

*Сиптиц С.О., д.э.н.,
Романенко И.А., д.э.н.,
Евдокимова Н.Е., к.э.н.,
ВИАПИ имени А.А. Никонова – филиала ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ
Россия, Москва*

Информационные системы и модельный инструментарий сценарного анализа и прогнозирования развития агропродовольственных систем с учетом климатического фактора

Information systems and model tools for scenario analysis and forecasting of the development of agri-food systems, taking into account the climatic factor

Аннотация. В статье рассматриваются информационные системы и модельный инструментарий стратегического планирования для региональных агропродовольственных систем в условиях изменения климата для обоснования эффективной стратегии землепользования. Развитие информационных технологий дает современный инструментарий разработки мер адаптации агропродовольственных систем к долгосрочным климатическим изменениям.

Ключевые слова: региональные агропродовольственные системы, информационные системы, изменение климата, сценарии, прогнозирование, экономико-математическое моделирование.

Annotation. The article discusses information systems and model tools for strategic planning for regional agri-food systems in the context of climate change to substantiate an effective land use strategy. The development of information technologies provides a modern toolkit for developing measures for adapting agri-food systems to long-term climate change.

Key words: regional agri-food systems, information systems, climate change, scenarios, forecasting, economic and mathematical modeling.

Введение. Специфической особенностью сельскохозяйственного производства является влияние природно-климатических условий и особенно непостоянства погоды. Данные о климате с учетом местных особенностей могут во многом помочь в принятии решений.

Климатически оптимизированное сельское хозяйство (Climate-Smart Agriculture) – это подход, помогающий сориентировать действия, необходимые для преобразования и переориентации сельскохозяйственных систем для эффективной поддержки развития и обеспечения продовольственной безопасности в условиях изменяющегося климата [1]. Его основными целями заявлены: устойчивое повышение продуктивности и доходности сельского хозяйства; адаптация и повышение устойчивости к изменению климата; а также сокращение и/или прекращение выбросов парниковых газов, где это возможно.

Климатически оптимизированное сельское хозяйство решает задачи: какие агропродовольственные системы и меры их проектирования и регулирования нужны при прогнозируемых изменениях климата в конкретных местных условиях при условии не уменьшения производительности и/или доходов.

Климатически оптимизированное сельское хозяйство определяется местными, локальными природно-климатическими условиями и их локальной, местной динамикой. Это означает, что развитие любой региональной агропродовольственной системы должно прогнозироваться, проектироваться и регулироваться с глубоким пониманием пределов возможного региона, исторических, актуальных и прогнозируемых.

Инструменты оценки климатических воздействий были разработаны ФАО в рамках программы «Объединение информации и принятия решений для повышения продовольственной безопасности». Базис инструментария составляет система моделирования воздействий изменения климата на сельское хозяйство MOSAICC (Modelling System for Agricultural Impacts of Climate Change) - интегрированный пакет моделей для оценки воздействия изменения климата на сельское хозяйство, включая колебания урожайности сельскохозяйственных культур и их влияние на национальную экономику. Все модели и инструменты MOSAICC работают на центральном сервере, который позволяет пользователям общаться через веб-интерфейсы. Все модели подключены к уникальной пространственной базе данных, что облегчает обмен данными. Эта архитектура устраняет межплатформенные барьеры и позволяет пользователям отслеживать поток данных.

Современные возможности MOSAICC: оценка изменения климата на местном уровне; мониторинг воздействия изменения климата на водные ресурсы, урожай и продовольственная безопасность; анализ уязвимости; моделирование ответных мер политики в сельском хозяйстве; и т. д. (описание изложено с использованием [1-4]).

Влияние изменения климата вызывает растущую озабоченность лиц, принимающих решения. В сельском хозяйстве на растениеводство будет влиять сочетание факторов (климатических, физиологических, технологических, гидрологических, экономических) со сложным взаимодействием между ними. В этом контексте объединение разных моделей в единую систему моделирования дает несколько преимуществ [1-4]:

- Обмен данными между моделями последовательно затрагивает различные аспекты воздействия изменения климата. Кроме того, стандартизованные методы и инструменты позволяют пользователям проводить исследования воздействия в различных областях и получать результаты, которые можно сравнивать.

- Обмен данными стал проще, эффективнее и прозрачнее. Время обработки, необходимое для моделирования, сокращается, и информация может быть легко передана внешним пользователям через веб-интерфейсы.

- Создание междисциплинарной рабочей группы способствует сотрудничеству между экспертами.

Климатически оптимизированное сельское хозяйство необходимо для тактического и, особенно, стратегического планирования адаптации на местах. Нет недостатка в научных данных об изменении климата, но очень мало показателей имеет отношение к принятию решений на местах, в регионах, по ряду причин, включая слишком грубое разрешение для большинства анализов рисков, подробных прогнозов изменения климата на местах и т.д.

В комплект программного обеспечения для тактического и стратегического проектирования климатически оптимизированных агропродовольственных систем на сайте ФАО также доступны программа Climate Wizard (Мастер климата) и онлайн-инструмент MarkSimGCM (платформа для создания случайных погодных условий). Мастер климата позволяет как технической, так и нетехнической аудитории получить доступ к ведущей информации об изменении климата и визуализировать его проявления в любой точке Земли. Целью создания платформы MarkSimGCM была помощь онлайн-пользователям в генерации смоделированных ежедневных данных о погоде по всему миру. Она может предоставлять информацию об осадках, максимальной и минимальной температуре и солнечной радиации.

Одним из новейших подходов для разработки бизнес моделей развития агропродовольственных систем на региональном уровне является интегрированное моделирование (IAM). Модели различаются по наличию мер регулирования, уровню географической, экономической и технологической дезагрегации, степени детализации климатических воздействий, экономическим допущениям, горизонтам прогнозирования, трактовкам неопределенностей, реагированию субъектов в рамках модели на политику в области изменения климата и т.д. [5].

В настоящее время для проведения комплексных междисциплинарных исследований агропродовольственных систем предлагается использование интегрированной платформы IMAP (Integrated Modelling Platform for Agro-economic Commodity and Policy Analysis). На этой платформе базируются модели общего равновесия - GTAP, GLOBE, MAGNET, RegEU27 [5]. В ЕС на этой платформе были размещены также и инструменты для моделирования агропродовольственных рынков и анализа агропродовольственной политики. В рамках IMAP используются четыре модели частичного равновесия: AGLINK-COSIMO, CAPRI, ESIM, AGMEMOD [5]. Модели в IMAP используются в автономном режиме или в сочетании, чтобы охватить широкий круг тем, связанных с экономической оценкой политики развития сельского хозяйства.

Необходимость в стратегическом планировании развития Российской Федерации, ее территорий, а также отраслей экономики регламентируется Федеральным законом "О стратегическом планировании в Российской Федерации" от 28.06.2014г. №172-ФЗ. Практическое применение данного нормативного акта наталкивается на многочисленные трудности, связанные с отсутствием научно-методической основы стратегического планирования в отраслях экономики, неразвитостью информационного, программного, организационного обеспечения на местах. В органах регионального управления сельским хозяйством готовность решать задачи перспективного развития

находится на недостаточном уровне в силу перечисленных выше причин. Для реализации мероприятий Программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия в России создана вертикаль, осуществляющая функции годового планирования распределения государственных субсидий и контроля дисциплины выполнения региональных соглашений. Отсутствие всех необходимых элементов, перечисленных выше, для решения задач стратегического планирования на уровне регионов, очевидно, препятствует применению вышеназванного закона.

Наличие потребностей в разработке стратегий развития региональных агропродовольственных систем, с одной стороны, и отсутствие адекватного сложности данной проблемы инструментария, с другой, обуславливает актуальность заявленной темы исследований.

В настоящее время проблема разработки и анализа стратегических направлений развития региональных агропродовольственных систем в долгосрочной перспективе решается в основном экспертными методами, имеющими известные слабые стороны в силу своего субъективного характера, при этом влияние долгосрочных климатических изменений при этом не рассматривается. Вместе с тем существующие климатические вызовы могут существенным образом повлиять на устойчивость сельскохозяйственного производства, что доказано уже во многих работах как отечественных, так и зарубежных исследователей. В связи с этим разработка информационной технологии на основе модельного инструментария, который был обоснован и апробирован нами в рамках отчета за 2020 год [5] – задача актуальная, особенно в ситуации, когда в сценарных условиях необходимо учитывать изменение климата.

Материалы и методы. Методологической основой исследований послужил системный анализ, в соответствии с которым агропродовольственные системы разного уровня рассматриваются как экономические объекты, находящиеся во взаимодействии с внешним окружением, в котором выделяются почвенно-климатическая составляющая, макроэкономика, а также подсистема государственного регулирования. При этом реакция агропродовольственная система (далее – АПС) рассматривалась как поведенческая характеристика субъектов, осуществляющих производство и потребление продовольствия. Таким образом, методология стратегического планирования и прогнозирования развития региональных АПС с учетом долгосрочных климатических изменений понимается нами как научно обоснованный, информационно связанный и функционально полный набор методов комплексной диагностики и сценарного прогнозирования экономического состояния АПС в условиях долгосрочных климатических изменений.

Разработка новой информационной технологии, предназначенной для оценки вариантов стратегического развития региональных АПС России, позволит провести исследование влияния низко углеродной стратегии на АПС и оценить их устойчивость и эффективность.

В концептуальном плане такой инструментарий представляет собой реализованную в цифровой среде систему экономико-математических моделей, описывающих эволюцию основных характеристик АПС регионов, происходящую в условиях изменений климата и адаптирующуюся к этим изменениям за счет регулярной коррекции вектора развития. Особенностью данной информационной технологии является наличие сквозного тракта информационно согласованных элементов, среди которых - база сценариев (социально-демографические характеристики, экономическое окружение, региональные климатические характеристики, исторические данные о фазовых переменных АПС и пр.); модуль, выполняющий функции генератора сценариев; система экономико-математических моделей, реализованная в цифровой среде и состоящая из двух модулей, первый из которых описывает динамику производства, потребления, межрегионального и внешнеэкономического обмена видами продовольствия, второй модуль представляет собой непараметрическую эконометрическую модель границы производственных возможностей АПС региона вкупе с применением калибровочной процедуры для оценивания альтернативных издержек производства сельскохозяйственной продукции.

Результаты и их обсуждение. Проведенные исследования позволили получить следующие результаты:

Разработана структура программного средства, реализующего информационную технологию, обладающую способностью выполнить серию имитационных экспериментов по моделированию вариантов развития региональных АПС с оценкой эффектов, связанных с проектируемыми механизмами стратегического развития, являющихся элементами сценариев, включая климатические параметры.

- Разработаны основные принципы формирования сценариев и алгоритм имитационных экспериментов для прогнозных сценарных расчетов;
- Проведено информационное наполнение системы на основе имеющихся программно-аналитических средств;
- Модифицирована модель адаптации региональных АПС включением в ее состав блока баланса органического вещества почвенного слоя и блока конечного потребления продовольствия населением регионов;
- Проведена апробация программного средства, определены целевые структурные параметры региональных АПС, эффективных в эколого-экономическом отношении, выявлены стратегические направления размещения аграрного производства в условиях климатических изменений.

Кроме этого, при разработке методологии и инструментария стратегического планирования и прогнозирования развития региональных АПС с учетом долгосрочных климатических изменений были получены следующие результаты, имеющие элементы научной новизны:

Научно обоснованы представления о необходимости мер адаптации к климатическим изменениям как собственно АПС регионов, так и взаимодействующих с ними элементов внешнего окружения [6].

Разработана структурная схема распространения климатических воздействий по системным связям внешнего окружения и АПС регионов, составляющая аналитическую основу для моделирования, на базе которого могут быть сформированы наиболее эффективные «точки приложения» активностей, направленных на климатическую адаптацию аграрного сектора экономики [6].

Разработана классификация социально-экономических сценариев развития региональных АПС в долгосрочной перспективе. Алгоритм формирования сценарных условий выглядит следующим образом: формирование климатических сценариев, формирование макроэкономических условий функционирования АПС региона, демографический прогноз, формирование вариантов уровня научно-технологического развития в аграрной сфере, проектирование продовольственных технологических цепочек и прогнозирование эффектов их реализации [6].

Обоснованы методы и разработаны экономико-математические модели для оценки прогнозных значений параметров и переменных, описывающих сочетание климатических и социально-экономических процессов, протекающих в АПС разного уровня. Для получения соответствующих решений по адаптации АПС предлагается подход, состоящий в сочетании экспертных процедур с инструментарием экономико-математического моделирования [6].

Для решения задачи анализа состояния и тенденций развития региональных АПС разработан функциональный модуль, содержащий базовый набор методов обработки статистической информации, сопряженный с инструментальным средством «БД АПС-Регион». Модуль реализует следующие аналитические возможности: анализ производственного поведения АПС в разрезах отдельных отраслей, анализ финансового состояния, анализ технологической эффективности использования гидротермических условий в растениеводстве, анализ эффектов от специализации производства, анализ потребительского поведения и ряд других. Продуктивность перечисленных методов подтверждена их апробацией на реальных статистических данных [6].

Для оценки общих условий, влияющих на выбор стратегии развития АПС, разработана перекрестная типология сельских территорий на уровне муниципальных образования регионов по признакам «сельскости» и «социально-экономического развития», которая может быть использована как в экспертных процедурах, так и для обоснования критериев экономико-математических моделей оптимизации отраслевой структуры [6].

Проблему прогнозирования будущих состояний АПС региона предложено решать с использованием сформулированной в работе динамической модели, состоящей из системы конечно-разностных уравнений балансового типа к которым добавлены соотношения, описывающие эволюцию входящих в уравнения параметров [5]. Объектами моделирования являются:

- 1) земельные ресурсы АПС региона: сельскохозяйственные угодья и пашня с разбивкой по возделываемым культурам. При этом отраслевая структура растениеводства зависит от климатического сценария и может корректироваться за счет управляющего воздействия адаптивного регулятора;

2) почвенное плодородие (динамику гумуса, подвижного фосфора, обменного калия); изменение гумуса связывается с соотношением посевных площадей культур сплошного сева, пропашных, многолетних трав и паров; изменения в содержании элементов минерального питания растений связывается балансовыми соотношениями: поступление с минеральными и органическими удобрениями, корнепожнивными остатками растений; вынос с урожаем;

3) динамика поголовья сельскохозяйственных животных по отраслям задается уравнениями оборота соответствующих стад;

4) балансы продукции растениеводства и животноводства описываются в соответствии с существующими методиками; товарная часть продукции определяется после решения задачи оптимизации рационов кормления животных и формирования их кормовой базы.

Заключение. Таким образом, внедрение в практику цифровых платформ изменит технологическое развитие производства, в том числе и аграрной продукции по следующим направлениям:

1) сильное влияние цифровых платформ на новые технологии, за счет внедрения которых будет возможно решение большинства вопросов устойчивого развития и «автономизации» АПС.

2) ИТ-технологии с новыми бизнес-моделями приводят к самоорганизации, коротким цепочкам поставок, многофункциональному сельскому хозяйству и организации новых отношений города и деревни, рост влияния местных институтов.

В настоящее время именно транснациональные компании вкладывают много средств в развитие и продвижение информационных технологий, однако, без участия и поддержки государства развитие и планирование исследований в области цифровых информационных платформ эффективное внедрение этой технологии в жизнь невозможно. Во-первых, общественные цели, такие как продовольственная безопасность, занятость, региональное развитие, не гарантируются рынком автоматически. Во-вторых, часто ограниченное внимание крупного капитала к информационным разработкам вызвано его незащищенностью, быстрым распространением пиратских копий на рынке. Однако, объединение усилий государства и бизнеса в аграрном секторе для развития информационных технологий имеет смысл и по другим причинам:

- системные узкие места в проникновении цифровых технологий в сельское хозяйство и его логистические структуры;

- также необходимы единые стандарты, инфраструктура и т.д.

- необходима политическая и юридическая поддержка внедрения информационных технологий: защита конфиденциальности владения данными, баланса используемых мощностей, подключения небольших хозяйств к платформам и малобюджетных удаленных регионов и т.п..

- самое важное основание для сотрудничества власти и бизнеса в сельском хозяйстве путем создания информационных платформ то, что с помощью ИТ-технологий более привлекательно, чем путем регулирования можно решить

важнейшие проблемы развития: окружающая среда, безопасность пищевых продуктов, адаптация к климатическим изменениям и т. д.

Анализ зарубежного опыта показывает, что для принятия решений в области разработки стратегических направлений развития АПС регионов в условиях климатических изменений для сохранения их устойчивости и эффективности необходимо опираться на сценарный анализ и использовать междисциплинарный подход. Такие возможности предоставляют только информационные технологии, модельный инструментарий, расположенный на специализированных веб-платформах. При этом, в случае отсутствия веб-платформ (в Российской Федерации такие платформы пока отсутствуют), модели и информационные технологии могут существовать в автономном режиме.

Библиографический список:

1. <https://www.worldbank.org/en/topic/climate-smart-agriculture>.
2. <https://csa.guide/csa/tools>.
3. <https://www.fao.org/climatechange/34871-0c61824b36f6cd0dfe1daea75cf06e453.pdf>.
4. www.fao.org/climatechange/mosaicc/en/
5. Сиптиц С.О., Романенко И.А. и др. Разработать методологию и инструментарий стратегического планирования развития региональных агропродовольственных систем с учетом долгосрочных климатических изменений: отчет о НИР рег. № АААА-А19-119021390093-4. – Москва: ВИАПИ, 2020.
6. Сиптиц О.С., Романенко И.А. и др. Разработать методологию и инструментарий стратегического планирования развития региональных агропродовольственных систем с учетом долгосрочных климатических изменений: отчет о НИР ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ. Рег. № АААА-А19-119021390102-3. - Москва: ВИАПИ, 2019.
7. Жуйков В.И., Софьина Е.В., Шипунова М.В. Совершенствование механизма регулирования земельных отношений по решению проблем развития регионального сельскохозяйственного землепользования // Вопросы устойчивого развития общества. 2020г. - 4(2). С. 483-494
8. Кузнецов С.М., Ламанова А.О., Легалова И.В., Трещёва Е.Д. Ресурсосбережение при возведении земляных сооружений // Вопросы устойчивого развития общества.- 2020.- №8.- с.254-260
9. Литра Е. Н. Исторические аспекты формирования модели уголовно-правовой охраны земли // Вопросы устойчивого развития общества.- 2020.- №11.- с.328-331