

Социально-экономическая география и вызовы пространственного развития

УДК 910.1

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-3-62-74

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Носонов А.М.

Национальный исследовательский

Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарёва

430005, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68,

Российская Федерация

Аннотация. В статье рассмотрена проблема применения математических моделей при изучении динамики развития сельского хозяйства. На основе анализа продуктивности сельского хозяйства за более чем за 100-летний период выявлена цикличность развития сельскохозяйственного производства. С использованием метода спектрального анализа доказано существование 64-летних длинных циклов Кондратьева, которые предложены для разработки социально-экономического прогноза развития аграрной отрасли до 2042 г. Автор делает вывод о перспективности сопряженного применения как традиционных, так и новых методов математического моделирования в агрогеографических исследованиях.

Ключевые слова: моделирование, методы принятия решений, Data Mining, агрогеосистемы, сельское хозяйство, прогнозирование.

MODERN METHODS FOR SPATIAL MODELING OF THE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

A. Nosonov

National Research Ogarev Mordovia State University

Bolshevistskaya ul. 68, 430005 Saransk, Russian Federation

Abstract. We consider the problem of applying mathematical models to study the dynamics of agricultural development. Based on the analysis of agricultural productivity for more than a 100-year period, the cyclical nature of the development of agricultural production has been revealed. Using the method of spectral analysis, the existence of 64-year long Kondratieff cycles is proved, which form the basis for the development of the socio-economic forecast for the de-

velopment of the agrarian sector until 2042. It is concluded that the joint application of both traditional and new methods of mathematical modeling in agrogeographic research is promising.

Key words: modeling, decision-making methods, data mining, cyclicity, agroecosystems, agriculture, forecasting, innovation.

Введение

Распространение системного подхода в географических исследованиях в середине XX в. сопровождалось расширением области применения методов математического моделирования при изучении территориальных систем. По мнению Ю.Г. Саушкина, главная особенность применения моделей в географии заключается в возможности экспериментировать с нею, что является основой управления оригиналом объекта и целенаправленного изменения тех или иных его свойств в нужном для человека направлении [11].

Главная цель моделирования в агрогеографических исследованиях – изучение особенностей территориальной организации сельского хозяйства как основы выявления закономерностей функционирования пространственных сельскохозяйственных систем (агроэкоэкологических систем), их взаимоотношений между собой под влиянием внешних факторов для принятия управленческих решений по их дальнейшему развитию.

Для научного обеспечения развития аграрной отрасли традиционно требуется использование разнообразных концептуальных, математических и геоинформационных моделей [8; 9]. При этом имеется целый ряд ограничений моделирования функционирования и развития агроэкоэкологических систем. Это обусловлено тем, что любая модель является менее сложным воспроизведением изучаемого объекта, вследствие чего она воспроизводит лишь малую

часть особенностей функционирования и развития агроэкоэкологических систем в целом. Важным ограничением моделирования является корректность выбора математического аппарата построения модели, который, во-первых, должен быть как можно проще, во-вторых, позволял более адекватно интерпретировать и объяснять результаты моделирования. Кроме того, особенность агрогеографических исследований заключается в большом объеме используемой исходной информации, ее неоднородности и неопределенности. Все это вызывает необходимость разработки качественно новых моделей принятия решений в аграрной отрасли для выявления и исследования территориальных закономерностей и особенностей современного инновационного развития сельского хозяйства. Для этих целей перспективно использование сопряженной системы традиционных методов (оптимизационные модели), методов интеллектуального анализа данных (Data Mining), экспертной оценки, имитационных математических и геоинформационных моделей.

Актуальность решения данной проблемы усиливается в настоящее время в результате изменения макроэкономического положения в России, что оказывает существенное влияние и на обеспечение продовольственной безопасности страны. Это связано с изменением внешнеэкономической торговой политики России в области агропродовольственных товаров в

ответ на санкционное давление ряда стран, поставщиков сельскохозяйственной продукции, что вызвало необходимость корректировки национальной аграрной политики в направлении расширения собственного производства в агропромышленном комплексе Российской Федерации на инновационной основе.

В результате осуществления современной политики России, направленной на импортозамещение сельскохозяйственной продукции, впервые с 90-х гг. XX в. удалось добиться почти полного обеспечения основными продуктами питания (за исключением отдельных видов животноводческой продукции) в соответствии с требованиями Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО). Этому способствовала политика продовольственного импортозамещения на основе целевого финансирования, которое было направлено на качественное улучшение средств производства и оборудования, на развитие производственной и социальной инфраструктуры и развитие качественного потенциала трудовых ресурсов.

Постановка проблемы

Осложнение продовольственной безопасности снижает уровень обеспечения населения продовольствием и сырьем как на региональном уровне, так и в глобальном масштабе. Рост производства сельскохозяйственной продукции во всех странах и регионах происходит в существенной степени в результате непрерывного повышения затрат природных, материально-технических ресурсов, которые крайне ограничены.

Для России обеспечение продовольственной безопасности имеет общегосударственное значение, являясь главной задачей стабилизации экономики всей страны. В современных условиях ситуация в аграрной отрасли усложнилась в связи с введением норм и правил ВТО, а также экономического давления западных стран, что создает новые угрозы и риски продовольственной безопасности страны. Учитывая крайне ограниченные материальные, трудовые и финансовые ресурсы в аграрной отрасли, обеспечение продовольственной безопасности страны должно опираться на рациональное использование природных предпосылок и социально-экономических ресурсов территории. В современных условиях это требует развития сельского хозяйства на инновационной основе. Инновационное развитие агропромышленного комплекса направлено на более полное использование природного потенциала в результате повышения уровня механизации, химизации, различных видов мелиораций, новых агротехнических приемов, широкого использования селекции и биотехнологий. Все это требует соответствующего научного обеспечения, в частности выявления временных закономерностей эволюции сельского хозяйства на основе оригинальных методов и моделей поддержки принятия управленческих решений инновационным развитием АПК.

Одним из главных направлений данных исследований является выявление циклично-генетических закономерностей развития сельского хозяйства в течение продолжительного времени. Этот объективный процесс во многом определяет дальнейшее раз-

вите аграрной отрасли. Анализ динамики развития сельского хозяйства требует совершенствования системы сбора, хранения и аналитической работы с информацией для выработки управленческих решений с целью повышения конкурентоспособности аграрного бизнеса. Это направление активно развивается за рубежом, при этом в России подобные исследования для поддержки бизнеса (особенно аграрного) находятся на начальном этапе, что снижает возможности конкурентоспособности российской экономики и не соответствуют главным направлениям развития научных разработок в мире. Для решения этих задач необходима разработка методологических подходов и создание оригинальных моделей принятия решений по активизации развития сельского хозяйства с учетом циклично-генетических закономерностей и современных инновационных тенденций.

Обзор ранее выполненных исследований

В современной социально-экономической географии и экономике накоплены значительные знания в области теории, методологии и методов разработки различных математических моделей для решения широкого круга задач территориальной организации сельского хозяйства. Однако большинство работ отечественных ученых направлены на изучение ограниченного круга региональных вопросов аграрной политики без необходимой теоретико-методологической основы. В то же время в современной науке и конкретных областях хозяйственной деятельности созданы достаточно эффективные системы поддержки принятия

и реализации управленческих решений. Они максимально адаптированы для решения управленческих задач и представляют собой инструмент оказания поддержки лицам, принимающим решения. Преимуществом данных систем является возможность их применения для анализа и выбора методов решения слабоструктурированных и многокритериальных задач, которые преобладают в сельском хозяйстве.

Особенность создания систем принятия решений связана с обработкой больших объемов информации, которые требуют современной компьютерной техники и сложного программного обеспечения. В целом система поддержки принятия решений направлена на выбор наиболее оптимальных решений из всех возможных и ранжирование (упорядочение) возможных решений по степени важности и приоритетности.

Разработка систем принятия решений связана с использованием разнообразных методологических подходов и методических приемов: процесс поиска неструктурированной документальной информации (информационный поиск); Data Mining (глубинный анализ данных, интеллектуальный анализ данных); решение новых проблем на основе уже известных решений (рассуждение по аналогии); имитационное математическое моделирование; методы искусственного интеллекта (экспертные системы, генетические алгоритмы, байесовские сети доверия, вербализация нейронных сетей, когнитивный анализ и моделирование) (А.А. Барсебян, М.С. Курянов, В.В. Степаненко, С. Хайкин, Д. Э. Ханк, R. Ackoff, M. Akhmet, M.O. Fen, T. Kohonen и др.) [4; 12; 17].

При разработке систем поддержки принятия решений в управлении экономикой широко используются методы интеллектуального анализа (Data Mining). Данные методы позволяют выявить в большом объеме информации скрытые закономерности, что имеет большое значение для извлечения конструктивной информации, необходимой для принятия управленческих решений. Моделирование с использованием технологии интеллектуального анализа данных включает несколько последовательных этапов: сопоставление, систематизация и классификация, эмпирическое и теоретическое обобщение, абстрагирование и др. В результате этого создается математическая модель, которая используется для принятия решений в различных отраслях человеческой деятельности (Г. Пятацкий-Шапиро, А.В. Андрейчиков, В.А. Дюк, А.П. Самойленко, А.М. Дубров, В.С. Мхитарян, Т.К. Кравченко, Г.И. Перминов, Р.Г., Степанов, И.З. Батыршин, Н.Г. Ярушкина, Н. Edelstein, Yuan-Sheng Huang, L.A. Zadeh, P. Young, M. Amberg, T. Arslan, W. I. Atkinson, R.B. Bruce, T. Jeffrey, L. Dietrich, W. Schirra, D.F. Midgley, I.H. Witten, Jun-Hua Zhou, E. Frank, M.A. Hall и др.) [4; 12; 18]. Достоинством методологии Data Mining является возможность совмещения строго формализованных методов и технологии неформального анализа, т. е. появляется возможность сопряженного использования количественной и качественной оценки результатов моделирования.

Интеллектуальный анализ данных включает как традиционные методы и методические приемы, так и методы искусственного интеллекта: нейронные и байесовские сети до-

верия (Bayesian Believe Network), метод k -ближайшего соседа (k -nearest neighbors algorithm), алгоритмы обучения с учителем (support vector machine), различные модификации дискриминантного и кластерного анализов; метод перебора альтернатив, эволюционное программирование (Evolutionary programming) и генетические алгоритмы (genetic algorithm), нечеткие множества (fuzzy sets) и проч. (А. Кофман, А.А. Барсегян, М.С. Куприянов, В.В. Степаненко, И.И. Холод, О.А. Петрова, S. Abe, I. Aizenberg, S. Haykin, J. Han, M. Akhmet, E. Yimaz, M. Kamber, A. Konar, S. Mitra, T. Acharya, C. R. Alavala, L. V. Fausett, P. Melin, P. Peretto, T. Kohonen, R. Abielmona, R. Falcon, N. Zincir-Heywood, H. A. Abbass, J. Bell, Zhang Y., S. Xu, S. Lai и др.) [5; 17–19].

К перспективным методам интеллектуального анализа данных относится когнитивное моделирование, которое используется для обоснования принятия оптимальных управленческих решений в условиях неопределенности и поиска различных вариантов развития процессов и явлений в управляемом объекте с учетом причинно-следственных связей между его компонентами, а также количественной и качественной оценки взаимовлияния наиболее существенных факторов управления и условий внешней среды.

В построении систем поддержки решений в сельском хозяйстве широко используется имитационное моделирование. Известный специалист в этой области Р. Шеннон считает, что главное достоинство этого вида моделирования заключается в его относительной простоте вследствие возможности

воспроизводить развитие сложных реальных систем в тех случаях, когда на реальном объекте этого сделать нельзя [14]. Академик Н.Н. Моисеев считал, что имитационные модели представляют собой систему математических моделей, которые наиболее адекватно объясняют (имитируют) изучаемый процесс для формулировки различных вариантов решений и оценки их результатов на основе соответствующего программного обеспечения [7].

Сущность имитационных моделей заключается в построении механизма, который воспроизводит процесс функционирования и развития изучаемой реальной системы при сохранении ее структуры и функций. Под имитацией понимается компьютерные эксперименты с математическими моделями по различным сценариям для обоснования оптимальных вариантов развития реальной системы [9; 12].

Для принятия решений в области управления агропродовольственными системами необходимо изучение циклично-генетических закономерностей их функционирования, что служит основой прогнозирования дальнейшего развития территориальных систем [2; 3; 5; 8; 13; 16]. Основы изучения циклических процессов в экономике берут начало в работах Н.Д. Кондратьева [6] и получают дальнейшее развитие в трудах Й. Шумпетера [15]. В настоящее время для выявления циклических процессов используются все более сложные методы, ранее применяющиеся только в естественных и технических науках. Так, А. Акаев [1] разработал методику математического моделирования инновационных циклов Й. Шумпетера на основе применения модели марковских случайных

процессов с дискретным временем. А.В. Коротаяев и С.В. Цирель [13] разработали модифицированную методику оценки экономических циклов с использованием спектрального анализа динамики мирового ВВП за 1870-2007 гг. Данная методика применена Т. Кушинским для обнаружения длинных волн в динамике объема мирового аграрного производства, общей величине мирового экспорта с 1850 г. по 1976 г. [20].

Полученные результаты и их обсуждение

Важным направлением исследований, необходимых для принятия решений в области управления сельским хозяйством, является выявление и моделирование циклично-генетических закономерностей функционирования и развития агрогеосистем. Для проведения данных исследований необходим выбор соответствующих критериев и наличие продолжительных временных рядов. Единственный показатель, который отвечает этим требованиям – данные урожайности зерновых культур. Эти показатели представлены самыми длинными временными рядами – с 1883 г. (когда появились первые официальные данные по сельскохозяйственной статистике Европейской России) по настоящее время, т. е. данными за более чем 100-летний период. Методической проблемой являлось сопоставление границ предыдущих и современных административно-территориальных единиц, что было решено на основе ГИС-технологий. В итоге погрешность (по площади территории) составила около 3,5 %, что существенно не повлияло на конечный результат.

Применение показателей продуктивности сельского хозяйства обоснованно по ряду соображений: во-первых, они в целом отражают соотношение объема валовой продукции и затраты материальных и трудовых ресурсов, т. е. эффективность сельскохозяйственного производства; во-вторых, повышение урожайности основных сельскохозяйственных культур отражает совокупное воздействие организационно-управленческих, технико-технологических, экономических и социально-политических инноваций, что способствует интенсификации сельского хозяйства, а также учитывает природную цикличность.

Информационной основой моделирования послужили базы данных по урожайности зерновых культур на территории Европейской России с 1883 г. На первом этапе производился отбор моделей, которые наиболее адекватно описывают процессы цикличности сельского хозяйства. Для этих целей были рассмотрены и апробированы алгоритмы следующих математических моделей: полиномиальная регрессия, интегро-дифференциальные уравнения, сплайны, функция Грина волнового уравнения, модификация метода структурной и параметрической идентификации модели, спектральный анализ. Лучшие результаты были получены при использовании спектрального анализа. Данный метод и был использован для выявления циклических колебаний в сельском хозяйстве на примере динамики продуктивности зернового хозяйства.

Результаты моделирования послужили основой выявления циклических закономерностей сельского хозяйства. Выявленные циклы в

сельском хозяйстве характеризовались большей длительностью (64 года), в отличие от общеэкономических длинных циклов Кондратьева (45–60 лет). Это связано со значительной инерционностью сельского хозяйства, большой длительностью смены основных фондов, меньшей восприимчивостью к инновациям и сильным воздействием природной ритмики. Периодограмма оценки спектральной плотности мощности представлена несколькими высшими точками: максимальная расположена на частоте около 0,01 (что соответствует 64 годам), менее выражена частота 0,02 (42-летний период) (рис. 1).

Полученные результаты спектрального анализа использованы для разработки социально-экономического прогноза развития сельского хозяйства с учетом цикличности его эволюции. Прогнозирование цикличности развития аграрной сферы до 2042 г. проведено с использованием полиномиальной возрастающей тенденции и циклической модели Фурье [5; 8]. Была применена методика преобразования периодических функций в систему тригонометрических уравнений, которые называются гармониками. Данный метод использован для аналитического выражения циклических изменений, которые имеют форму синусоиды. Результаты прогнозирования показывают, что в настоящее время сельское хозяйство находится в понижательной фазе, которая продлится до 2020-х гг., затем произойдет активизация аграрного производства, наивысший уровень развития прогнозируется к середине 2040-х гг. (рис. 2). Это будет достигнуто главным образом за счет внедрения инноваций в АПК: модернизации технико-техно-

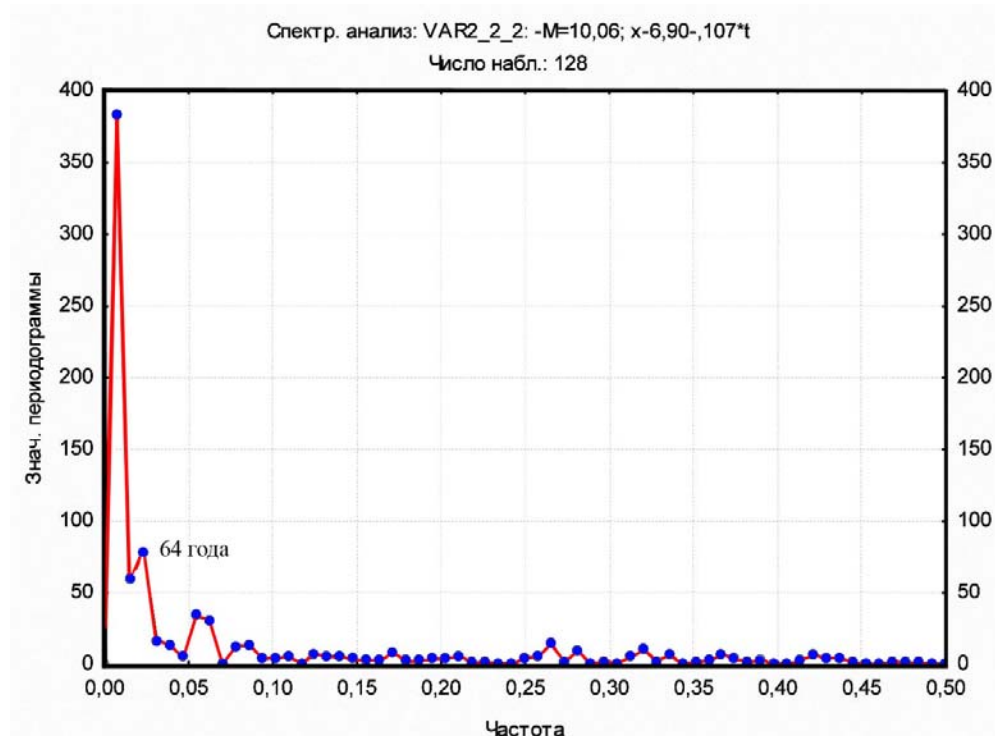


Рис. 1. Оценка спектральной плотности мощности на основе квадрата модуля преобразования Фурье

логических основ производства; применения биотехнологий; расширения площадей мелиорированных земель; увеличения количества вносимых удобрений; улучшения организационных механизмов управления; совершенствования информационного обеспечения управляющих решений.

Выводы

1. Главным направлением современных исследований в географии сельского хозяйства является разработка теоретико-методологических основ и методических приемов математического и геоинформационного моделирования социально-экономических процессов в быстро изменяющихся условиях функционирования аграр-

ной сферы. Это требует разработки оригинальных методов моделирования для поддержки принятия управленческих решений с учетом инновационного развития АПК и анализа временной составляющей этого процесса. Только на основе выявленных долгосрочных тенденций развития сельского хозяйства, которые носят циклический характер, могут быть выработаны эффективные меры по совершенствованию существующей территориальной организации сельского хозяйства.

2. Соответствие разрабатываемых моделей и механизмов поддержки принятия решений реальному объекту во многом связано с качеством выполнения предыдущих этапов исследования: выявления факторов территориаль-

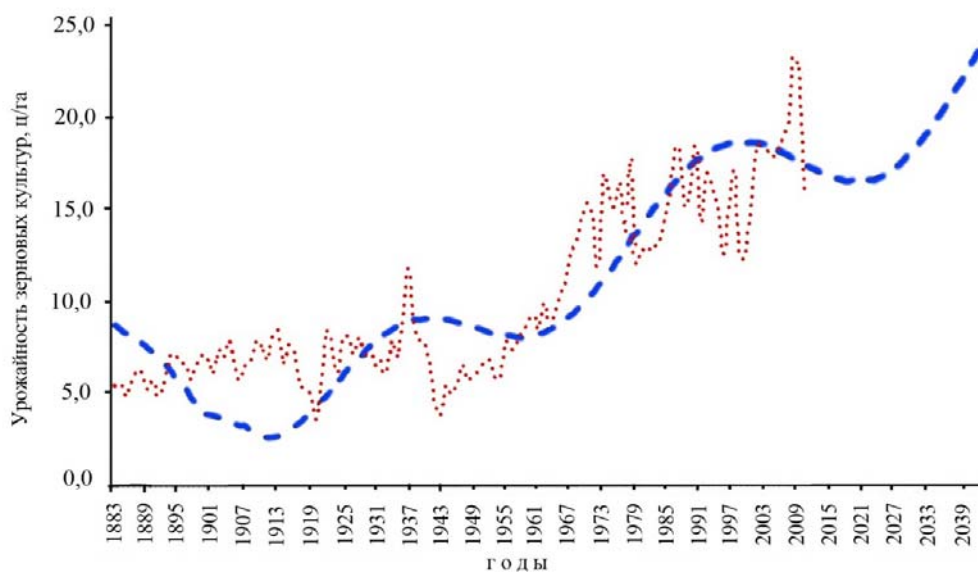


Рис. 2. Результаты прогнозирования цикличности сельского хозяйства России до 2042 г.: фактическая урожайность зерновых культур; прогнозные данные (ц/га)

ной дифференциации сельскохозяйственного производства; изучения динамики развития аграрной отрасли и сложившейся территориальной и отраслевой структуры сельского хозяйства; исследование пространственных и циклично-генетических закономерностей развития агрогеосистем и др.

3. Определение конкретного метода моделирования на основе процедуры интеллектуального анализа данных производится в соответствии с целью и задачами исследования, учитывает уровень социально-экономического развития и местные условия регионов.

4. Пространственные агропроизводственные системы, функционирующие в современных условиях под воздействием агротехнических, технологических инноваций, являются многокомпонентным, иерархическим, слабоструктурированным и многокритериальным объектом. Поэтому при разработке методов и моделей

принятия решений должны учитываться следующие особенности сельского хозяйства:

- значительный уровень неопределенности при принятии решений на стадии изучения и оценки внутренней и внешней среды отрасли и выбора различных вариантов развития;

- при выявлении механизмов принятия решений важной методологической проблемой является обоснование сопряжения как четко структурированных формализуемых проблем, так слабо формализованных, «нечетких» явлений и процессов;

- существенное воздействие на эффективность сельского хозяйства оказывают ландшафтные особенности регионов и природная цикличность (циклы солнечной активности, частота повторяемости засух, кратко- и среднесрочные ритмы урожайности и др.);

- присутствие в сельском хозяйстве сезонных циклов в течение года;

– высокий уровень инерционности отрасли и низкая восприимчивость к инновациям, что обуславливает значительную продолжительность аграрных кризисов;

– большая, по сравнению с промышленностью, продолжительность использования основных средств производства;

– первостепенная значимость для развития сельского хозяйства организационно-производственной модернизации, агротехнических и технологических инноваций (совершенствование систем землепользования и землевладения, повышение уровня обеспеченности сельскохозяйственной техники, увеличение количества вносимых удобрений, расширение площадей мелиоративных земель и др.).

5. Результаты моделирования циклического развития сельского хозяйства позволили выявить два этапа его развития: 1883–1955 гг. (преимущественно экстенсивное развитие) и 1955–2016 гг. (главным образом интенсивное развитие). В течение первого периода увеличение объемов сельскохозяйственного производства происходило в результате расширения посевных площадей, аграрных реформ, в том числе и преобразования форм собственности и др. На протяжении второго периода повышения продуктивности сельского хозяйства явилось следствием совершенствования всей системы использования земель: введения новых более эффективных севооборотов, увеличения площадей мелиорированных земель, повышения уровня и качества механизации аграрной сферы, увеличение объемов применения минеральных удобрений, модернизации системы организации производства и др.

6. Можно выделить следующие пространственно-временные закономерности функционирования и развития территориальных систем сельского хозяйства:

– процесс эволюции аграрного производства в течение длительного временного отрезка в целом соответствует основным этапам интенсификации сельского хозяйства;

– главными направлениями развития сельскохозяйственного производства с 1883 по 2016 гг. являются повышение доли обрабатываемых земель в общей земельной площади и расширение в их составе удельного веса кормовых и технических культур, что является важной предпосылкой усиления животноводческой специализации отрасли;

– длинные циклы в сельском хозяйстве, в отличие от кондратьевских длинных волн, отличаются большей длительностью (около 64 лет) и не имеют тенденции к их сокращению на протяжении исследуемого периода;

– циклично-генетические закономерности эволюции сельского хозяйства обусловлены сопряженным воздействием совокупности природных условий, экономических, социально-демографических и организационно-правовых и управленческих факторов, а также процессов диффузии инноваций;

– выявлено сильное влияние на экономические циклы в сельском хозяйстве природной ритмики, особенно циклов солнечной активности (выявленные 64-летние циклы соответствуют примерно шести солнечным циклам с длительностью около 11 лет).

Статья поступила в редакцию 20.06.2018

ЛИТЕРАТУРА

1. Акаев А.А. Анализ экономических циклов с помощью математической модели марковских случайных процессов. ДАН РФ, 2006. Т. 409. № 26. С. 727–731.
2. Бабурин В.Л. Инновационные циклы в российской экономике. М.: КРАСАНД, 2010. 216 с.
3. Бабурин В.Л., Земцов С.П. Инновационный потенциал регионов России. М.: «КДУ», «Университетская книга», 2017. 358 с.
4. Барсеян А., Куприянов М., Степаненко В., Холод И. Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining. СПб.: БХВ-Петербург, 2004. 336 с.
5. Иванова И.А. Прогнозирование экономических рисков в сельском хозяйстве с учетом цикличности его развития // Вестник Новосибирского государственного университета экономики и управления. 2013. № 4. С. 229–238.
6. Кондратьев Н.Д. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения. М.: Экономика, 2002. 767 с.
7. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. М.: Наука, 1981. 487 с.
8. Носонов А.М. Моделирование экономических и инновационных циклов в сельском хозяйстве // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2014. № 1 (238). С. 24–33.
9. Носонов А. М. Циклично-генетические закономерности инновационного развития сельского хозяйства России // Журнал экономической теории. № 1. 2015. С. 89–96.
10. Пространство циклов: Мир – Россия – регион / Под ред. В.Л. Бабурина, П.А. Чистякова. М.: Изд-во ЛКИ, 2007. 320 с.
11. Саушкин Ю.Г. Избранные труды. Смоленск: Универсум, 2001. 416 с.
12. Синергия пространства: региональные инновационные системы, кластеры и потоки знания / Отв. ред. А.Н. Пилясов. Смоленск: Ойкумена, 2012. 760 с.
13. Системный мониторинг: глобальное и региональное развитие / Ред. Д.А. Халтурина, А.В. Коротаев. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. 296 с.
14. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. – М.: Мир, 1978. 381 с.
15. Шумпетер Й. Теория экономического развития. Капитализм, социализм и демократия. М: Эксмо, 2007. 864 с.
16. Яковец Ю.В. Циклы. Кризисы. Прогнозы. М.: Наука, 1999. 448 с.
17. Ackoff R. Systemic View of Transformational Leadership // Systemic Practice and Action Research. February 1998, Vol. 11, Iss. 1. P. 23–36.
18. Akhmet M., Fen M.O. Replication of Chaos in Neural Networks, Economics and Physics. New York: Springer, 2016. 457 p.
19. Kohonen T. Self-Organizing Maps (Third Extended Edition). New-York, 2001. 501 p.
20. Kuczynski Th. Spectral Analysis and Cluster Analysis as Mathematical Methods for the Periodization of Historical Processes // Kondratieff Cycles – Appearance or Reality? Vol. 2. Edinburgh: International Economic History Congress. 1978. P. 79–86.

REFERENCES

1. Akaev A.A. [The analysis of economic cycles using the mathematical model of Markov random processes]. In: Doklady Akademii nauk. Tom 409 [Reports of the Academy of Sciences of the Russian Federation. Vol. 409], 2006, no. 26, pp. 727–731.
2. Baburin V.L. Innovatsionnye tsikly v rossiiskoi ekonomike [Innovation cycles in Russian economy]. Moscow, KRASAND Publ., 2010. 216 p.
3. Baburin V.L., Zemtsov S. P. Innovatsionnyi potentsial regionov Rossii [Innovative potential of Russian regions]. Moscow, KDU, Universitetskaya kniga Publ., 2017. 358 p.

4. Barsegyan A., Kupriyanov M., Stepanenko V., Kholod I. *Metody i modeli analiza dannykh: OLAP i Data Mining [Methods and models of data analysis: OLAP and Data Mining]*. SPb., BKHV-Peterburg Publ., 2004. 336 p.
5. Ivanova I.A. [Forecasting of economic risks in agriculture with allowance for the cyclical nature of its development]. In: *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta ekonomiki i upravleniya*, 2013, no. 4, pp. 229–238.
6. Kondrat'ev N.D. *Bol'shie tsikly kon'yunktury i teoriya predvideniya [Big cycles of conjuncture and theory of foresight]*. Moscow, Ekonomika Publ., 2002. 767 p.
7. Moiseev N.N. *Matematicheskie zadachi sistemnogo analiza [Mathematical problems of system analysis]*. Moscow, Nauka Publ., 1981. 487 p.
8. Nosonov A.M. [Modeling the economic and innovation cycles in agriculture]. In: *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost'*, 2014, no. 1 (238), pp. 24–33.
9. Nosonov A.M. [Cyclical-genetic regularities of innovative development of Russian agriculture]. In: *Zhurnal ekonomicheskoi teorii*, no. 1, 2015, pp. 89–96.
10. *Prostranstvo tsiklov: Mir – Rossiya [Space of cycles: World – Russia]*. Moscow, LKI Publ., 2007. 320 p.
11. Saushkin Yu.G. *Izbrannye trudy [Selected works]*. Smolensk, Universum Publ., 2001. 416 p.
12. *Sinerziya prostranstva: regional'nye innovatsionnye sistemy, klasteri i peretoki znaniya / Otv. red. A.N. Pilyasov [Synergy of space: regional innovation systems, clusters, and flows of knowledge / Edited by A.N. Pilyasov]*. Smolensk, Oikumena Publ., 2012. 760 p.
13. *Sistemnyi monitoring: global'noe i regional'noe razvitie / Red. D.A. Khalturina, A.V. Korotaev [System monitoring: global and regional development / Edited by D.A. Khalturina and A.V. Korotaev]*. Moscow, Knizhnyi dom «LIBROKOM» Publ., 2010. 296 p.
14. Shannon R. *Systems Simulation: The Art and Science*. New York. Prentice Hall, 1975. 387 p.
15. Schumpeter J.A. *The theory of economic development: an inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle*. Translated from German by Redvers Opie. New York, OUP, 1961.
16. Yakovets Yu.V. *Tsikly. Krizisy. Prognozy [Cycles. Crises. Forecasts]*. Moscow, Nauka Publ., 1999. 448 p.
17. Ackoff R. *Systemic View of Transformational Leadership*. In: *Systemic Practice and Action Research*, 1998, vol. 11, iss. 1, pp. 23–36.
18. Akhmet M., Fen M.O. *Replication of Chaos in Neural Networks, Economics and Physics*. New York, Springer, 2016, 457 p.
19. Kohonen T. *Self-Organizing Maps (Third Extended Edition)*. New-York, 2001, 501 p.
20. Kuczynski Th. *Spectral Analysis and Cluster Analysis as Mathematical Methods for the Periodization of Historical Processes*. In: *Kondratieff Cycles – Appearance or Reality?* Vol. 2. Edinburgh, International Economic History Congress, 1978, pp. 79–86.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Носонов Артур Модестович – доктор географических наук, доцент, профессор кафедры физической и социально-экономической географии Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарёва;
e-mail: artno@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Artur M. Nosonov – Doctor of Geography, Associate Professor, Professor of the Department of Physical and Socio-Economic Geography, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education ‘National Research Ogarev Mordovia State University’;
e-mail: artno@mail.ru

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Носонов А.М. Современные методы моделирования развития сельского хозяйства // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2018. № 3. С. 62–74.

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-3-62-74

FOR CITATION

Nosonov A. Modern Methods for Spatial Modeling of the Development of Agriculture. In: *Bulletin of the Moscow State Regional University, Series: Natural Sciences*, 2018, no 3, pp. 62–74.

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-3-62-74