохозяйственных угодий (посевных и пастбищных); — в целом благоприятные для ведения сельскохозяйственной деятельности природно-климатические условия; — многообразие природных ландшафтов; — наличие лесных территорий; — традиции работы в условиях рискованного земледелия; — использование мер государственной поддержки сельскохозяйственной деятельности 	<ul style="list-style-type: none"> — увеличение продолжительности вегетационного периода; — осознание важности перехода к климатически оптимизированному сельскому хозяйству со стороны органов исполнительной власти и государственного управления; — наличие разработанных подходов и практики применения КОСХ; — системная государственная поддержка отечественных сельскохозяйственных производителей (импортозамещение); — повышение спроса на сельскохозяйственную продукцию (перерабатывающая отрасль, потребители); — повышение спроса на продукцию с улучшенными климатическими и экологическими характеристиками
Слабые стороны	Угрозы
<ul style="list-style-type: none"> — подтопление и заболачивание сельскохозяйственных угодий; — относительно низкое плодородие почв; — ускорившееся распространение инвазивных видов животных и растений; — недостаточное понимание климатических рисков и необходимости адаптации; — недостаток квалифицированных кадров и ответственных работников; — недостаточность финансовых ресурсов; — недостаточность развития транспортной инфраструктуры; — повышение себестоимости сельскохозяйственной продукции 	<ul style="list-style-type: none"> — усиление нестабильности погодных явлений; — сокращение рынков сбыта продукции с низкими климатическими характеристиками (климатический след продукции); — повышение цен на топливо, электроэнергию, оборудование, другие товары и услуги; — технологическое отставание; — недостаточность механизмов передачи сведений об усилении влияния климатических рисков на сельскохозяйственную деятельность

ны коммерческих интересов, а также со стороны поставщиков и потребителей продукции, по цепочкам поставок (табл. 8).

На процессы сельскохозяйственной деятельности (рис. 3) оказывают влияние климатические факторы обеих групп — физические и переход-

ные — создавая климатические риски и возможности.

Выявлено, что влияние климатических факторов разнообразно (рис. 4). Физические климатические факторы в наибольшей степени воздействуют на основные и вспомогательные процессы

Таблица 7

Характеристика физических климатических факторов с наибольшим потенциалом влияния на сельскохозяйственную деятельность Ярославской области

Факторы	Описание
<p>Рост среднегодовых температур приземного воздуха, °С</p> <p>Повышение максимальных температур (°С) и увеличение продолжительности жаркого периода в теплое время года (дней)</p> <p>Увеличение амплитуды и повышение частоты резких колебаний температуры (с переходом через нулевое значение)</p> <p>Рост среднегодового количества осадков, повышение влажности воздуха, %</p> <p>Рост количества осадков в осенне-зимний период, увеличение снежного покрова и повышение паводков</p> <p>Изменение водности рек</p>	<p><i>Хронические</i></p> <p>Общее уменьшение числа холодных дней и ночей и общее увеличение числа теплых дней и ночей. Ухудшение качества воды в поверхностных водных источниках (цветение, рост бактериальной флоры и т. д.), изменение глубины промерзания и протаивания почв.</p> <p>Рост экстремально высоких температур, увеличение их повторяемости. Увеличение интенсивности и продолжительности засух. Увеличение числа пожаров.</p> <p>Частые переходы через 0°. Увеличение числа циклов замораживания и оттаивания. Увеличение конденсации влаги на поверхностях. Рост частоты туманов.</p> <p>Изменение гидрологического цикла. Переувлажнение почв. Рост количества сильных паводков, наводнений. Потеря устойчивости склонов, рост количества оползней. Размыв насыпей.</p> <p>Сильные снегопады. Увеличение кратковременных снеговых нагрузок. Увеличение продолжительности снегопадов.</p> <p>Повышение экстремального прибрежного уровня полной воды. Увеличение притока воды в меженные периоды, выравнивание внутригодового распределения стока. Подтопление равнинных территорий</p>
<p>Усиление и повышение частоты ураганов, штормов</p> <p>Увеличение частоты и продолжительности сильных дождей и ливней, снега и метелей</p> <p>Увеличение частоты и продолжительности заморозков</p>	<p><i>Острые</i></p> <p>Увеличение частоты и продолжительности ураганов, штормовых ветров.</p> <p>Увеличение частоты и продолжительности дождей и ливней с количеством выпавших осадков 50 мм и более, 30 мм и более за 1 час, 100 мм и более за 48 часов; снега с количеством 20 мм и более за 12 часов и менее; переноса снега с подстилающей поверхности ветром со средней скоростью не менее 12 м/с и с метеорологической дальностью видимости не более 1000 м продолжительностью не менее 8 часов.</p> <p>Понижение температуры воздуха или почвы до 0 °С и ниже на фоне положительных среднесуточных температур, особенно во время вегетационного периода</p>

Таблица 8

Характеристика переходных климатических факторов с наибольшим потенциалом влияния на сельскохозяйственную деятельность Ярославской области

Факторы	Описание
<p>Повышение и нестабильность цен на электроэнергию, мазутное топливо и другие энергоносители, характеризующиеся негативными экологическими и климатическими показателями при производстве и потреблении, оборудование, сырье и др.</p> <p>Ужесточение климатического регулирования в Российской Федерации и странах-импортерах сельскохозяйственной продукции</p> <p>Усиление климатической мотивации потребителей сельскохозяйственной продукции и инвестирующих структур (банков, фондов и др.)</p>	<p>В условиях введения государственного регулирования по стимулированию перехода на использование чистой энергии, энергии из возобновляемых источников, на использование товаров и услуг с высокими климатическими показателями, ожидается рост цен на энергоносители, оборудование, сырье и другие товарно-материальные ценности с негативными экологическими и климатическими показателями</p> <p>С целью снижения негативного воздействия на климат предполагается усиление государственного регулирования, включая ведение отчетности, новых нормативных требований, платы за парниковые газы</p> <p>Под воздействием общественного мнения ожидается усиление климатической мотивации потребителей сельскохозяйственной продукции и инвестирующих структур</p>

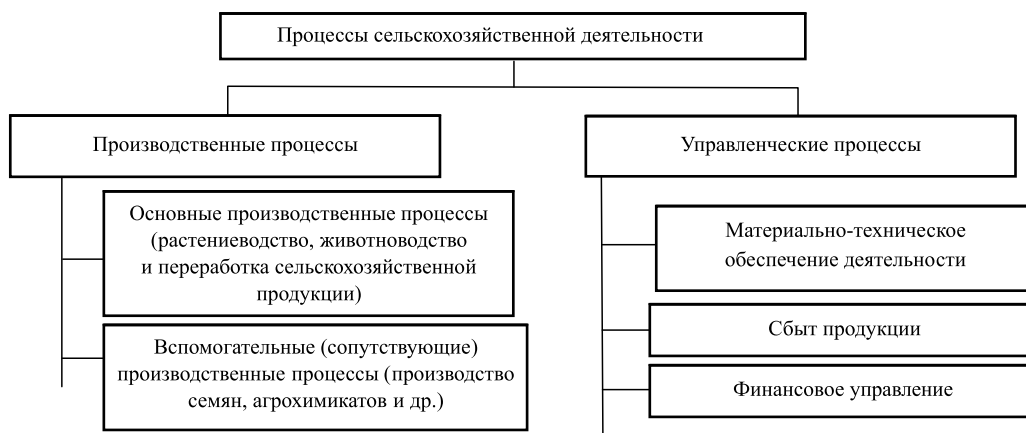


Рис. 3. Основные процессы сельскохозяйственной деятельности

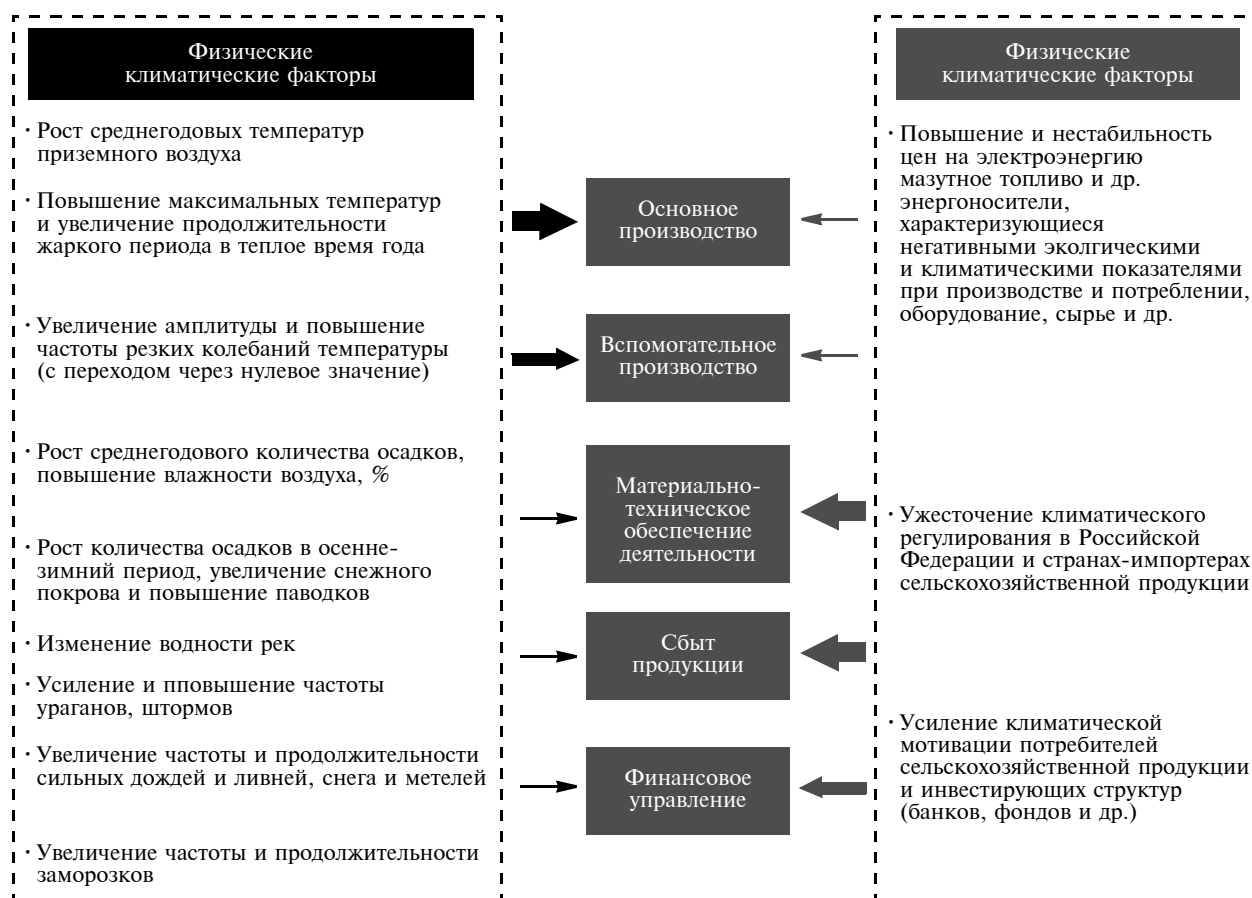


Рис. 4. Влияние физических и переходных факторов на основные процессы сельскохозяйственной деятельности.

Примечание: на рисунке обозначены \longrightarrow Незначительное влияние \longrightarrow Среднее влияние \longrightarrow Значительное влияние

сельскохозяйственной деятельности; их влияние на управленческие процессы, такие как материально-техническое обеспечение деятельности, сбыт продукции, финансовое управление, незначительно. Переходные климатические факторы оказывают значительное давление на такие управленческие процессы, как материально-техническое

обеспечение деятельности, сбыт продукции, среднее влияние — на процессы финансового управления; воздействие переходных климатических факторов на основное и вспомогательное производство незначительно.

Физические и переходные факторы климатических изменений, оказывая влияние на различ-

ные процессы сельскохозяйственной деятельности, формируют климатические риски и возможности. Климатические риски могут проявляться в снижении урожайности сельскохозяйственных культур и продуктивности животноводства, потере урожая, повышении заболеваемости сельскохозяйственных растений и животных. Климатические возможности заключаются в улучшении условий для выращивания некоторых сельскохозяйственных культур, в расширении сбыта сельскохозяйственной продукции и других проявлениях.

4. Обсуждение результатов

Изменение климата в Ярославской области влияет на состояние и развитие агроэкосистем, приводя, в том числе к изменению урожайности сельскохозяйственных культур, снижению посевной площади и качества сельскохозяйственных земель, сокращению поголовья сельскохозяйственных животных, изменению циклов развития сельскохозяйственных растений, увеличению площади распространения инвазивных видов растений и животных.

Положительными ожидаемыми последствиями изменения климата для региона являются: изменение температурного режима воздуха с ростом средней температуры, удлинение вегетационного периода, сдвиг границы выращивания теплолюбивых культур в более северные широты, и, соответственно, расширение зоны безрискового земледелия. К отрицательным ожидаемым последствиям изменения климата можно отнести: учащение зимних оттепелей, поздних весенних заморозков, уменьшение снегового покрова, неблагоприятно влияющих на развитие и жизнестойкость сельскохозяйственных культур; расширение ареалов обитания сельскохозяйственных вредителей и увеличение их активности.

Сельскохозяйственная деятельность (как совокупность производственных и управленческих процессов) подвержена влиянию климатических факторов. Физические изменения в природной среде (такие как повышение температуры воздуха, увеличение количества осадков, увеличение частоты и продолжительности опасных метеорологических явлений) в наибольшей степени влияют на производственные процессы (основные и вспомогательные), в силу высокой чувствительности сельскохозяйственных объектов к погодным явлениям. Влиянию переходных факторов, прежде всего, повышения и нестабильности цен на энергоносители, сырье и оборудование с негативными климатическими характеристиками, ужесточения климатического регулирования, усиления климатической мотивации потребителей

сельскохозяйственной продукции и инвестирующих структур, в большей степени подвержены процессы, связанные с управлением — материально-техническое обеспечение, сбыт продукции и финансовое управление. В целом климатические факторы формируют климатические риски и возможности, которые могут проявляться в снижении и потере урожайности сельскохозяйственных культур, сокращении продуктивности животноводства, улучшении условий выращивания некоторых сельскохозяйственных культур, расширении сбыта сельскохозяйственной продукции.

Требуется разработка и реализация широкого комплекса адаптационных мер в сельскохозяйственном комплексе, которые должны охватывать несколько уровней принятия решений — от уровня отдельного участка или культуры до регионального уровня:

- Уровень посевов: корректировка параметров сельскохозяйственной деятельности (состав почв, водный режим, режим обработки и т. д.) в зависимости от изменений условий произрастания конкретных сельскохозяйственных культур.
- Бизнес-уровень: адаптация менеджмента, например, изменение годового планирования и севооборота.
- Адаптация бизнес-процессов на отраслевом уровне с помощью инновационных мер, таких как внедрение новых культур или новых систем выращивания.
- Территориальный уровень: комплексный подход к межсекторальным эффектам, гарантирующий, что принимаемые меры совпадают с мерами в других секторах, таких как охрана окружающей среды, водное хозяйство и т. д. [34].

В целом это означает переход к климатически оптимизированному сельскому хозяйству, которое предполагает ориентацию деятельности на преобразование и переориентацию сельскохозяйственных систем путем наращивания их адаптационного потенциала в условиях изменяющегося климата.

Следует учитывать, что агросистемы Ярославской области были спроектированы и оптимизированы для определенного уровня экономического и финансового риска, и рост ранее не учитываемых климатических опасностей может означать, что такие системы становятся уязвимыми, когда они достигают системных пороговых значений. Например, цепочки поставок с/х продукции, как правило, проектируются с учетом эффективности, а не устойчивости, за счет концентрации производства монокультур в определенных местах и упрощения экосистем. Возрастающие опасные климатические явления могут

привести к отказу таких систем в ситуации резких климатических изменений, особенно когда затронутые люди и активы играют центральную роль в местной экономике, а эти местные экономики связаны с другими экономическими и финансовыми системами. Необходимо помнить о возможных выгодах, которые может принести изменение климата для Ярославской области. Например, повышение температуры может стимулировать сельский туризм в регионе, особенно на реках и озерах¹³.

Перед такими вызовами лицам, определяющим развитие сельскохозяйственных территорий, и бизнес-лидерам необходимо системно внедрять адекватные угрозе инструменты, аналитику, процессы и управление. При этом несомненную пользу может принести реализация подходов, методов и практического инструментария устойчивого экосистемного дизайна, как самостоятельного направления пространственного планирования и проектирования, ориентированного на достижение устойчивого развития и повышение жизнеспособности антропо-природных систем (Фоменко Г. А., 2021) [13, 14, 36]. При этом важно иметь в виду, что по мере того, как размышления об информационных системах, цифровизации и искусственном интеллекте стали неотъемлемой частью процесса принятия решений в корпоративном и государственном секторах, изменение климата также необходимо рассматривать в качестве основного фактора при принятии решений по развитию Ярославской области. Для сельскохозяйственных компаний это будет означать учет климатических факторов при распределении капитала, при разработке продуктов или услуг, в управлении цепочкой поставок и т. д. Развитие надежной системы климатических измерений и учет их влияния на экономические, социальные и экологические процессы в регионе представляет собой сложную задачу и также потребует использования новых инструментов, показателей и аналитики. В то же время появились новые возможности изучения изменением климата, в первую очередь, аэрокосмические. Возникают и новые сектора для измерения и изучения — например, появление новых мест для сельскохозяйственного производства или таких секторов, как туризм, в т. ч. сельский.

¹³ Подобный вывод был сделан в январе 2020 г. Глобальным институтом McKinsey, который опубликовал отчет «Климатический риск и ответные меры: физические опасности и социально-экономические последствия». В нем было измерено влияние изменения климата по уровню интенсивности, в которой оно может повлиять на людей, на созданные человеком физические активы и мир природы в течение следующих трех десятилетий [35].

В исследовании мы столкнулись с высоким уровнем недостаточности информации, когда отсутствует статистические и ведомственные данные о многих конкретных региональных особенностях, в т. ч. масштабах климатических изменений, влиянии климатосберегающих технологий на производительность и урожайность сельскохозяйственных культур и возможности адаптации. Исследования выявили существенную проблему нехватки знаний об агроэкосистемах, измененных человеком в процессе его жизнедеятельности, о методах их сохранения и восстановления. Одна из самых больших проблем связана со стремлением к упрощенным моделям при количественной оценке рисков потери жизнеспособности Ярославского региона вследствие климатических изменений, а также моделей адаптации. Последние широко варьируются — от финансовых моделей, используемых для принятия решений о распределении капитала, до инженерных моделей, используемых для проектирования инфраструктуры (дорожной, водной и зеленой) и строительства зданий и сооружений. Реализация адаптационных мер может оказаться сложной задачей по многим причинам, в первую очередь, из-за технических и других ограничений, когда темпы и масштабы адаптации потребуют значительного увеличения.

5. Заключение

В условиях нарастания климатических изменений сельскохозяйственная деятельность в Ярославской области находится под воздействием меняющихся погодных условий и усиливающегося климатического регулирования на национальном и глобальном уровнях, которые необходимо учитывать при осуществлении деятельности и принятии решений. В целом процессы разбалансировки климата, несмотря на их разнонаправленность, затрудняют ведение сельского хозяйства, а в отдельных случаях делают его в привычном для нас виде невозможным. Требуется коренной пересмотр сложившихся традиционных подходов в направлении климатической оптимизации и адаптации сельскохозяйственного производства к постоянно изменяющимся погодным реалиям.

Адаптация к климатическим изменениям сельских территорий — комплексный системный, часто нелинейный процесс. Поэтому ориентация исключительно на узко-понимаемую прибыль от производства сельскохозяйственной продукции за счет упрощения экосистем и выращивания монокультур на практике существенно затормозит принятие реальных и эффективных мер. Наряду с корректировкой непосредственно сельскохозяйственной деятельности важно обес-

печить направление ресурсов региональных и местных бюджетов на реальные меры поддержки, стимулируя инициативу местных жителей. Для этого следует повысить не только их информированность о происходящих в регионе климатических изменениях, но и осведомленность в использовании новых климато- и энергосберегающих технологий. Климатические вызовы требуют корректировки статистической и ведомственной отчетности, показателей государственных и ведомственных программ с целью получения необходимой и достаточной информации о динамике изменения жизнеспособности агроэкосистем, результативности адаптационных климатических мер, в общем контексте реализации целей устойчивого развития.

Результаты стратегического анализа перехода к климатически оптимизированному сельскому хозяйству, многофакторного анализа характера и особенностей воздействий климатических изменений на сельскохозяйственное производство позволили выявить сильные и слабые стороны

в развитии агроэкологических систем региона, определить возможности повышения их жизнеспособности и обозначить наиболее значимые угрозы. Исследования показали, что Ярославская область обладает значимым потенциалом адаптации агроэкологических систем к климатическим изменениям. Однако только агротехнических и инженерных мер будет недостаточно. Управление агроэкосистемами нуждается в повышении комплексности, многофакторности и обоснованности принятия решений. Следует активизировать программно-целевой подход к климатически оптимизированному сельскому, который, по нашему мнению, целесообразно осуществлять на методологической платформе «устойчивого экосистемного дизайна». Это позволит системно скоординировать действия, необходимые для преобразования и переориентации сельскохозяйственных систем в устойчивые агроэкологические системы, способные обеспечить продовольственную безопасность в условиях высоких климатических рисков.

Библиографический список

1. International Meteorological Vocabulary / WMO. — 2nd ed. — Geneva, 1992. — 802 p.
2. Millennium Ecosystem Assessment: Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. — Washington: Island Press, 2005. — 138 p.
3. Сиротенко О. Д., Павлова В. Н. Новый подход к идентификации функционалов погода-урожай для оценки последствий изменения климата // *Метеорология и гидрология*. — 2010. — № 2. — С. 92—100.
4. Филатов Н. Н., Назарова Л. Е., Сало Ю. А. Региональный климат: возможные сценарии изменения климата Карелии. Похолодание или потепление? // *Известия Российского географического общества*. — 2007. — Т. 139, № 3. — С. 72—79.
5. Bonanno G. Loss, trauma, and human resilience: How we underestimated the human capacity to thrive after extremely aversive events // *American Psychologist*. — 2004. — № 51. — P. 72—82.
6. Maddi S. R. On hardiness and other pathways to resilience // *American Psychologist*. — 2005. — № 60. — P. 261—262.
7. Фоменко Г. А. Развитие природоохранных институтов как риск-рефлексия // *Проблемы региональной экологии*. — 2011. — № 2. — С. 86—91.
8. Climate change and food security: risks and responses / FAO. — 2015. — 98 p. — URL: <http://www.fao.org/3/i5188e/i5188e.pdf>.
9. Altieri M. A., Nicholls C. I., Henao A. et al. Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems // *Agronomy for Sustainable Development*. — 2015. — № 35. — P. 869—890. — URL: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s13593-015-0285-2.pdf>.
10. Climate-smart agriculture case studies 2021: projects from around the world / FAO. — Rome, 2021. — URL: <https://doi.org/10.4060/cb5359en>.
11. Климатически оптимизированное сельское хозяйство [Электронный ресурс] // Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций [сайт]. — URL: <http://www.fao.org/climate-smart-agriculture/ru/>.
12. Climate-smart agriculture. Sourcebook / FAO. — 2013. — URL: <http://www.fao.org/3/i3325e/i3325e.pdf>
13. Фоменко Г. А. Устойчивый экосистемный дизайн: предпосылки и подходы: учебно-методическое пособие. — Ярославль: АНО НИПИ «Кадастр», 2021. — 216 с.
14. Фоменко Г. А. Устойчивый экосистемный дизайн: основные черты и особенности: учебно-методическое пособие. — Ярославль: АНО НИПИ «Кадастр», 2021. — 136 с.
15. Wehrich H. The TOWS Matrix — A Tool for Situational Analysis // *Long Range Planning*. — 1982. — Vol. 15, № 2. — P. 54—66.
16. Фляйшер К., Бенсуссан Б. Стратегический и конкурентный анализ. Методы и средства конкурентного анализа в бизнесе. — М.: БИНОМ, 2005. — 541 с.
17. Богомолова Е. В. SWOT-анализ: теория и практика применения // *Экономический анализ: теория и практика*. — 2004. — № 17 (32).
18. The Use of Scenario Analysis in Disclosure of Climate-Related Risks and Opportunities: Technical Supplement / Task Force on Climate-related Financial Disclosures. — 2017. — 40 p. — URL: <https://assets.bbhub.io/company/sites/60/2020/10/FINAL-TCFD-Technical-Supplement-062917.pdf>.
19. Practical guide for Scenario Analysis in line with TCFD recommendations / Ministry of the Environment, Government of Japan Climate Change Policy Division. — 2nd ed. — 2019. — URL: http://www.env.go.jp/policy/policy/tcfd/TCFDguide_2nd_EN.pdf.

20. ГОСТ Р ИСО 31000—2019 «Менеджмент риска. Принципы и руководство».
21. Rannow S. et al. Meyer potential impacts of climate change in Germany—identifying regional priorities for adaptation activities in spatial planning // *Landscape and Urban Planning*. — 2010. — № 98 (3–4). — P. 160–171.
22. Schroth O. et al. Sheppard evaluating presentation formats of local climate change in community planning with regard to process and outcomes // *Landscape and Urban Planning*. — 2015. — № 142. — P. 147–158.
23. Climate Change 2013. The Physical Science Basis / Intergovernmental Panel on Climate Change. — New York: Cambridge University Press, 2013. — URL: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_all_final.pdf.
24. Второй оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации / Росгидромет. — 2014.
25. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2019 год / Росгидромет. — 2020.
26. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году. Государственный доклад. — М.: Минприроды России; МГУ имени М. В. Ломоносова, 2021. — 890 с.
27. Экологический атлас Ярославской области / Департамент охраны окружающей среды и природопользования Ярославской области; науч. ред. Г. А. Фоменко. — Ярославль, 2014. — 156 с.
28. Жолудева В. В. Статистический анализ влияния изменения климата на аграрный сектор экономики (на примере Ярославской области) // *Вестник АПК Верхневолжья*. — 2019. — № 3. — С. 28–32. — URL: https://www.yaragrovuz.ru/images/Vestnik_APK/2019347/28-32.pdf.
29. Жолудева В. В. Статистическая оценка влияния изменения климата на социально-демографические процессы (на примере Ярославской области) // *Статистика и экономика*. — 2019. — № 16 (6). — С. 57–66.
30. Жолудева В. В., Мельниченко Н. Ф., Козлов Г. Е. Статистические методы оценки качества жизни населения регионов Центрального федерального округа // *Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО*. — 2015. — № 2. — С. 173–177.
31. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Ярославской области в 2017 г. / Департамент охраны окружающей среды Ярославской области; науч. ред. Г. А. Фоменко. — Ярославль, 2019. — 232 с.
32. Адаптация сельского хозяйства России к глобальным изменениям климата / Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства. — 2015. — 42 с. — URL: <https://oxfam.ru/upload/iblock/f96/f9622b41f48549945438f2292f509d14.pdf>.
33. Доклад о состоянии и использовании земель в Ярославской области в 2020 году / Управление Росреестра по Ярославской области. — Ярославль, 2021. — 101 с.
34. Effects of climate change on agriculture / STOWA. — URL: <https://www.stowa.nl/deltafacts/zoetwatervoorziening/deltafacts-english-versions/effects-climate-change-agriculture>.
35. Climate risk and response. Physical hazards and socioeconomic impacts / McKinsey Global Institute. — 2020. — 150 p. — URL: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/sustainability/our%20insights/climate%20risk%20and%20response%20physical%20hazards%20and%20socioeconomic%20impacts/mgi-climate-risk-and-response-full-report-vf.pdf>.
36. Фоменко Г. А., Фоменко М. А. Экосистемные услуги в устойчивом экосистемном дизайне: учебно-методическое пособие. — Ярославль: АНО НИПИ «Кадастр», 2021 (монография в печати).

CLIMATE AGENDA OF AGRICULTURE OF THE YAROSLAVL REGION

G. A. Fomenko, Ph. D. in Geography, Dr. Habil., Group of Companies Institute for Sustainable Innovation, Professor, Yaroslavl State Technical University, info@npk-kad.ru, Yaroslavl, Russia,

M. A. Fomenko, Ph. D. in Geography, Associate Professor, Research Design Institute Cadaster, info@nipik.ru, Yaroslavl, Russia,

A. V. Mikhailova, Ph. D. in Geography, Associate Professor, Research Design Institute Cadaster, info@nipik.ru, Yaroslavl, Russia,

E. A. Arabova, Research Design Institute Cadaster, info@nipik.ru, Yaroslavl, Russia,

K. S. Ilyina, Associate Professor of the Department of Hydraulic and Road Construction, Yaroslavl State Technical University, info@ystu.ru, Yaroslavl, Russia

References

1. International Meteorological Vocabulary. WMO. 2nd ed. Geneva, 1992. 802 p.
2. Millennium Ecosystem Assessment: Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Washington: Island Press, 2005. 138 p.
3. Sirotenko O. D., Pavlova V. N. Novyj podhod k identifikacii funkcionalov pogoda-urozhaj dlya ocenki posledstvij izmeneniya klimata. [A new approach to the identification of weather-harvest functional for assessing the consequences of climate change]. *Meteorologiya i gidrologiya*. 2010. No. 2. P. 92–100 [in Russian].
4. Filatov N. N., Nazarova L. E., Salo Yu. A. Regionalnyj klimat: vozmozhnye scenarii izmeneniya klimata Karelii. Poholodanie ili poteplenie? [Regional climate: possible scenarios of climate change in Karelia. Cooling or warming?]. *Izvestiya Rossijskogo geograficheskogo obshchestva*. 2007. Vol. 139, No. 3. P. 72–79 [in Russian].
5. Bonanno G. Loss, trauma, and human resilience: How we underestimated the human capacity to thrive after extremely aversive events. *American Psychologist*. 2004. No. 51. P. 72–82.
6. Maddi S. R. On hardiness and other pathways to resilience. *American Psychologist*. 2005. No. 60. P. 261–262.
7. Fomenko G. A. Razvitiye prirodoohrannykh institutov kak risk-refleksiya. [Development of environmental institutions as risk reflection]. *Problemy regionalnoj ekologii*. 2011. No. 2. P. 86–91 [in Russian].
8. Climate change and food security: risks and responses. FAO. 015. 98 p. URL: <http://www.fao.org/3/i5188e/i5188e.pdf>.
9. Altieri M. A., Nicholls C. I., Henao A. et al. Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agronomy for Sustainable Development*. 2015. No. 35. P. 869–890. URL: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s13593-015-0285-2.pdf>.

10. Climate-smart agriculture case studies 2021: projects from around the world. FAO. Rome, 2021. URL: <https://doi.org/10.4060/cb5359en>.
11. Klimaticheski optimizirovanoe selskoe hozyajstvo. [Climate-smart agriculture]. Prodovolstvennaya i selskohozyajstvennaya organizaciya Obedinennyh Nacij. URL: <http://www.fao.org/climate-smart-agriculture/ru/> [in Russian].
12. Climate-smart agriculture. Sourcebook. FAO. 2013. URL: <http://www.fao.org/3/i3325e/i3325e.pdf>
13. Fomenko G. A. Ustojchivyy ekosistemnyy dizajn: predposylki i podhody: uchebno-metodicheskoe posobie. [Sustainable Ecosystem Design: Background and Approaches: Study Guide]. Yaroslavl: ANO NIPI "Kadastr", 2021. 216 p. [in Russian].
14. Fomenko G. A. Ustojchivyy ekosistemnyy dizajn: osnovnyye cherty i osobennosti: uchebno-metodicheskoe posobie. [Sustainable Ecosystem Design: Main Aspects And Specific Features: Study Guide]. Yaroslavl: ANO NIPI "Kadastr", 2021. 136 p. [in Russian].
15. Wehrich H. The TOWS Matrix — A Tool for Situational Analysis. Long Range Planning. 1982. Vol. 15, No. 2. P. 54—66.
16. Flyaysher K., Bensussan B. Strategicheskij i konkurentnyy analiz. Metody i sredstva konkurentnogo analiza v biznese. [Strategic and competitive analysis. Methods and tools of competitive analysis in business]. Moscow, BINOM, 2005. 541 p. [in Russian].
17. Bogomolova E. V. SWOT-analiz: teoriya i praktika primeneniya. [SWOT analysis: theory and practice of application]. *Ekonomicheskij analiz: teoriya i praktika*. 2004. No. 17 (32) [in Russian].
18. The Use of Scenario Analysis in Disclosure of Climate-Related Risks and Opportunities: Technical Supplement. Task Force on Climate-related Financial Disclosures. 2017. 40 p. URL: <https://assets.bbhub.io/company/sites/60/2020/10/FINAL-TCFD-Technical-Supplement-062917.pdf>.
19. Practical guide for Scenario Analysis in line with TCFD recommendations. Ministry of the Environment, Government of Japan Climate Change Policy Division. 2nd ed. 2019. URL: http://www.env.go.jp/policy/policy/tcfd/TCFDguide_2nd_EN.pdf.
20. GOST R ISO 31000—2019 "Menedzhment riska. Principy i rukovodstvo". [GOST R ISO 31000—2019 "Risk management. Principles and Guidelines"] [in Russian].
21. Rannow S. et al. Meyer potential impacts of climate change in Germany—identifying regional priorities for adaptation activities in spatial planning. *Landscape and Urban Planning*. 2010. No. 98 (3—4). P. 160—171.
22. Schroth O. et al. Sheppard evaluating presentation formats of local climate change in community planning with regard to process and outcomes. *Landscape and Urban Planning*. 2015. No. 142. P. 147—158.
23. Climate Change 2013. The Physical Science Basis / Intergovernmental Panel on Climate Change. New York: Cambridge University Press, 2013. URL: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_all_final.pdf.
24. Vtoroj ocenochnyy doklad ob izmeneniyah klimata i ih posledstviyah na territorii Rossijskoj Federacii. [Second Assessment Report on Climate Changes and Their Consequences in the Territory of the Russian Federation]. Rosgidromet. 2014 [in Russian].
25. Doklad ob osobennostyah klimata na territorii Rossijskoj Federacii za 2019 god. [Report on the peculiarities of the climate on the territory of the Russian Federation for 2019]. Rosgidromet. 2020 [in Russian].
26. O sostoyanii i ob ohrane okruzhayushej srede Rossijskoj Federacii v 2020 godu. Gosudarstvennyy doklad. [On the state and on the protection of the environment of the Russian Federation in 2020. State report]. Moscow: Minprirody Rossii; MGU imeni M. V. Lomonosova, 2021. 890 p. [in Russian].
27. Ekologicheskij atlas Yaroslavskoj oblasti. [Ecological Atlas of the Yaroslavl Region]. Departament ohrany okruzhayushej srede i prirodopolzovaniya Yaroslavskoj oblasti; scientific. ed. G. A. Fomenko. Yaroslavl, 2014. 156 p. [in Russian].
28. Zholudeva V. V. Statisticheskij analiz vliyaniya izmeneniya klimata na agrarnyy sektor ekonomiki (na primere Yaroslavskoj oblasti). [Statistical analysis of the impact of climate change on the agricultural sector of the economy (on the example of the Yaroslavl region)]. *Vestnik APK Verhnevolzhya*. 2019. No. 3. P. 28—32. URL: https://www.yaragrovuz.ru/images/Vestnik_APK/2019347/28-32.pdf [in Russian].
29. Zholudeva V. V. Statisticheskaya ocenka vliyaniya izmeneniya klimata na socialno-demograficheskie processy (na primere Yaroslavskoj oblasti). [Statistical assessment of the impact of climate change on socio-demographic processes (on the example of the Yaroslavl Region)]. *Statistika i ekonomika*. 2019. No. 16 (6). P. 57—66 [in Russian].
30. Zholudeva V. V., Melnichenko N. F., Kozlov G. E. Statisticheskie metody ocenki kachestva zhizni naseleniya regionov Centralnogo federalnogo okruga. [Statistical methods for assessing the quality of life of the population of the regions of the Central Federal District]. *Ekonomika, statistika i informatika. Vestnik UMO*. 2015. No. 2. P. 173—177 [in Russian].
31. Doklad o sostoyanii i ob ohrane okruzhayushej srede Yaroslavskoj oblasti v 2017 g. [Report on the state and protection of the environment of the Yaroslavl region in 2017]. Departament ohrany okruzhayushej srede Yaroslavskoj srede Yaroslavskoj oblasti; scientific. ed. G. A. Fomenko. Yaroslavl, 2019. 232 p. [in Russian].
32. Adaptaciya selskogo hozyajstva Rossii k globalnym izmeneniyam klimata. [Adaptation of Russian agriculture to global climate change]. Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut ekonomiki selskogo hozyajstva. 2015. 42 p. URL: <https://oxfam.ru/upload/iblock/f96/f9622b41f48549945438f2292f509d14.pdf> [in Russian].
33. Doklad o sostoyanii i ispolzovanii zemel v Yaroslavskoj oblasti v 2020 godu. [Report on the state and use of land in the Yaroslavl region in 2020]. Upravlenie Rosreestra po Yaroslavskoj oblasti. Yaroslavl, 2021. 101 p. [in Russian].
34. Effects of climate change on agriculture. STOWA. URL: <https://www.stowa.nl/deltafacts/zoetwatervoorziening/delta-facts-english-versions/effects-climate-change-agriculture>.
35. Climate risk and response. Physical hazards and socioeconomic impacts. McKinsey Global Institute. 2020. 150 p. URL: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/sustainability/our%20insights/climate%20risk%20and%20response%20physical%20hazards%20and%20socioeconomic%20impacts/mgi-climate-risk-and-response-full-report-vf.pdf>.
36. Fomenko G. A., Fomenko M. A. Ekosistemnye uslugi v ustojchivom ekosistemnom dizajne: uchebno-metodicheskoe posobie. [Ecosystem Services in Sustainable Ecosystem Design: A Study Guide]. Yaroslavl: ANO NIPI "Kadastr", 2021 (in print) [in Russian].