

## Синергетический подход к созданию технологий АПК будущего



**В. А. Панфилов**

Дата поступления в редакцию: 23.10.2019  
Дата принятия в печать: 25.12.2020

Российский государственный аграрный университет –  
МСХА имени К. А. Тимирязева<sup>ROR</sup>, Москва, Россия

e-mail: [vap@rgau-msha.ru](mailto:vap@rgau-msha.ru)



© В. А. Панфилов, 2020

### Аннотация.

**Введение.** Статья посвящена некоторым аспектам создания технологий будущего АПК России. В центре внимания находится синергетический подход к разработке сложных самоорганизующихся технологических систем производства продуктов питания. Цель статьи – сформировать основы фундаментальных научных работ в отраслях АПК для создания промышленного производства сельскохозяйственного сырья растительного и животного происхождения и его промышленной переработки в продукты питания.

**Результаты и их обсуждение.** Круг обсуждаемых вопросов включает: условия инновационного технологического прорыва в будущее АПК, диалектическую модель развития технологий, перспективу новой индустриализации агропромышленного комплекса, возможный экономический эффект от создания сквозных аграрно-пищевых технологий, особенности перехода из Четвертого в Пятый технологический уклад в АПК России, а также путь в Шестой. Особое внимание уделено диалектическому методу развития технологий, что усложняет их структуру с одновременным упрощением процессов функционирования.

**Выводы.** Работа над созданием наукоемких технологий во всех отраслях АПК позволит не только войти в Шестой технологический уклад, но и обеспечить продовольственную безопасность страны в количественном и качественном отношении. Просматривается перспектива опережающего развития технологий агропромышленного комплекса и планы научных работ на ближайшие годы. Они должны формироваться исходя из прогнозных разработок на середину и вторую половину XXI века.

**Ключевые слова.** Агропромышленный комплекс, инновации, технологический прорыв, наукоемкие технологии, синергетика, диалектическая модель, индустриализация, технологический уклад

**Для цитирования:** Панфилов, В. А. Синергетический подход к созданию технологий АПК будущего / В. А. Панфилов // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 4. – С. 642–649. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-4-642-649>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/eng>

## Synergetic Approach to Agro-industrial Technologies of the Future

**Viktor A. Panfilov**

Received: October 23, 2019  
Accepted: December 25, 2020

Russian State Agrarian University – Moscow  
Timiryazev Agricultural Academy<sup>ROR</sup>, Moscow, Russia

e-mail: [vap@rgau-msha.ru](mailto:vap@rgau-msha.ru)



© V.A. Panfilov, 2020

### Abstract.

**Introduction.** The present research featured some aspects of developing advanced technologies for the future agro-industrial sector of Russia. The paper focuses on a synergistic approach to new complex self-organizing technological systems in food industry. The research objective was to set up scientific foundations for the agro-industrial complex, industrial production of agricultural raw materials of plant and animal origin, and their industrial processing into food.

**Results and its discussion.** The research touched upon the following issues: the conditions for an innovative technological breakthrough into the future of the agro-industrial complex; a dialectic model of technological development; a new industrialization of the agro-industrial complex; the possible economic effect of end-to-end agrifood technologies; the shift from the 4<sup>th</sup> to the 5<sup>th</sup>, and eventually to the 6<sup>th</sup>, techno-economic paradigm in the Russian agro-industrial complex. The article gives a detailed description of the dialectical method, which complicates each technology while simplifying the functioning processes as a whole.

*Conclusion.* Hi-tech development in all branches of Russian agro-industrial complex will make it possible to enter the 6<sup>th</sup> techno-economic paradigm and secure domestic food industry in terms of quantity and quality. The article describes prospects of the advanced development of agro-industrial technologies. In addition, it introduces a roadmap for agrosience development: new research should be based on scientific forecasts for the latter half of the XXI century.

**Keywords.** Agro-industrial complex, innovations, technological breakthrough, science-intensive technologies, synergetics, dialectical model, industrialization, technological order

**For citation:** Panfilov VA. Synergetic Approach to Agro-industrial Technologies of the Future. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(4):642–649. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-4-642-649>.

## Введение

Агропромышленный комплекс – это составная часть современной технологической цивилизации. Поэтому путь в будущее АПК России естественно связывать с новым обликом сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности. Это движение в будущее должно основываться на новых технологиях, которые определяют вектор развития сельскохозяйственной науки.

Агропромышленному комплексу России необходим инновационный технологический прорыв в будущее. Сегодня пришло время именно для такого прорыва. Этот прорыв должен быть связан с наукоемкими технологиями, т. е. инновационными способами достижения человеком технологических целей. Эти способы опираются на процессы познания, коммуникации, обработки информации, опережающее образование специалистов, системный подход, синергетику, компьютерные технологии, математическое моделирование элементов системы «человек-машина» и ряд других [1, 2].

В статье использованы разработки известных ученых в области философии науки и техники: Р. Ф. Абдеева, А. Н. Аверьянова, Р. Г. Баранцева, И. В. Блауберга, Н. Винера, Е. Н. Князевой, С. П. Курдюмова, Г. Г. Малинецкого, И. Р. Пригожина, Г. Хакена и К. Шеннона.

Некоторые черты технологического прорыва в будущее АПК:

– междисциплинарность, т. е. необходимо взаимодействие идей, подходов и готовых разработок из различных областей знаний;

– фундаментальность образования, что позволит специалисту находить и принимать ответственные решения в условиях неопределенности при создании сложных самоорганизующихся систем процессов, когда единственной надежной опорой могут быть научные знания в виде вскрытых явлений и установленных закономерностей технологических процессов;

– ориентация на возможности и потребности человека в реализации новых технологических укладов.

Ряд наукоемких технологий в АПК уже вышли на уровень прикладной науки, т. е. важнейшие научные разработки сделаны и решения найдены [3, 4].

Будущее технологий АПК определяется тем, насколько эффективно в них

происходит самоорганизация с участием человека как результат положительного взаимодействия процессов, составляющих ту или иную технологию, или взаимодействия принципиально различных (производящих и перерабатывающих) технологий при создании, например, сквозных аграрно-пищевых технологий [5, 15]. В этом случае самоорганизация требует тесного взаимодействия большого количества специалистов, обладающих различными знаниями и профессиональной подготовкой. Поэтому целесообразно, чтобы ведущую роль в процессах самоорганизации технологий АПК при освоении возможностей нового технологического уклада играло государство.

Сегодня теория самоорганизации или синергетика (от греческого «совместное действие») начинает формировать стратегию переднего края науки и является основой создания технологий будущего. Термин «синергетика» имеет два смысла. Первый показывает, как у системы (целого) возникают новые свойства, характеристики, стратегии, которыми не обладают ее элементы (части). Второй – это междисциплинарный подход к решению проблемы, который требует совместных усилий ученых: естественников, гуманитариев, математиков, инженеров и управленцев [6].

Разработка инновационного сценария развития АПК России до конца XXI века – насущная необходимость. Речь должна идти о новой индустриализации агропромышленного комплекса, опирающейся на наукоемкие технологии, в том числе на «умные».

Цель статьи – сформировать основы фундаментальных научных работ в отраслях АПК для создания промышленного производства сельскохозяйственного сырья растительного и животного происхождения и его промышленной переработки в продукты питания.

## Результаты и их обсуждение

*Диалектическая модель развития технологий АПК.* Для того чтобы разработать инновационный сценарий развития АПК России, уже сегодня необходимо прогнозировать и планировать социально-экономическое развитие АПК с шагом 40–50 лет. В этой работе придется иметь дело со статистическими закономерностями разнообразных

процессов, поскольку причинно-следственные связи в сложных технологических нелинейных системах становятся стохастическими. Кроме этого, решение многих проблем требует не столько системного анализа, сколько системного синтеза. Конкретно это должно выразиться в создании сквозных взаимно адаптируемых производящих и перерабатывающих технологий АПК. Именно синергетика позволяет осмыслить, описать и разработать соответствующие модели процессов самоорганизации в нелинейных средах. Иными словами, необходимо не только создание и совершенствование отдельных элементов системы (процессов в машинах, аппаратах, биореакторах), но и создание той целостности (инновационной технологии), в которой они будут взаимодействовать и порождать синергетический эффект [7, 12, 14].

В таких технологиях реализуются диалектические методы развития природы: усложнение структуры и упрощение функционирования объектов, в том числе антропогенных. В этом случае спираль развития носит сходящийся восходящий характер с нелинейной огибающей [8].

Закономерности развития технологических систем не лежат на поверхности. Технологические потоки необходимо исследовать как открытые системы, находящиеся во взаимодействии с внешней средой. Без такого исследования можно ошибочно представлять процесс развития лишь как следствие разрешения внутренних противоречий данной технологии (например, производительность – качество). На самом деле процесс самоорганизации системы «человек – машина» идет под воздействием внешней среды, происходит адаптация системы и возрастание уровня ее организации. Здесь возникает ряд вопросов. Состоит ли развитие технологии из одних лишь «скачков» или же из одних эволюционных подвижек? Или может быть из «скачков» и из подвижек; в каком соотношении они находятся? Возможно ли измерить уровень организации системы и как оперировать этой величиной?

Известно, что развитие системы любой природы обусловлено стремлением повысить точность, устойчивость, управляемость и надежность процессов как составляющих качества системы. Процессы самоорганизации технологических систем также носят сходящийся характер, т. к. при уже существующей структуре возрастание уровня организации имеет свой предел (область насыщения), определяемый возможностями накопления информации в данной структуре. Поэтому для процессов развития характерно стремление к негэнтропийной устойчивости.

В современной науке понятия информации и информационной энтропии стали основополагающими для теории развития. Информационная энтропия ( $H$ ) воспринимается как мера

дезорганизации систем любой природы. Эта количественная мера качественного состояния системы занимает интервал от наивысшего уровня организации ( $H = 0$ , бит) до полной неопределенности ( $H = 1$ , бит) для бинарных систем, какими являются технологии АПК.

Информация и информационная энтропия связаны соотношением:

$$j + H = 1 \quad (1)$$

где  $j$  – информация как мера упорядоченности;

$H$  – информационная энтропия как мера беспорядка (хаоса).

Информационная энтропия определяется как

$$H = - \sum P(x_i) \log_2 P(x_i) \quad (2)$$

где  $P(x_i)$  – вероятность попадания случайной величины в интервал  $(x_{i-1}; x_i)$ .

Для случая с двумя возможными исходами эта формула примет вид:

$$H = -P \log_2 P - (1 - P) \log_2 (1 - P) \quad (3)$$

где  $P$  – вероятность выхода годной продукции;

$(1 - P)$  – вероятность выхода дефектной продукции.

По этой формуле рассчитывается состояние бинарных систем, имеющих на выходе только годную и дефектную продукцию. Максимальная энтропия в этом случае будет равна

$$H_{\max} = -0,5 \log_2 0,5 - 0,5 \log_2 0,5, \quad (4)$$

$$H_{\max} = 1, \text{ бит}$$

Стабильность функционирования отдельной подсистемы определяется следующим образом:

$$\eta_i = 1 - H_i/H_{\max} \quad (5)$$

где  $H_i$  – текущая энтропия состояния подсистемы.

А уровень целостности ( $\theta$ ) технологической системы, состоящей из  $L$  подсистем, рассчитывается по формуле:

$$\theta = \sum_1^L \eta_i - (L-1) \quad (6)$$

Процесс развития, начинающийся с максимальной информационной энтропии, может быть описан процессом накопления информации, исчисляемой как разность между максимальным и текущим значениями информационной энтропии. Следовательно, механизм развития технологии целесообразно рассматривать в координатах: упорядоченное усложнение (количество подсистем –  $L$ ) и информационная энтропия –  $H_i$  (или стабильность –  $\eta_i$ ) с возможностью отчета уровня организации (уровня целостности –  $\theta$ ) на всех

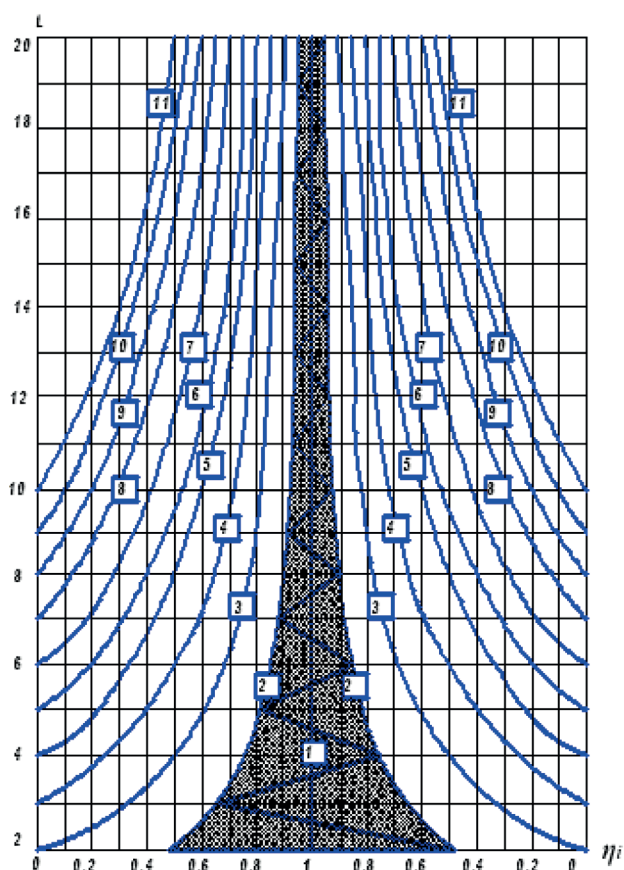


Рисунок 1. Модель процесса развития технологической системы (спираль развития) при различных уровнях организации (целостности)  $\theta$ : 1 – (+1,0); 2 – (0,0); 3 – (-1,0); 4 – (-2,0); 5 – (-3,0); 6 – (-4,0); 7 – (-5,0); 8 – (-6,0); 9 – (-7,0); 10 – (-8,0); 11 – (-9,0)

Figure 1. Process model of technological system development (development spiral) at various levels of organization (integrity)  $\theta$ : 1 – (+1,0); 2 – (0,0); 3 – (-1,0); 4 – (-2,0); 5 – (-3,0); 6 – (-4,0); 7 – (-5,0); 8 – (-6,0); 9 – (-7,0); 10 – (-8,0); 11 – (-9,0)

этапах развития системы процессов. Усложнение технологической системы происходит во времени и их вектора совпадают. Поэтому ординату  $L$  целесообразно рассматривать и как временную ось развития системы. Модель процесса развития (продольный разрез спирали развития) показана на рисунке 1 для различных уровней целостности бинарных технологических систем.

При этом количественный информационный критерий ( $\theta$ ) адекватно описывает качественные процессы перехода от простой структуры технологии к более сложной; от плохо организованной системы процессов (суммативные системы) к хорошо организованной (целостные системы). Если развитие идет из-за усложнения технологии, то необходимо повысить стабильность функционирования всех ее частей. Если же развитие есть результат упрощения технологии, то возможно снизить требования к стабильности ее подсистем.

Огибающие кривые спиралей развития технологий – это уровни целостности систем, которые при  $\theta = +1$  вырождаются в прямую, совпадающую с осью ординат. Заштрихованную область модели можно назвать областью целостных высокоорганизованных систем (при данных допусках на параметры выхода подсистем и за данный период диагностики системы). Их целостность находится в диапазоне от  $\theta = 0$  до  $\theta = +1$ . Именно эта область модели имеет технико-технологические предпосылки для разработки и создания безлюдных технологических потоков. Остальное поле модели – область суммативных систем. Огибающая  $\theta = 0$  может считаться границей между этими классами систем.

Таким образом, диалектическая модель развития технологии получает свою систему координат, свое трехмерное пространство (сходящаяся спираль развития), в котором информационная энтропия убывает, а стабильность функционирования возрастает от периферии к центру (к оси модели). Это означает процесс возрастания уровня организации технологии. При анализе этой модели возникает вопрос: с какими системами, с каким уровнем их организации мы имеем дело сейчас и каковы направления развития этих систем.

Как система процессов каждая технология имеет свою диалектику эволюционных и революционных этапов преобразования. Процессы самоорганизации не только удерживают систему на огибающей (саморегулирование), но и перемещают ее (саморазвитие) на другие огибающие ближе к ординате, повышая уровень целостности. Диалектическая модель отображает зависимость характера «скачков» от уровня организации системы. Она показывает целенаправленность процесса развития, его нелинейность, стремление системы к устойчивости и надежности функционирования. Сходящаяся спираль адекватна диалектике процесса развития по мере упорядоченного усложнения технологии: здесь мы видим начальный скачок от состояния максимальной информационной энтропии или минимальной стабильности при полностью «ручной технологии» и последующие скачки, уменьшающие эту энтропию по мере механизации и автоматизации отдельных процессов и технологии в целом. Эта динамика роста организации технологической системы показывает исключительную роль в развитии машинных технологий такого важнейшего системообразующего фактора, как стабильность выходов процессов в машинах, аппаратах и биореакторах. В этом случае следует говорить не только о стабилизации процессов путем задействования обратных связей, но и о снижении чувствительности самих механизмов явлений в биологических, механических, гидромеханических, теплообменных и

биотехнологических процессах. Последнее обуславливает разработку эффективных и простых средств автоматизации. Поэтому вертикальную ось модели следует рассматривать как ось прогресса, когда усложнение технологии ведет к росту стабильности ее процессов.

Огибающая спирали развития близкая к экспоненте свидетельствует о том, что, вследствие высокой информатизации процессов, дальнейшее развитие технологии приводит к оптимизации ее управления. При этом ослабляется характер скачкообразных переходов и усиливается эволюционный характер развития системы. Последнее проявляется в том, что огибающая стремится к вертикальной оси модели. С информационной точки зрения преобразование характера скачков из революционных в эволюционные можно объяснить достижением такого уровня организации технологии, при котором доля устраняемых возмущений существенно уменьшается.

Следовательно, можно всегда иметь технологическую систему постоянно эволюционирующую за счет подсоединения новых подсистем. Например, при создании аграрно-пищевой технологии. По мере возрастания уровня организации (уровня целостности) развивающейся системы процесс развития становится все более эффективным, экономичным и эволюционным. Развитие не связывается только с революционными скачками и неизменным их чередованием. Очень часто объекты технологии и техники, пройдя скачкообразный переходной процесс самоорганизации, десятки лет функционируют с небольшими эволюционными изменениями. Такой аспект развития объекта (момент «сохранения» положительного) полностью соответствует диалектическим представлениям о процессе развития.

Сходящаяся спираль, синтезируя наиболее существенные закономерности процесса развития, отображает единство скачкообразного и экспоненциального: скачкообразность представлена технической стороной развития (модернизация рабочих органов машин, рабочих поверхностей аппаратов, рабочих объемов биореакторов), а экспоненциальный характер – технологической стороной развития (упорядоченное усложнение структуры).

*Путь в Шестой технологический уклад.* Синергетический эффект при создании технологий будущего должен выразиться в естественном уходе от экспорта сельскохозяйственного сырья. По «майскому» указу Президента России объем экспорта продукции АПК к 2024 году должен вырасти с нынешних \$25 до \$45 млрд. в год. Но это далеко не верхний предел. Увеличение этого целевого показателя можно достичь, сделав упор на экспорт

продукции высоких «переделов», имеющую большую добавленную стоимость, в том числе продукции животноводства и готовых пищевых продуктов. Россия импортирует продукцию высокого «передела» на \$10 млрд., а экспортирует лишь на \$3,5 млрд., т. е. в 3 раза меньше.

Поэтому проблемы, стоящие перед учеными и инженерами АПК, грандиозны. Наука и инженерия должны все больше приобретать конструктивный, проектный характер. Исследователю необходимо точно определять цель поиска и дальнюю перспективу использования нового знания. При этом проектный характер исследования должен выражаться в применении таких «абстрактных» областей научной деятельности, как философия науки и техники, прикладная математика, системология, кибернетика и синергетика.

Если говорить о главном направлении начинающейся новой научно-технической и социально-технической революции, т. е. новой индустриализации в АПК, то следует сказать, что речь идет о расширении физических, интеллектуальных, когнитивных и коммуникационных возможностях человека.

В настоящее время становление Пятого технологического уклада 1985–2035 гг. в АПК сдерживается дефицитом производственных ресурсов, связанных с воспроизводством устаревших элементов Третьего (1880–1940 гг.) и Четвертого (1930–1990 гг.) технологических укладов. В результате в стране существует технологическая многоукладная экономика, что замедляет развитие АПК и ведет к значительному запаздыванию с переходом к технологиям Пятого технологического уклада [9].

В развитых странах мира начинают складываться контуры Шестого технологического уклада, период которого ориентировочно 2025–2080 гг. Этот уклад будет характеризоваться применением наукоемких технологий, в частности био- и нанотехнологий, геномной инженерии, мембранных, квантовых и цифровых технологий, микромеханики, мехатроники и робототехники, новым природопользованием и др. Его ключевыми факторами останутся информатика, микроэлектроника, на базе которых будет формироваться система искусственного интеллекта. Эти технологии совместно с традиционными и в переплетении с ними создадут новые возможности для АПК и существенно повлияют на материальный и другие параметры качества жизни людей. В АПК России Шестой технологический уклад – это выход к мобильным мостовым системам (передвижной сельскохозяйственный завод) в растениеводстве и к фермам – заводам в животноводстве. Такое промышленное производство сельскохозяйственной продукции дает возможность получать ее

в очень узком диапазоне технологических свойств, необходимых для организации систем автоматических роботизированных процессов в технологиях переработки, в том числе на роторных линиях по роторным технологиям [10, 13].

Таким образом возникают условия для создания сложных самоорганизующихся систем процессов (например, системных комплексов «Аграрно-пищевая технология»). В них осуществляется тесное взаимодействие сельскохозяйственных технологий и технологий переработки сельскохозяйственной продукции, соединенных электронной сетью на основе Интернета, в том числе и контроль качества продукции на всех этапах преобразования сельскохозяйственного сырья. Надо отметить и подчеркнуть одну характерную особенность в развитии любых технологий. Эта особенность заключается в том, что от уклада к укладу возрастает структурная сложность технологий с одновременным повышением точности, устойчивости, надежности и управляемости ведущих процессов, что обеспечивает функциональную простоту конкретной технологии. Поэтому сегодня научная и инженерная деятельность в АПК необходима уже в русле Шестого технологического уклада. В этой работе на первый план выходят фундаментальные исследования в области сельского хозяйства и перерабатывающих технологий, что должно обеспечить самоорганизацию системы (с участием человека) по всей технологической цепочке производства продуктов питания за счет высокого качества связей разнородных процессов.

### **Выводы**

Работа над созданием наукоемких технологий АПК позволит не только войти в Шестой технологический уклад, но и обеспечить продовольственную безопасность страны в количественном и качественном отношении [15]. Однако такие технологии рассчитаны на реализацию в крупных сельскохозяйственных и на крупных перерабатывающих производствах. Речь идет о перспективных индустриальных технологиях во всех отраслях АПК.

Эффект функционирования таких технологий может быть представлен в виде:

- повышения производительности труда;
- расширения адресности производства сельскохозяйственной продукции;
- усиления технологичности свойств сельскохозяйственного сырья;
- обеспечения прижизненного формирования качества продуктов питания;
- реализации прослеживаемости безопасности потребления продуктов питания;
- повышения технологической дисциплины в

сельскохозяйственном производстве, перерабатывающей и пищевой промышленности;

– создания в сельском хозяйстве, на перерабатывающих и пищевых предприятиях высокоавтоматизированных и роботизированных производств;

– развития ресурсосбережения и экологичности процессов по всему технологическому потоку.

Возникающий в этих технологиях синергетический эффект обусловлен высоким качеством связей между ведущими процессами. Другими словами, сквозная индустриальная технология начинает обладать свойствами, которыми ранее, до объединения, не обладали отдельно ни сельскохозяйственные, ни перерабатывающие, ни пищевые технологии.

Если в 30-е годы XX века основой индустриальной эпохи, в том числе и в АПК, была стандартизация и массовое производство одинаковой продукции, то в постиндустриальную эпоху появилась возможность сделать технологии, в том числе и продуктов питания, гибкими, учитывая интересы потребителя. Поэтому в АПК одной из важнейших технологий стала технология системной интеграции, т. е. «сборка» анатомических частей сельскохозяйственной продукции изначально полученных путем ее «разборки».

Шестой технологический уклад в АПК имеет свои особенности, но одно совершенно точно: необходимо, наряду с усилением перерабатывающей части агропромышленного комплекса, усиление его производящей части. И это возможно при соединении и объединении обеих этих частей на наукоемкой основе в единое целое. При этом удастся создавать в АПК России элементы Пятого технологического уклада, «не выращивая» их из элементов Четвертого (что было бы естественно и очевидно), а опираясь на элементы Шестого технологического уклада [11]. Это означает, что просматривается перспектива опережающего развития технологий агропромышленного комплекса и планы научных работ на ближайшие годы. Они должны формироваться исходя из прогнозных разработок на середину и вторую половину XXI века.

Базой для таких прогнозов являются системные закономерности организации, строения, функционирования и развития сложных самоорганизующихся технологий АПК.

### **Конфликт интересов**

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

### **Conflict of interest**

The author declares that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

### Список литературы

1. Черноиванов, В. И. Мировые тенденции машинно-технологического обеспечения интеллектуального сельского хозяйства / В. И. Черноиванов, А. А. Ежевский, В. Ф. Федоренко. – М. : Росинформагротех, 2012. – 284 с.
2. Пищевые технологии будущего и нанопреобразования биополимеров / Л. М. Аксенова, В. К. Кочетов, А. Б. Лисицын [и др.]. – М. : Диапазон В, 2015. – 304 с.
3. Панфилов, В. А. Теоретические основы пищевых технологий: в 2 книгах. Книга 1 / В. А. Панфилов. – М. : КолосС, 2009. – 608 с.
4. Панфилов, В. А. Теоретические основы пищевых технологий: в 2 книгах. Книга 2 / В. А. Панфилов. – М. : КолосС, 2009. – 799 с.
5. Панфилов, В. А. Системный комплекс «Аграрно-пищевая технология» / В. А. Панфилов // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2015. – № 4. – С. 6–9.
6. Малинецкий, Г. Г. Пространство синергетики: взгляд с высоты / Г. Г. Малинецкий. – М. : ЛИБРОКОМ, 2017. – 248 с.
7. Панфилов, В. А. Теория технологического потока. 3-е изд. / В. А. Панфилов. – М. : ИНФРА-М, 2019. – 319 с.
8. Абдеев, Р. Ф. Философия информационной цивилизации / Р. Ф. Абдеев. – М. : ВЛАДОС, 1994. – 334 с.
9. Инновационное развитие техники пищевых технологий / С. Т. Антипов, А. В. Журавлев, Д. А. Казарцев [и др.]. – СПб. : Лань, 2016. – 660 с.
10. Панфилов, В. А. Продовольственная безопасность России и Шестой технологический уклад в АПК / В. А. Панфилов // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2016. – № 1. – С. 10–12.
11. Малинецкий, Г. Г. Чтоб сказку сделать былью... Высокие технологии – путь России в будущее / Г. Г. Малинецкий. – М. : ЛИБРОКОМ, 2014. – 224 с.
12. Майтаков, А. Л. Синергетика технологий производства многокомпонентных продуктов / А. Л. Майтаков, А. М. Попов / Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2018. – Т. 362–363, № 2–3. – С. 112–116.
13. Popov, A. M. Determination of dependence between thermophysical properties and structural-and-phase characteristics of moist materials / A. M. Popov, K. B. Plotnikov, D. V. Donya // Foods and Raw Materials. – 2017. – Vol. 5, № 1. – P. 137–143. <https://doi.org/10.21179/2308-4057-2017-1-137-143>.
14. Synergistic synthesis of multi-range food technology systems / A. L. Maytakov, E. G. Vinogray, L. N. Beryazeva [et al.] // Advances in Social Science, Education and Humanities research. – 2019. – Vol. 273. – P. 238–241.
15. Functional properties of the enzyme-modified protein from oat bran / A. Prosekov, O. Babich, O. Kriger [et al.] // Food Bioscience. – 2018. – Vol. 24. – P. 46–49. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2018.05.003>.
16. Evaluation and preventing measures of technological risks of food production / I. V. Surkov, A. Yu. Prosekov, E. O. Ermolaeva [et al.] // Modern Applied Science. – 2015. – Vol. 9, № 4. – P. 45–52. <https://doi.org/10.5539/mas.v9n4p45>.
17. Metaxas, I. N. A multicriteria model on calculating the Sustainable Business Excellence Index of a firm with fuzzy AHP and TOPSIS / I. N. Metaxas, D. E. Koulouriotis, S. H. Spartalis // Benchmarking: An International Journal. – 2016. – Vol. 23, № 6. – P. 1522–1557. <https://doi.org/10.1108/BIJ-07-2015-0072>.

### References

1. Chernoi Ivanov VI, Ezhevskiy AA, Fedorenko VF. Mirovye tendentsii mashinno-tekhnologicheskogo obespecheniya intellektual'nogo sel'skogo khozyaystva [World tendencies of machine and technological support of smart agriculture]. Moscow: Rosinformaagrotekh; 2012. 284 p. (In Russ.).
2. Aksenova LM, Kochetov VK, Lisitsyn AB, Nikol'skiy KN, Panfilov VA, Podkhomutov NV, et al. Pishchevye tekhnologii budushchego i nanopreobrazovaniya biopolimerov [Food technologies of the future and nanotransformation of biopolymers]. Moscow: Diapazon V; 2015. 304 p. (In Russ.).
3. Panfilov VA. Teoreticheskie osnovy pishchevykh tekhnologiy: v 2 knigakh. Kniga 1 [Theoretical foundations of food technology: in two volumes. Volume 1]. Moscow: KolosS; 2009. 608 p. (In Russ.).
4. Panfilov VA. Teoreticheskie osnovy pishchevykh tekhnologiy: v 2 knigakh. Kniga 2 [Theoretical foundations of food technology: in two volumes. Volume 2]. Moscow: KolosS; 2009. 799 p. (In Russ.).
5. Panfilov VA. Systemic complex “Agrarian-food technology”. Vestnik of the Russian Agricultural Science. 2015;(4):6–9. (In Russ.).
6. Malinetskiy GG. Prostranstvo sinergetiki: vzglyad s vysoty [Synergetic space: a view from above]. Moscow: LIBROKOM; 2017. 248 p. (In Russ.).
7. Panfilov VA. Teoriya tekhnologicheskogo potoka. 3-e izd. [Technological flow theory. 3<sup>d</sup> ed]. Moscow: INFRA-M; 2019. 319 p. (In Russ.).
8. Abdeev RF. Filosofiya informatsionnoy tsivilizatsii [Philosophy of information civilization]. Moscow: VLADOS; 1994. 334 p. (In Russ.).

9. Antipov ST, Zhuravlev AV, Kazartsev DA, Mordasov AG, Ovsyannikov VYu, Panfilov VA, et al. Innovatsionnoe razvitie tekhniki pishchevykh tekhnologiy [Innovative development of food technology methods]. St. Petersburg: Lan'; 2016. 660 p. (In Russ.).
10. Panfilov VA. Food security of Russia and the sixth technological tenor in the AIC. Vestnik of the Russian Agricultural Science. 2016;(1):10–12. (In Russ.).
11. Malinetskiy GG. Chtob skazku sdelat' byl'yu... Vysokie tekhnologii – put' Rossii v budushchee [To make a fairy tale come true .. Hi-tech is Russia's path to the future]. Moscow: LIBROKOM; 2014. 224 p. (In Russ.).
12. Maytakov AL, Popov AM. Synergetics of production technologies of multicomponent products. News of institutes of higher education. Food Technology. 2018;362–363(2–3):112–116. (In Russ.).
13. Popov AM, Plotnikov KB, Donya DV. Determination of dependence between thermophysical properties and structural-and-phase characteristics of moist materials. Foods and Raw Materials. 2017;5(1):137–143. <https://doi.org/10.21179/2308-4057-2017-1-137-143>.
14. Maytakov AL, Vinogray EG, Beryazeva LN, Popov AM, Vetrova NT, Plotnikov KB. Synergistic synthesis of multi-range food technology systems. Advances in Social Science, Education and Humanities research. 2019;273:238–241.
15. Prosekov A, Babich O, Kriger O, Ivanova S, Pavsky V, Sukhikh S, et al. Functional properties of the enzyme-modified protein from oat bran. Food Bioscience. 2018;24:46–49. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2018.05.003>.
16. Surkov IV, Prosekov AYU, Ermolaeva EO, Gorelikova GA, Poznyakovskiy VM. Evaluation and preventing measures of technological risks of food production. Modern Applied Science. 2015;9(4):45–52. <https://doi.org/10.5539/mas.v9n4p45>.
17. Metaxas IN, Koulouriotis DE, Spartalis SH. A multicriteria model on calculating the Sustainable Business Excellence Index of a firm with fuzzy AHP and TOPSIS. Benchmarking: An International Journal. 2016;23(6):1522–1557. <https://doi.org/10.1108/BIJ-07-2015-0072>.

#### Сведения об авторах

##### Панфилов Виктор Александрович

д-р техн. наук, Академик РАН, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», 127550, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, e-mail: vap@rgau-msha.ru

#### Information about the authors

##### Viktor A. Panfilov

Dr.Sci.(Eng.), Academician of the Russian Academy of Sciences, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127550, Russia, e-mail: vap@rgau-msha.ru