

## **Информационно-коммуникационные технологии в экономике и бизнесе**

УДК 631/635

DOI: 10.17277/voprosy.2020.01.pp.115-124

### **СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ЦИФРОВИЗАЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ САДОВОДЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ\***

**М. В. Придорогин, А. С. Гордеев, Н. С. Попов,  
О. В. Пещерова, Л. Н. Чуксина**

*ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный  
университет», г. Мичуринск, Россия;*

*ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный  
технический университет»;*

*ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный  
университет имени Г. Р. Державина», г. Тамбов, Россия*

*Рецензент д-р техн. наук, профессор В. Н. Шамкин*

**Ключевые слова:** наследие В. А. Потапова; природо-промышленная система; промышленное садоводство; устойчивое развитие; цифровизация садоводства; экология.

**Аннотация:** Научное наследие профессора В. А. Потапова – свидетельство необходимости включения экологической компоненты в теорию развития садоводческой отрасли агропромышленного комплекса. При этом садоводческие предприятия (СП) должны рассматриваться не только в виде «комбинатов» по производству плодово-ягодной продукции, но и как сложнейшие социо-экономические и экологические макросистемы, от наличия и состояния которых зависит устойчивое развитие многих регионов России.

В работе предложена методология системного подхода к цифровизации менеджмента СП. Дано описание возможных источников получения цифровой информации для построения

---

\* «Потаповские чтения» – конференция ФГБОУ ВО «МичГАУ», посвященная 85-летию со дня рождения профессора В. А. Потапова

Придорогин Михаил Викторович – доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник; Гордеев Александр Сергеевич – доктор технических наук, профессор кафедры агроинженерии и электроэнергетики, ФГБОУ ВО «МичГАУ», г. Мичуринск, Россия; Попов Николай Сергеевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Природопользование и защита окружающей среды», e-mail: eco@nnn.tstu.ru; Пещерова Ольга Викторовна – старший преподаватель кафедры «Природопользование и защита окружающей среды», ТамбГТУ; Чуксина Людмила Николаевна – кандидат педагогических наук, доцент кафедры зарубежной филологии и прикладной лингвистики, ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет имени Г. Р. Державина», г. Тамбов, Россия.

баз данных и знаний, необходимых при разработке систем управления «точным» и «умным» земледелием в промышленном садоводстве.

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ, Лауреат Государственной премии РФ в области науки и техники, Почетный работник высшего профессионального образования РФ Виктор Александрович Потапов был одним из ведущих ученых России в области плодородия и почвенной агротехники. Он являлся основоположником учения об экологии почв в садах, инициатором ландшафтного подхода к оценке значимости экологических факторов для выращивания многолетних культур. В 1983 г. В. А. Потапов возглавил кафедру плодородия в Мичуринском плодово-овощном институте им. И. В. Мичурина (ныне ФГБОУ ВО «МичГАУ»), а в 1984 г. – перспективное научное направление, связанное с выведением зимостойких слаборослых клоновых подвоев яблони, разработкой технологий их размножения и возделывания интенсивных садов. Опубликовал свыше 300 научных, научно-методических и учебно-методических работ, в том числе 20 учебников, учебных пособий и монографий, разработал десятки рекомендаций по производству. Им получено пять авторских свидетельств на изобретения и шесть патентов. За заслуги перед Отечеством награжден орденом Трудового Красного Знамени, медалью «Ветеран труда», золотой и двумя серебряными медалями ВДНХ СССР, медалью «Лауреат ВВЦ».

Научное наследие ученого имеет большое практическое значение для специалистов-аграриев, занятых проблемами адаптивного садоводства, селекцией слаборослых подвоев, разработкой регламентов промышленного производства саженцев, экологизацией садоводческих хозяйств.

В настоящее время учение В. А. Потапова о зависимости производственно-технологических процессов промышленного садоводства от геохимического строения почв, особенностей роста плодовых культур и изменчивости природных условий крайне актуально для России в связи с наличием мировых экономических и экологических вызовов, таких как импортозамещение продовольственных товаров, конкуренция на продовольственных рынках, безопасность пищевой продукции, ухудшение плодородия почв и т.п. От умения адекватно реагировать на эти вызовы в аграрно-промышленном комплексе (АПК) в целом зависит продовольственная безопасность нашей страны.

В развитых странах такие умения рождаются сегодня на основе и под влиянием цифровых технологий в системе менеджмента аграрного сектора экономики. Цель работы – дальнейшее обобщение и развитие идей В. А. Потапова в аспекте задач устойчивого развития промышленного садоводства посредством использования теории и методов системного подхода – комплексного анализа, моделирования и оптимального управления производственными процессами. Важность такого подхода отражена в государственных документах: Указе Президента РФ от 07.05.2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», программе «Цифровая экономика

Российской Федерации», утвержденной распоряжением Правительства РФ от 28.07.2017 г. № 1632-р, ведомственном проекте Минсельхоза России «Цифровое сельское хозяйство» (срок реализации 2019 – 2024 гг.) и других материалах, рекомендованных к исполнению в АПК.

К первоочередным задачам цифровизации менеджмента в аграрном секторе АПК относятся следующие:

- сбор и обработка данных о производственных процессах;
- геоинформационный мониторинг и разработка прикладного программного обеспечения;
- оптимизация внутривыпускных процессов;
- создание проблемно-ориентированных информационных платформ;
- унифицированная обработка и передача данных.

Для хранения и оперативного использования информации необходимо создавать базы данных и знаний, на основе которых возможно решение целевых задач управления садоводческими предприятиями. Объектом цифровизации менеджмента в промышленном садоводстве всегда является система, состоящая из 2-х типов подсистем: производственной (промышленной), включающей в себя все виды технологической организации подготовительных и основных уходовых работ за садом, и экологической (природной), к которой относятся выращиваемые на почве садовые культуры вместе с климатическими, биотическими и иными воздействиями внешней среды [1]. Такой тип систем относится к классу макросистем [2], поскольку их поведение в целом рассматривается как детерминированное, тогда как поведение отдельных элементов или подсистем может носить какой-либо недетерминированный характер.

В садоводческом предприятии (СП) экологическая подсистема с позиций исследователей оказывается вероятностной из-за неопределенностей состава всех действующих на нее внешних факторов и реакций на них растительных и животных сообществ. С кибернетических позиций природо-промышленные макросистемы являются термодинамически открытыми, территориально распределенными, сложными, иерархическими, инерционными, нелинейными, динамическими, с запаздыванием сигналов в информационно-измерительных каналах. Эти обстоятельства не только затрудняют процедуры накопления данных и знаний, но и серьезно усложняют систему менеджмента СП.

Так как сады закладываются на средне- и долгосрочную перспективу, горизонты управления ими могут составлять 20 и более лет. За это время рождаются новые поколения граждан, интересы которых, тем не менее, должны учитываться уже сегодня при принятии решений на всех этапах жизненного цикла СП. И вследствие этого отрасль промышленного садоводства подпадает под проблему устойчивого регионального развития, с недавних пор ставшую важнейшей проблемой современности [3]. При этом необходимо учитывать специфику промышленного садоводства, требующего системного изучения и применения новых методов решения практических задач.

В числе характерных особенностей, свойственных любому сельскохозяйственному производству, в работе [4] названы следующие:

1. Участие в технологическом процессе живых организмов, связь режимов работы технического оборудования с растениями, животными

и людьми, что приводит к случайным изменениям режимных параметров процесса производства и неопределенностям контроля и управления в объектах сельхозуправления.

2. Многообразие и сложность производственных процессов, обеспечиваемых цифровыми технологиями.

3. Распределенность контролируемых переменных по большой площади, случайный характер их природы.

4. Технологическое многообразие сельхозпроизводства и культур.

Отметим, что «многообразие» часто порождает неопределенность, которая в свою очередь усложняет системы управления.

Не менее важной особенностью современного агропроизводства является зависимость выхода сельхозпродукции от непрерывного потребления материально-энергетических ресурсов, связанных с интенсивной механизацией агротехнологий и агрохимией, используемой при подкормке почвы и в борьбе с сорняками и вредителями. От интенсификации агротехнологий так или иначе страдает окружающая среда, поэтому необходимо искать новые решения по снижению негативного влияния интенсивного сельскохозяйственного производства на природные факторы, от которых зависит жизнь и здоровье людей. К таким решениям следует отнести цифровые технологии «умного» и «точного» земледелия рассмотренных далее.

Для преодоления указанных трудностей, в частности свойственных цифровизации СП, необходимо использовать системные методы анализа и математические описания интересующих процессов. На рисунке 1 приведена блочная структура методологии работы с природо-промышленными системами (ППС) в аспекте решения региональных задач устойчивого развития [5]. Она разрабатывалась на двух принципах – «путеводителя» и «конструктора» для ППС различного типа и может быть использована при поэтапной цифровизации СП. Подробное описание отдельных блоков содержится в работе [6].

Понятие «природо-промышленная система» предполагает научное обоснование границ садового ландшафта по горизонтали и вертикали, определение возможных точек приложения внешних воздействий и их типы,



**Рис. 1. Архитектура системного подхода к цифровизации садоводческих предприятий**

а также выделение природных и антропогенных факторов, важных для задач цифровизации СП. На рисунке 2 в условной форме дано отображение ППС как «экологической» ниши, предназначенной для выращивания многолетних культур.

Фактически ППС является научной платформой для постановки и решения любых задач цифровизации «умного» и «точного» земледелия в садоводстве. Первый термин означает автоматизацию и роботизацию производственных процессов в СП, второй – комплексный подход к управлению продуктивностью почвы на основе компьютерных и спутниковых технологий контроля за состоянием объектов и передачи информации. Особую сложность представляют задачи «точного» земледелия, поскольку их решение предполагает моделирование био-физико-химических процессов, происходящих не только в почве и на ее поверхности, но и в самих растениях.

В методологии системного подхода [6] использована концепция «экологического реактора», смысл которой состоит во взгляде на ППС как на физико-химические и биологические системы (ФХС и БС), что позволяет говорить о единстве процессов «умного» и «точного» земледелия.

На рисунке 3 приведена блочная схема экореактора, содержащая ключевые природные компоненты, источники энергии и водные потоки. Цифровизация процессов в экореакторе осуществляется в модульной форме и сохраняется в базе знаний. К типовым процессным модулям отнесены «Гидродинамика», «Теплопередача», «Массообмен», «Кинетика», «Излучение», «Фотосинтез», «Фотохимия», «Дыхание», «Развитие», «Хищничество» и «Разложение». При наличии апробированных математических конструкций таких модулей в конкретном случае может потребоваться их параметризация либо на основе имеющейся базы данных, либо на основе специально поставленных экспериментов.

В задачах «умного земледелия» важную роль играет энергоэффективность используемых агротехнологий из-за высокой стоимости энергоресурсов и негативного влияния продуктов сгорания на окружающую среду. Оптимизация расхода энергоресурсов возможна по результатам работы на СП подсистемы энерго-экологического менеджмента. На рисунке 4 приведена примерная схема использования информации экологического мониторинга и энергоаудита для циклического улучшения характеристик СП на основе «принципов Деминга», предусмотренных в ГОСТ Р ИСО 50001–2012 «Системы экологического менеджмента».

<p>Горизонтальная составляющая – генетико-морфологическая структура ландшафта:</p> <p>парцеллы фации подурочища урочища местности</p>	<p>Средообразующее влияние культуры и агротехнологии</p> <p>Факторы жизни в ППС садового ландшафта:</p> <p>солнечное излучение газовый состав атмосферы вода тепло ветер почва</p>	<p>Вертикальная составляющая – биострома, как горизонт среды обитания живых организмов, создаваемой факторами жизни:</p> <p>воздушной наземно-воздушной почвенно-грунтовой подпочвенной</p>
---	--	---

Рис. 2. «Экологическая ниша» для садовых культур и категорий земель



Рис. 3. Структура экологического реактора



Рис. 4. Схема планирования задач менеджмента по оценке эффективности используемых агротехнологий

Получение первичной цифровой информации для системы менеджмента СП, с последующим накоплением ее в базе данных, возможно из различных источников в ходе осуществления планировочных и других организационно-технологических и мониторинговых работ. На рисунке 5 показана система документации, отражающая состояния СП в различных фазах жизненного цикла сада: перед закладкой насаждений, в подростковый и плодоносящий периоды развития. Назначение документов сбора информации следует из их названия. Все формы отчетности должны

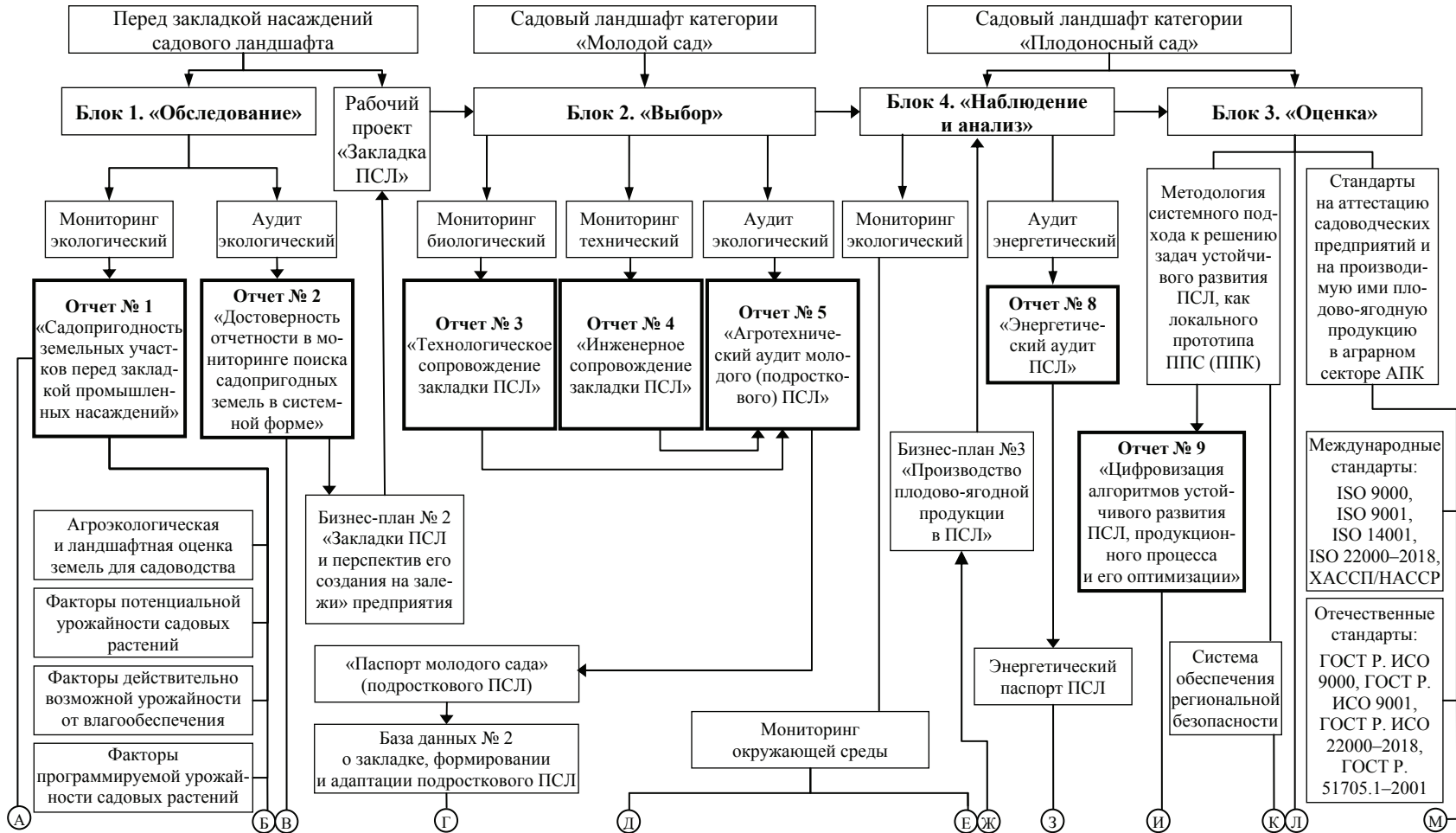


Рис. 5. Система документального сбора информации о состоянии садоводческого предприятия (начало): ПСЛ – промышленно садовый ландшафт

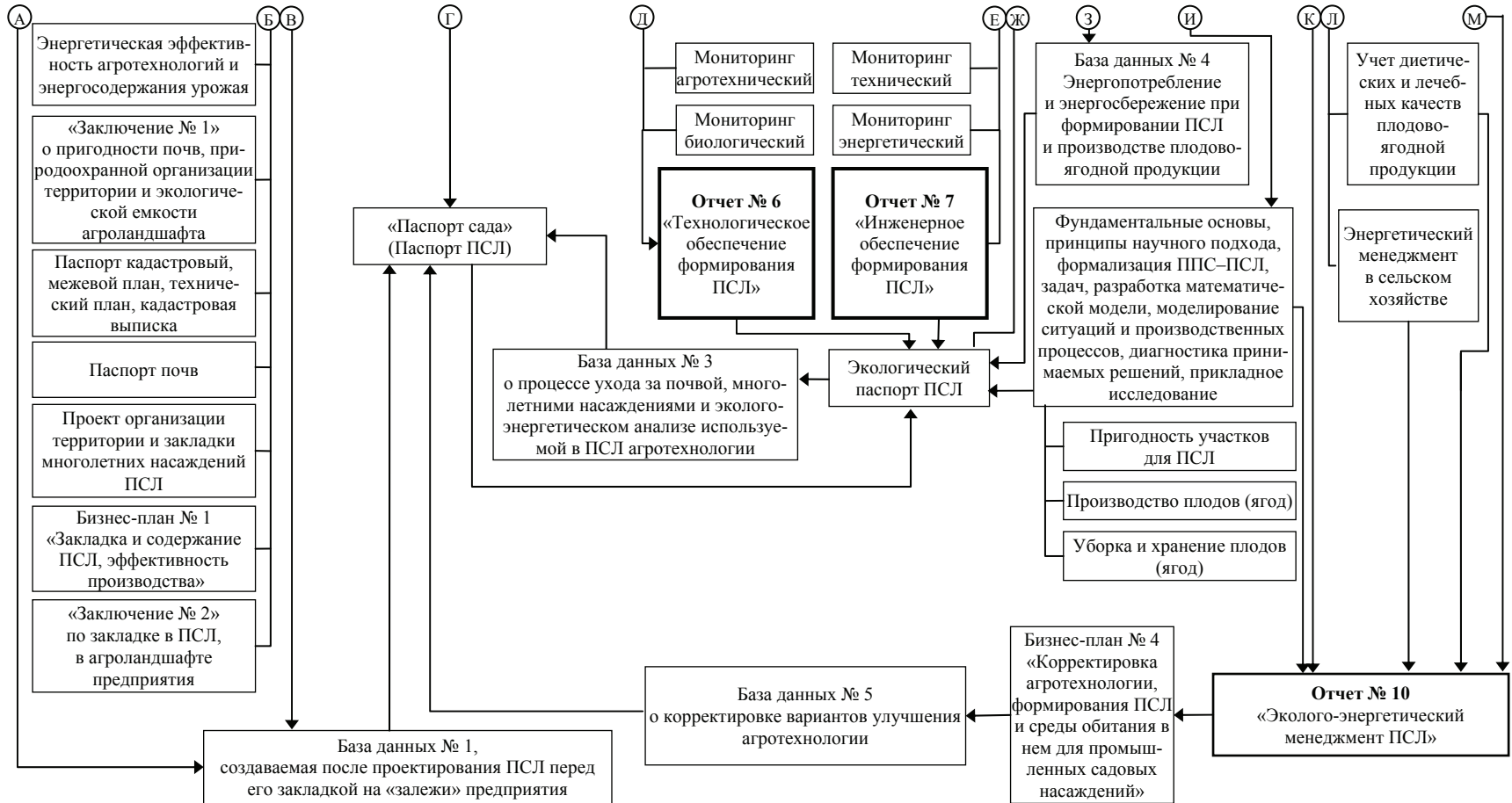


Рис. 5. Окончание



быть унифицированы в плане удобства переноса данных в соответствующие сегменты базы данных. Ее архитектура может строиться в соответствии с типами обозначенных на рис. 5 отчетных документов.

В ближайшие десятилетия аграрный сектор экономики России ожидают значительные улучшения, которые будут вызваны модернизацией системы менеджмента сельхозпредприятий за счет оснащения агротехники приборами спектрального и визуального наблюдения за качеством выполняемых работ, датчиками прямого и косвенного контроля состояния почв, средствами передачи цифровой информации от всех мобильных и стационарных объектов производственной деятельности в центр управления; создания единой информационно-сетевой инфраструктуры роботизированных машин и механизмов в целях оптимального управления материально-энергетическими и людскими ресурсами. Новая информационная платформа в АПК позволит не только осуществлять контроль над эффективностью применяемых агротехнологий, но и над важнейшими биофизико-химическими процессами роста растений на основе их математического описания. Благодаря этому открывается возможность совместного решения задач «точного» и «умного» земледелия.

#### *Список литературы*

1. Попов, Н. С. Цифровизация садоводческих предприятий аграрного сектора АПК в системе менеджмента устойчивого развития сельских территорий / Н. С. Попов, М. В. Придорогин, Л. Н. Чуksина // *Вопр. соврем. науки и практики*. Университет им. В. И. Вернадского. – 2019. – № 4 (74). – С. 87 – 101. doi: 10.17277/voprosy.2019.04.pp.087-101
2. Попков, Ю. С. Элементы теории макросистем и ее приложения / Ю. С. Попков // *Прикладные проблемы управления макросистемами* : тр. Первой Всесоюзной школы-семинара, 19 – 28 февраля 1985 г., Алма-Ата. – М., 1986. – С. 4 – 19.
3. Попов, Н. С. Вернадский, эволюция и устойчивое развитие / Н. С. Попов, О. В. Пещерова, А. А. Чуksин // *Вопр. соврем. науки и практики*. Университет им. В. И. Вернадского. – 2017. – № 4 (66). – С. 29 – 40. doi: 10.17277/voprosy.2017.04.pp.029-040
4. Цифровизация сельскохозяйственного производства России на период 2018 – 2025 гг. : исследование кооперационного проекта «Германо-Российский аграрно-политический диалог». – Текст : электронный. – Москва/Берлин, декабрь 2018. – 33 с. – URL : [https://agrardialog.ru/files/prints/apd\\_studie\\_2018\\_russisch\\_fertig\\_formatiert.pdf](https://agrardialog.ru/files/prints/apd_studie_2018_russisch_fertig_formatiert.pdf) (дата обращения: 15.01.2020).
5. Popov, N. S. A Methodology of Solving Problems of Sustainable Development / N. S. Popov, O. V. Peshcherova, L. N. Chuksina // *Вопр. соврем. науки и практики*. Университет им. В. И. Вернадского. – 2018. – № 2 (68). – С. 79 – 85. doi: 10.17277/voprosy.2018.02.pp.079-085
6. Попов, Н. С. Разработка системного подхода к решению региональных задач устойчивого развития / Н. С. Попов, О. В. Пещерова, Л. Н. Чуksина // *Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та*. – 2018. – Т. 24, № 3. – С. 400 – 423. doi: 10.17277/vestnik.2018.03.pp.400-423

#### *References*

1. Popov N.S., Pridorogin M.V., Chuksina L.N. [Digitalization of horticultural enterprises in the agricultural sector of the agro-industrial complex in the management system for sustainable development of rural territories], *Voprosy sovremennoy nauki i*

*praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo* [Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University], 2019, no. 4 (74), pp. 87-101, doi: 10.17277/voprosy.2019.04.pp.087-101 (In Russ., abstract in Eng.)

2. Popkov Yu.S. *Prikladnyye problemy upravleniya makrosistemami: trudy Pervoy Vsesoyuznoy shkoly-seminara* [Applied problems of managing macrosystems: Proceedings of the First All-Union School-Seminar], 19 – 28 February, 1985, Alma-Ata, Moscow, 1986, pp. 4-19. (In Russ.)

3. Popov N.S., Peshcherova O.V., Chuksin A.A. [Vernadsky, evolution and sustainable development], *Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo* [Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University], 2017, no. 4 (66), pp. 29-40, doi: 10.17277/voprosy.2017.04.pp.029-040 (In Russ., abstract in Eng.)

4. [https://agrardialog.ru/files/prints/apd\\_studie\\_2018\\_russisch\\_fertig\\_formatiert.pdf](https://agrardialog.ru/files/prints/apd_studie_2018_russisch_fertig_formatiert.pdf) (accessed 15 January 2020).

5. Popov N.S., Peshcherova O.V., Chuksina L.N. A Methodology of Solving Problems of Sustainable Development, *Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo* [Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University], 2018, no. 2 (68), pp. 79-85, doi: 10.17277/voprosy.2018.02.pp.079-085 (In Eng., abstract in Russ.)

6. Popov N.S., Peshcherova O.V., Chuksina L.N. [Development of a systematic approach to solving regional tasks of sustainable development], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2018, vol. 24, no. 3, pp. 400-423, doi: 10.17277/vestnik.2018.03.pp.400-423 (In Russ., abstract in Eng.)

---

## **A Systematic Approach to the Digitalization of Horticultural Enterprises**

**M. V. Pridorogin, A. S. Gordeev, N. S. Popov,  
O. V. Peshcherova, L. N. Chuksina**

*Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Tambov Region, Russia;  
Tambov State Technical University;  
G. R. Derzhavin Tambov State University, Tambov, Russia*

**Keywords:** V. A. Potapov's heritage; natural-industrial system; industrial gardening; sustainable development; gardening digitalization; ecology.

**Abstract:** The scientific heritage of Professor V. A. Potapov is the evidence of the need to include an environmental component in the theory of development of the horticultural industry of the agro-industrial complex (AIC). At the same time, horticultural enterprises (HCEs) should be considered not only in the form of “combines” for the production of fruit and berry products, but also as complex socio-economic and environmental macro-systems, the presence and condition of which depend on the sustainable development of many regions of Russia.

The paper proposes a methodology for a systematic approach to digital vision of HCE management, as well as describes the possible sources of digital information for building databases and knowledge necessary for the development of control systems for “exact” and “smart” farming in industrial gardening.

---

© М. В. Придорогин, А. С. Гордеев, Н. С. Попов,  
О. В. Пещерова, Л. Н. Чуксина, 2020