

ТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО АПК В АСПЕКТЕ ТЕОРИИ СЛОЖНОСТИ

Виктор Александрович Панфилов, академик РАН

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

E-mail: vap@rgau-msha.ru

Аннотация. Статья посвящена проблемной области агропромышленного комплекса России – сложности формируемой совокупности технологий. В центре внимания находится теория сложности, реализуемая в рамках синергетики. Круг обсуждаемых вопросов включает: предпосылки для определения теории сложности в сельскохозяйственной науке; создание обобщенной концепции сложности технологий АПК; архитектуру сложности производящих, перерабатывающих и пищевых технологий как единого целого; особенности математического аппарата для моделирования технологических комплексов АПК; эмерджентный эффект, возникающий при взаимодействии разнородных технологий, имеющих единую цель; проектирование сложности соединяемых технологий; темп развития объединяемых технологий; технологические требования к выходным параметрам процессов по всей технологической цепочке; особенности проектирования сложных технологий с количественной оценкой уровня их сложности; рассмотрение технологической системы как объекта синергетики. Особое внимание уделено диалектическому развитию комплексов современных инновационных технологий как теоретической основе вхождения АПК России в Шестой технологический уклад.

Ключевые слова: теория сложности, синергетика, Шестой технологический уклад, архитектура сложности технологий, становление теории сложности технологий АПК

TECHNOLOGIES OF THE FUTURE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX IN THE ASPECT OF COMPLEXITY THEORY

V.A. Panfilov, Academician of the RAS

K.A. Timiyazev Russian State Agrarian University – MTAA, Moscow, Russia

E-mail: vap@rgau-msha.ru

Abstract. The article is devoted to the problem area of the Russian agro-industrial complex – the complexity of the emerging set of technologies. The focus is on complexity theory, implemented within the framework of synergetics. The range of issues discussed are includes: prerequisites for the formation of complexity theory in agricultural science; creation of a generalized concept of the agricultural technologies complexity; architecture of the complexity of production, processing and food technologies as a whole; features of the mathematical apparatus for modeling agro-industrial complex technological complexes; an emergent effect that arises from the interaction of heterogeneous technologies that have a common goal; designing the complexity of connected technologies; the pace of the combined technologies development; technological requirements for the output parameters of processes throughout the entire technological chain; features of the design of complex technologies with a quantitative assessment of their level of complexity; consideration of a complex technological system as an object of synergetics.

Particular attention was paid to the dialectical development of complexes of modern innovative technologies as the theoretical basis for the entry of the Russian agro-industrial complex into the Sixth technological order.

Keywords: complexity theory, synergetics, Sixth technological order, technology complexity architecture

Освоение Пятого технологического уклада и создание предпосылок для Шестого – приоритетные направления развития АПК России до конца XXI века. Современные инновационные технологии агропромышленного комплекса формируют новую проблемную область – сложность этих технологий, представляемая теорией сложности. [8]

Возникшие ранее парадигмы системного подхода и кибернетики не дают возможности исследователю установить закономерности сложной технологии производства продовольствия как органичного целого: от создания сельскохозяйственного сырья растительного и животного происхождения до готовых упакованных продуктов питания.

Теория сложности реализуется в рамках относительно новой междисциплинарной науки – синергетики. [3]

В основу статьи положены исследования ученых в области теории сложности: В.И. Аршинова, В.Г. Буданова, В.Э. Войцеховича, Е.Н. Князевой, К. Майнцера, Э. Морена, Г. Николиса, В.В. Орлова, И. Пригожина, Н.Решера, Я.И. Свирского и других.

Цель работы – показать особенности архитектуры и проектирования технологических систем будущего АПК как сложных целостных образований.

Сложность технологий как объективная реальность. Предпосылки для формирования теории сложности в сельскохозяйственной науке:

- множество биологических, биохимических, химических, физико-химических и физических процессов преобразования их входа в выход;
- большое количество связей материальных, энергетических и информационных между технологическими процессами;
- открытость процессов преобразования технологических сред для воздействия внешней среды;
- нестабильность выходов процессов преобразования технологических сред;
- нелинейность динамики функционирования технологических процессов;
- сложность совокупности технологий АПК как *сложность* производящих, перерабатывающих и пищевых технологий;

– необходимость формирования математического аппарата для моделирования сложной технологии, который сможет описать стохастичность ее процессов.

Требуется пересмотреть основания различных сельскохозяйственных наук для того, чтобы выйти на новую индустриализацию АПК. [14] Такой подход предполагает становление теории сложности технологий АПК как научной парадигмы, для которой характерны междисциплинарность и диалектические основания научных изысканий.

Сложные технологические системы состоят из различных взаимодействующих частей, обладающих в совокупности способностью порождать их новые качества в результате формирования временных, пространственных или функциональных структур. Каждая в отдельности технология АПК со временем усложнялась, а формы их взаимодействия оставались прежними. Поэтому сложность комплекса технологий долгое время не выступала в качестве самостоятельного предмета изучения.

Архитектура сложности технологий. Проблема сложности возникла в середине XX века, когда вследствие поиска новых, внутренних источников развития производства продуктов питания началось обновление технологий. Одним из решений проблемы развития АПК стало создание в 1985 году Госагропрома СССР объединившего сырьевую базу с перерабатывающей и пищевой промышленностями, что, однако не привело к единой технологии производства продовольствия. Сегодня поиск закономерностей процессов усложнения (сложные производящих, перерабатывающих и пищевых технологий в единое целое) ставит проблему организованной сложности.

В Пятом и Шестом технологических укладах феномен сложности станет определяющим фактором развития технологий АПК. Становящееся сложносистемное мышление повлияет на облик всей сельскохозяйственной науки.

Определение сложности системы тесно связано с понятием стохастичности, поскольку на технологии оказывает влияние внешняя среда. Сложность технологической системы АПК обусловлена уровнем ее организованности (целостность), позволяющем осуществлять необходимое управление. [1, 2]

Классическая сельскохозяйственная наука ограничивалась преимущественно линейными уравнениями. Они описывают процессы, идущие одинаково при разных внешних воздействиях. С увеличением их интенсивности изменения остаются количественными, новых качеств не возникает. Однако на практике исследователям приходится иметь дело с явлениями, где более интенсивное внешнее воздействие приводит к качественно новому поведению системы. Здесь нужны нелинейные математические модели. Это требует формирования широкого фронта исследований нелинейных явлений. Именно теория сложности поясняет, что сложное целое обладает свойствами, которых нет ни у одной из его частей. Нельзя утверждать, что целое сложнее части, оно совсем другое. [11]

Своеобразная архитектура сложности технологий АПК определяется не столько сложностью отдельных процессов преобразования сред, сколько *сложностью* разнородных технологий. Именно взаимодействие таких технологий (производящие, перерабатывающие и пищевые) порождает эмерджентный эф-

фект, который и должен быть положен в основу новой индустриализации АПК России. Сложные системы АПК, кроме технических или жестко детерминированных, могут эволюционировать за счет самоорганизации с участием человека.

Вопрос об оптимальной организации и упорядоченности сложных систем особенно остро стоит при исследованиях глобальных проблем, к каким относятся продовольственная безопасность России. В этом случае целесообразно действовать, опираясь на знания внутренних свойств сложной технологической системы (закономерности организации, функционирования и развития). Они формируют процессы сборки сельскохозяйственной продукции растительного и животного происхождения из исходных ресурсов, сборки этой продукции на анатомические части и сборки из этих частей продуктов питания в соответствии с рецептурами.

Проектирование сложности технологий. В современных исследованиях феномен сложности технологий АПК должен рассматриваться через призму синергетики как науки о сложном. В научной и инженерной деятельности возникает качественно новый вид – синергетическое проектирование, направленное на создание сложных целостных технологических систем, которые отличаются значительным увеличением количества элементов и связей, их структурной организованностью. Окружающая среда рассматривается как особый элемент технологии и также становится объектом проектирования.

Основная закономерность проектирования сложного целого в АПК – синтез отдельных эволюционирующих технологий в одну сложную структуру посредством установления общего темпа их эволюции. Интенсивность процессов в различных отдельных технологиях сложной системы может быть разной, например, уровень механизации, автоматизации, информационное обеспечение, управляемость. Факт проектирования сложной технологии АПК означает, что в объединяемых технологиях устанавливается одинаковый темп развития технологических процессов. Тем самым ускоряется развитие тех технологий, которые интегрируются в сложную, и целое развивается быстрее составляющих его частей. Таким образом, технологиям АПК «выгоднее» быть в одной сложной системе, так как это связано с экономией материальных, энергетических и других ресурсов. Стержнем такого проектирования должны стать технологические требования к выходным параметрам процессов по всей технологической цепочке: от запросов потребителя продуктов питания до ресурсов производства сельскохозяйственного сырья. [7]

Наиболее перспективными в проектировании сложной технологической системы оказываются те сельскохозяйственные, перерабатывающие и пищевые технологии, функции которых соответствуют потребностям сложной системы в целом. То есть сложная система, специализируясь, положительно воздействует на организацию той ранее отдельной системы, чьи функции отвечают ее специализации. Вместе с этим взаимоусиление отдельных технологий обеспечивает необходимый уровень качества проектируемой сложной технологической системы.

Концепция проектирования сложной технологии должна стать новой парадигмой научных изысканий в

АПК в XXI веке. [6] Именно синергетические эффекты кооперативного действия в сложных системах приведут к изменению качества функционирования агропромышленного комплекса. Поэтому эффект взаимного усиления соединенных технологий приобретает особо важное значение.

Эта концепция формирует направления развития технологий АПК, которые определяются не столько прошлым и настоящим, сколько будущим, в частности устойчивыми состояниями процессов, что направляет эволюцию технологических систем к определенным целям.

Оценка сложности технологической системы. Несмотря на обилие отечественной и зарубежной литературы, посвященной сложности систем различной природы, ее количественная оценка пребывает в стадии становления. [13] Важно не определение абсолютной сложности, а установление сложности одной системы относительно другой или эталонной.

Целесообразно оценивать сложность системы S в соответствии с количеством, сложностью и разнообразием типов ее элементов (n) и связей (m). Сложность элемента i -го типа — $S_{эл.i}$, количество — $N_{эл.i}$. Аналогичные характеристики для связей составят соответственно $S_{св.j}$ и $N_{св.j}$.

Оценка сложности системы S может быть рассчитана следующим образом:

$$S = \sum_{i=1}^n S_{эл.i} \cdot N_{эл.i} + \sum_{j=1}^m S_{св.j} \cdot N_{св.j}. \quad (1)$$

Известно, что сложный антропогенный объект несет в себе отпечаток трудоемкости его создания. Поэтому сложность технологической системы схожа с трудоемкостью реализации ее процессов. Если допустить, что сложность процессов преобразования исходных ресурсов АПК в продукты питания достаточно тесно коррелирует со сложностью конструкций соответствующего оборудования, а также устройств, обеспечивающих различные связи в технологии, то можно воспользоваться известными величинами категорий ремонтной сложности этого оборудования и устройств. Категории разработаны для оборудования всех отраслей народного хозяйства и соответствуют действующим ГОСТам. [4, 5, 9, 12, 15]

Оборудование технологического потока — это машины, аппараты, биореакторы, конвейеры, электротехнические и сигнальные устройства. Категория сложности ремонта оборудования может стать мерой количественной оценки сложности совокупности технических решений задач соответствующей технологии как системы процессов.

Суммирование категорий сложности ремонта различного оборудования всего технологического потока определяет сложность конкретной технологии. Поэтому уравнение (1) примет вид:

$$S = \sum_{i=1}^n R_{эл.i} \cdot N_{эл.i} + \sum_{j=1}^m R_{св.j} \cdot N_{св.j}, \quad (2)$$

где $R_{эл.i}$ — категория сложности ремонта элемента i -го типа, $R_{св.j}$ — категория сложности ремонта связи j -го типа.

Величина сложности системы S позволяет сравнивать не только существующие, но и прогнозируемые разработки, выделяя наиболее сложные элементы и связи. Вместе с этим открывается окно новых технических решений технологических задач с заранее известной количественной оценкой их сложности.

Для инновационных технологий в АПК требуется новая методологическая база. Необходимо количественно оценивать уровень сложности технологической системы, который направляет дальнейшее развитие конкретной технологии.

Научным фундаментом прогнозных разработок технологий будущего должна стать синергетика (теория сложности). Количественная оценка сложности технологических систем как этап проектирования способствует формированию облика технологий АПК России в Шестом технологическом укладе.

Синергетика находится в русле материалистической диалектики и ее законов развития, которые существуют в эволюции технологий АПК. [10] Так как объединение сельскохозяйственных, перерабатывающих и пищевых технологий в сложные технологические системы неизбежно, с точки зрения синергетики, можно сделать заключение: во второй половине XXI века технологии агропромышленного комплекса будут представлять сложные системы производства продовольствия, которые составят основу Шестого технологического уклада АПК России; планы изысканий научно-исследовательских институтов Отделения сельскохозяйственных наук РАН должны уже сегодня учитывать ожидаемые закономерности организации, строения, функционирования и развития технологий будущего как сложных, целостных образований; решение проблемы требует создания организационных и дидактических основ подготовки научных и инженерных кадров для разработки и реализации новой индустриализации АПК.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Абдеев Р.Ф. Философия информационной цивилизации. М.: ВЛАДОС, 1994. 336 с.
2. Атаманчук Г.В. Управление: философия, идеология, научное обеспечение. М.: Academia, 2015. 416 с.
3. Баранцев Р.Г. Синергетика в современном естествознании. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. 160 с.
4. ГОСТ 28.001-83. Система технического обслуживания и ремонта техники. Основные положения.
5. ГОСТ 18322-2016. Межгосударственный стандарт. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения.
6. Иванов В.В., Малинецкий Г.Г. Россия: XXI век. Стратегия прорыва. Технологии. Образование. Наука. М.: ЛЕНАНД, 2017. 304 с.
7. Мегердичев Е.Я. Технологические требования к сортам овощных и плодовых культур, предназначенных для различных видов консервирования. М.: Россельхозакадемия, 2003. 96 с.
8. Николис Г., Пригожин И. Познавание сложного: Введение. Пер. с англ. Изд. 5-е. М.: ЛЕНАНД, 2021. 352 с.
9. Панова А.В. Интеграция системы планово-предупредительных ремонтов в модель «Сельское хозяйство 4.0» // Сельское хозяйство. 2019. № 4. С. 40–49.
10. Панфилов В.А. Диалектика технологий агропромышленного комплекса России // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 1. С. 4–9.
11. Синергетика. Антология/ Научный редактор, составитель Е.Н. Князева. М.: СПб.: Центр гуманитарных инициатив, 2013. 408 с.
12. Сырых Н.Н., Чекрыгин С.А., Калмыков С.А. Техническое обслуживание электрооборудования в сельском хозяйстве. М.: Россельхозиздат, 1980. 224 с.

13. Трубецков Д.И. Наука о сложностях в лицах, датах и судьбах. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2018. 312 с.
14. Черноиванов В.И., Ежовский А.А., Федоренко В.Ф. Мировые тенденции машинно-технологического обеспечения интеллектуального сельского хозяйства. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. 284 с.
15. Яшура А.И. Система технического обслуживания и ремонта общепромышленного оборудования. Справочник. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. 360 с.
7. Megerdichev E.Ya. Tekhnologicheskie trebovaniya k sortam ovoshchnyh i plodovyh kul'tur, prednaznachennyh dlya razlichnyh vidov konservirovaniya. M.: Rossel'hozakademiya, 2003. 96 s.
8. Nikolis G., Prigozhin I. Poznanie slozhnogo: Vvedenie. Per. s angl. Izd. 5-e. M.: LENAND, 2021. 352 s.
9. Panova A.V. Integraciya sistemy planovo- predupreditel'nyh remontov v model' «Sel'skoe hozyajstvo 4.0» // Sel'skoe hozyajstvo. 2019. № 4. S. 40–49.
10. Panfilov V.A. Dialektika tekhnologij agropromyshlennogo kompleksa Rossii // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2023. № 1. S. 4–9.
11. Sinergetika. Antologiya/ Nauchnyj redaktor, sostavitel' E.N. Knyazeva. M.: SPb.: Centr gumanitarnyh iniciativ, 2013. 408 s.
12. Syryh N.N., Chekrygin S.A., Kalmykov S.A. Tekhnicheskoe obsluzhivanie elektrooborudovaniya v sel'skom hozyajstve. M.: Rossel'hozizdat, 1980. 224 s.
13. Trubeckov D.I. Nauka o slozhnostyah v licah, datah i sud'bah. M.: Knizhnyj dom «LIBROKOM», 2018. 312 s.
14. Chernoiivanov V.I., Ezhevskij A.A., Fedorenko V.F. Mirovye tendencii mashinno-tekhnologicheskogo obespecheniya intellektual'nogo sel'skogo hozyajstva. M.: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2012. 284 s.
15. Yashchura A.I. Sistema tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta obshchepromyshlennogo oborudovaniya. Spravochnik. M.: Izd-vo NC ENAS, 2006. 360 s.

REFERENCES

1. Abdeev R.F. Filosofiya informacionnoj civilizacii. M.: VLADOS, 1994. 336 s.
2. Atamanchuk G.V. Upravlenie: filosofiya, ideologiya, nauchnoe obespechenie. M.: Academia, 2015. 416 s.
3. Barancev R.G. Sinergetika v sovremenном estestvoznanii. M.: Knizhnyj dom «LIBROKOM», 2009. 160 s.
4. GOST 28.001-83. Sistema tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta tekhniki. Osnovnye polozheniya.
5. GOST 18322-2016. Mezghosudarstvennyj standart. Sistema tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta tekhniki. Terminy i opredeleniya.
6. Ivanov V.V., Malineckij G.G. Rossiya: XXI vek. Strategiya proryva. Tekhnologii. Obrazovanie. Nauka. M.: LENAND, 2017. 304 s.

Поступила в редакцию 25.08.2023

Принята к публикации 08.09.2023