

Гносеологические основы использования цифровых технологий в сельском хозяйстве Сибири

Виктор Валентинович Альт^{1,2},
доктор технических наук, профессор,
академик РАН, e-mail: altviktor@ngs.ru;
Максим Сергеевич Чекусов³,
кандидат технических наук, директор,
e-mail: chekusov@anc55.ru;

Светлана Павловна Исакова¹,
старший научный сотрудник,
e-mail: isakova.s.p@yandex.ru;
Елена Андреевна Балущкина¹,
старший научный сотрудник,
e-mail: elpice@yandex.ru

¹Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий Российской академии наук, г. Краснообск, Новосибирская область, Российская Федерация;

²Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск, Российская Федерация;

³Омский аграрный научный центр, г. Омск, Российская Федерация

Реферат. Обосновали необходимость гносеологического подхода к определению основных посылов в применении цифровизации сельхозтоваропроизводителями с учетом природно-климатических, товарно-производственных и социальных факторов. (*Цель исследования*) Сформулировать основные послы при применении цифровых технологий в сельскохозяйственном производстве, которые определяют гносеологические подходы к их системному использованию и позволяют увеличить производство зерновых в 2-3 раза на примере ЗАО «Соколово». (*Материалы и методы*) Применили системный анализ к объектам в сельскохозяйственного производства как к информационным средам при их описании в информационном пространстве. (*Результаты и обсуждение*) Установили, что объекты сельхозпроизводства находятся в объективной мультипликативной взаимосвязи. По результатам разработали схему связи объектов в агропромышленном производстве, отражающую их диалектическую общность. Представили объекты производства как ресурс, характеризующийся некой совокупностью параметров и значений. Показали мультипликативный характер взаимосвязи ресурсов, описав характер зависимости методом предельного перехода. Выявили общие требования к информации для решения задач земледелия, производства растениеводческой продукции и к средствам обработки этой информации в объеме более 2 петафлопсов. Установили необходимую разрешающую способность при управлении техпроцессами – менее 3 сантиметров. (*Выводы*) Предложили парадигму информационного обеспечения технологических процессов сельскохозяйственного производства. Подтвердили правомерность такого подхода к формированию парадигмы созданием более 20 баз данных и знаний. Привели примеры роста эффективности производства зерна в Новосибирской области. В основу гносеологических принципов положили сформулированные шесть посылов информационных цифровых технологий, позволяющих использовать их более чем в 247 520 различных комбинациях и применять для всего многообразия хозяйств в зависимости от их возможностей и желаний.

Ключевые слова: цифровизация сельского хозяйства, парадигма, цифровая информация, многомерное пространство, разрешающая способность, объем информации, производительность труда.

■ **Для цитирования:** Альт В.В., Чекусов М.С., Исакова С.П., Балущкина Е.А. Гносеологические основы использования цифровых технологий в сельском хозяйстве Сибири // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2021. Т. 15. №1. С. 16-23. DOI 10.22314/2073-7599-2021-15-1-16-23.

Epistemological Foundations of the Digital Technologies Used in Agriculture in Siberia

Viktor V. Alt^{1,2},
Dr.Sc.(Eng.), professor, member of the Russian Academy
of Sciences, e-mail: altviktor@ngs.ru;
Maksim S. Chekusov³,
Ph.D.(Eng.), director,
e-mail: chekusov@anc55.ru;

Svetlana P. Isakova¹,
senior researcher,
e-mail: isakova.s.p@yandex.ru;
Elena A. Balushkina¹,
senior researcher,
e-mail: elpice@yandex.ru



¹Siberian Federal Scientific Center of Agro-Bio Technology of the Russian Academy of Sciences, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russian Federation;

²Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russian Federation;

³Omsk Agricultural Research Center, Omsk, Russian Federation

Abstract. The authors substantiated the necessity for an epistemological approach to determining the main messages in the digitalization application by agricultural producers, taking into account natural and climatic, commodity-production and social factors. (*Research purpose*) To formulate the main messages when applying digital technologies in agricultural production, which determine epistemological approaches to their systematic use and allow increasing grain production by 2-3 times on the example of JSC Sokolovo. (*Materials and methods*) The authors applied a system analysis to agricultural production objects as to information field when describing them in the information space. (*Results and discussion*) The authors found that agricultural production objects were in an objective multiplicative relationship. Based on the results, a communication scheme between objects in agro-industrial production, reflecting their dialectical commonality was developed. They presented production objects as a resource characterized by a certain set of parameters and values. They showed the multiplicative nature of the resources relationship, describing the nature of the dependence by the method of passage to the limit. The authors identified general information requirements for solving the agriculture problems, crop production and for the means of processing this information in the amount of more than 2 petaflops. They established the necessary resolution for managing technical processes - less than 3 centimeters. (*Conclusions*) The authors proposed a paradigm for information support of technological processes in agricultural production. They confirmed the legitimacy of this approach to the paradigm formation by creating more than 20 databases. They gave examples of increasing the efficiency of grain production in the Novosibirsk region. The epistemological principles were based on the formulated six messages of information digital technologies, which made it possible to use them in more than 247 520 different combinations and apply to the whole farms variety, depending on their capabilities and desires.

Keywords: agriculture digitalization, paradigm, digital information, multidimensional space, resolution, information volume, labor productivity.

For citation: Al't V.V., Chekusov M.S., Isakova S.P., Balushkina E.A. Gnoseologicheskie osnovy ispol'zovaniya tsifrovyykh tekhnologiy v sel'skom khozyaystve Sibiri [Epistemological foundations of the digital technologies used in agriculture in Siberia]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2021. Vol. 15. N1. 16-23 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2021-15-1-16-23.

«Стратегия без тактики – это самый медленный путь к победе. Тактика без стратегии – это просто суета перед поражением».

*Сунь-Цзы, китайский стратег и мыслитель,
VI век до н.э.*

Цифровые технологии в управлении сельскохозяйственным производством выступают как совокупность программных способов обработки природно-производственной информации с использованием технических средств и компьютеров [1, 2]. На сегодняшний день нет единого мнения, что следует считать приоритетным, а что не может быть решено с учетом реалий в конкретных условиях; какие трудности ожидают желающих извлечь выгоду от использования цифровых технологий и какие возможности открываются при использовании этих технологий. Предлагаются базы данных и знаний, платформенные решения, системы больших данных, системы искусственного интеллекта и т.д. [2]. Текущий момент применения цифровых технологий требует формулирования гносеологических подходов к их применению на основе анализа видов информации, ее объемов и смены парадигмы информационного обеспечения сельскохозяйственного производства.

Цель исследования – формулирование основных посылов при применении цифровых технологий в сельскохозяйственном производстве, которые определяют гносеологические подходы к системному использованию современных цифровых технологий. В основу системности должны быть положены объективная общность объектов (ресурсов) и парадигма информационного обеспечения технологических процессов сельхозпроизводства.

Для достижения поставленной цели предполагается решить следующие задачи с использованием системного анализа скрытых связей и неявных функциональных зависимостей:

- определение структурных связей объектов сельхозпроизводства;
- оценка объемов информации, характеризующих многомерное пространство в совокупности всех объектов в целом и каждого отдельно;
- формирование парадигмы информационного обеспечения и управления технологическими процессами аграрного производства с использованием экспертных систем и систем искусственного интеллекта;
- формулирование основных посылов применения цифровых технологий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Анализ тенденций цифро-

визации сельскохозяйственного производства показал рост эффективности производства при сохранении плодородия почв, снижение социальной напряженности на селе, расширение притока молодежи в сельскую местность [3-5]. В процессе исследований мы применили системный анализ общности связей, составляющих сельскохозяйственного производства как системы, сформированной из самостоятельных подсистем, обладающих устойчивыми связями в вышестоящей системе и имеющих свойство изменяться самостоятельно – как в качестве подсистемы, так и в целом в рамках системы. Для установления взаимовлияния системы и подсистем применили метод предельного перехода состояний подсистем. Доказательством правомочности такого подхода к системному представлению сельскохозяйственного (зернового) производства стало создание в нашем научном коллективе на протяжении ряда лет с использованием указанной выше концепции ряда информационных моделей (машинно-тракторный агрегат, сельхозмашина, трансмиссия, двигатель, растение, фитофаги, агрофитоценоз и т.д.). Использование информационных моделей обеспечило разработку более 20 баз данных и знаний [3-7]. Применены предметно-ориентированные поисковые алгоритмы древообразной поисковой системы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Гносеология представляет собой достоверное знание. В чем же состоит достоверное знание цифровизации сельского хозяйства? Для сельского хозяйства характерны особенности, которые диктуют применение современных возможностей обработки и анализа цифровой информации [1]:

- многомерность факторов, характеризующих производственно-технологические процессы;
- агроклиматическая распределенность хозяйств (более 100 млн га);
- многообразие социумов;
- многочисленность видов, пород, сортов животных и растений.

Эти особенности предопределяют необходимость использования инновационных цифровых технологий: искусственного интеллекта, робототехники, интернета вещей, беспилотных летательных аппаратов, а также внедрения целого ряда новых аппаратных средств, программного обеспечения, мобильных приложений, сенсорных технологий и систем обработки больших данных [8-10].

Для сельскохозяйственного производства характерно сочетание процессов с периодичностью от нескольких микросекунд (в задаче обеспечения работоспособности тракторов, комбайнов и другой техники) до трех лет (в задаче обновления стада животных). Исходя из этих примеров полярных требований к быстрдействию, объемам информации, размерам информационных сообщений необходимо сформулировать гносеологические подходы к формированию ин-

струментально-программных средств на современном этапе развития как самого сельхозпроизводства, так и цифровых технологий.

Каждый из субъектов управления аграрным производством в процессе принятия решения связан с многофункциональным характером взаимосвязей объектов управления. В обобщенном виде мы можем систематизировать их как окружающую среду, землю, растения, животных, машины и социум. Под социумом мы подразумеваем сельского человека с его социально-бытовыми условиями, финансово-денежной системой доходов и расходов, транспортной инфраструктурой, логистикой производства и т.д. (рис. 1). Все это можно представить как 8, а иногда и 12 разновидностей ресурсов, которые взаимодействуют в общей совокупности, или n -мерным пространством, размер которого определяется числом рассматриваемых ресурсов [11]. Человек живет в 4-мерном пространстве (ширина, длина, высота и время). При увеличении мерности пространства (в качестве пятой координаты можно представить первую производную любой из метрик четырехмерного пространства) он чувствует определенный дискомфорт. Для него анализ протекания процессов в 8-, 12-мерном пространстве – задача непреодолимой сложности.

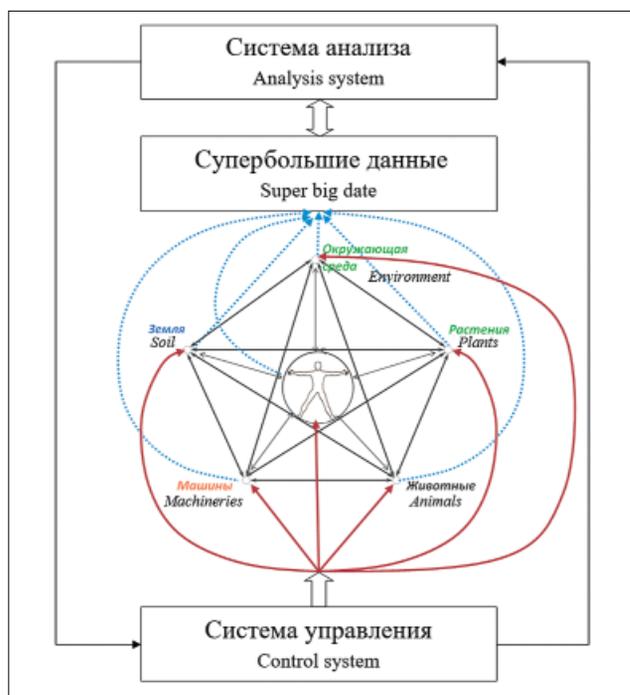


Рис. 1. Схематическое изображение связей объектов в сельхозпроизводстве, отражающих их диалектическую общность

Fig. 1. Schematic representation of the objects relations in agricultural production, reflecting their dialectical community.

Чтобы снизить мерность пространства, человек полагает несущественность или безграничность некоторых ресурсов, тем самым принимает частные ре-



шения. В результате этого формируется неполное знание о протекании процессов в сельскохозяйственном производстве [12].

Как утверждал Фридрих фон Хайек, экономист и философ XX века, каждый человек обладает только частицей знания, поэтому в процессе управленческой и предпринимательской деятельности объективно неминуемы ошибки действий или решений. Это *первый* и один из главных посылов применения цифровых технологий в сельхозпроизводстве.

Стремление к росту продуктивности полей и ферм всегда сопряжено с необходимостью более глубокого знания и понимания процессов, определяющих функционирование всех компонентов в земледелии и животноводстве. Поля, сорта, породы, условия их роста и развития, переработка в продукты жизнеобеспечения человека и среды его существования и обитания сопряжены с количественным и качественным описанием всего многообразия мироздания. Чем глубже мы познаем мир, тем больше параметров, характеристик, описаний используем, создавая статьи, книги, базы данных и знаний [7].

Необходимость использования больших баз данных и их анализ для принятия управленческих решений диктует своевременность смены парадигмы информационного обеспечения цифровизированного сельскохозяйственного производства [12]. Мы предложили парадигму информационного обеспечения цифровизированного сельскохозяйственного производства. Предложенная нами парадигма как научная система взглядов на решение задач на современном этапе развития сельхозпроизводства охватывает весь комплекс информационного обеспечения – от приборов до систем искусственного интеллекта – и показывает гносеологическую общность всего разнообразия инструментария: от прибора измерительно-вычислительного комплекса, информационно-измерительной системы, экспертной системы и системы искусственного интеллекта, включая программное обеспечение, модели, знания экспертов, базы данных и знаний (рис. 2).

Эффективность зернового производства во многом определяется выбором сортов и технологий во всем многообразии в соответствии с агроклиматическими (почвенное разнообразие, температура, увлажнение) и агроландшафтными особенностями расположения хозяйства. Эта информация может быть по-

лучена только путем дистанционного зондирования полей с разрешением до 0,01-0,03 м.

В качестве примера для определения возможно необходимых объемов информации рассмотрим Новосибирскую область и ее посевные площади – 1900 тыс. га. Решение задач цифрового управления на этой территории по всему спектру видов и сортов сельхозкультур, технологий выращивания и уборки урожая предполагает использование цифровой платформы с обрабатываемыми объемами около 2 петафлопсов. Эти данные должны быть проанализированы и систематизированы с учетом рыночной конъюнктуры, по видам, сортам и показателям качества для каждой партии зерновой культуры. Поэтому в процессе производства необходимо определять выбор сорта и технологий от посева до товарного зерна в зависимости от агроклиматического потенциала каждого поля. Инвариантные решения этой задачи возможны только на основе информационных цифровых технологий с использованием цифровых платформ, больших баз данных, баз знаний, экспертных систем и систем искусственного интеллекта. Это *второй* из главных посылов применения цифровых технологий в агропромышленном производстве.

Агроклиматический потенциал Сибири в сравнении с тем же показателем в странах Европы и США ниже в 4-6 раз. В Западной Сибири он составляет 58-63% от потенциала России, а в Забайкалье – 38-43% (по данным академика РАН Гончарова П.Л.). В Сибири с расширением применения высокоинтенсивных, малоэнергоёмких и ресурсосберегающих технологий обеспечивается производство конкурентоспособной продукции (*таблица*) [4, 7].

В Новосибирской области за 30 лет при сокращении пашни на 25% валовый сбор зерна снизился на 0,05%, а урожайность увеличилась на 27%. Однако нужно отметить, что в пятилетке 2016-2019 гг. отмечены повышенная засуха в сравнении с периодом 1988-1992 гг., а эффект роста урожайности районированных сортов сибирской селекции обеспечил стабильность валового производства зерна. По данным академика РАН Власенко А.Н., результаты конкурсного испытания показали урожайность от 4,5 до 7,6 т/га районированных сортов пшеницы, что говорит об их преимуществе перед инорайонными сортами. В регионе сорта сибирской селекции занимают 95-99% зернового клина.

Показатели Indicator		1988-1992 гг.	2016-2019 гг.	Изменение, % Change, %
Площадь посева, тыс. га / Crop area, thousand ha		1999,0	1492,9	-25,60
Валовый сбор, тыс. т / Gross harvest, thousand tons		2668,0	2522,7	-0,05
Урожайность, т/га / Yield, tons/ha		1,33	1,69	+27,00

В ЗАО «Новомайское» Краснозерского района Новосибирской области производительность труда в зерновом производстве в 2,5 выше, чем по России, и на 40% больше, чем в США (рис. 3). Секрет успеха ЗАО «Новомайское» складывается из совокупности всего разнообразия адаптивных технологий, сортов, машин и социума. Приведем один из примеров изменения производительности труда на уборке зерновых в этом хозяйстве. В 1988 г. в хозяйстве было 67 зерновых комбайнов, 9 тыс. га. зерновых, урожайность 1,2 т/га, а 2019 г. – 15 ед., 20 тыс. га и 2,4 т/га соответственно. За 30 лет производительности труда на уборке урожая зерновых выросла в 20 раз. Формирование мультипликативного эффекта при использовании многих составляющих процесса производства в широком диапазоне изменения параметров самих составляющих – это *третий* посыл использования цифровых технологий для получения существенного эффекта.

Доля сельского населения России, по данным Росстата, за 1959-2018 гг. сократилась в 2 раза и к 2019 г. достигла 25,3% от общей численности населения. За 2001-2010 гг. количество работающих в сельхозорганизациях уменьшилось примерно в 5 раз [13]. Негативная тенденция в части обеспечения села специалистами сохраняется. Ради объективности нужно отметить, что крупные товаропроизводители и агрохолдинги остро дефицита в кадрах не испытывают благодаря высоким показателям производительности, интенсификации и оплаты труда. Анализ позитивных и негативных тенденций на селе в сфере изменений человеческого ресурса позволяет сделать вывод о хроническом дефиците специалистов высокой квалификации среди рабочих, лиц с высшим и средним специальным образованием, стремящихся использовать цифровые технологии в производстве.

Все шесть объектов сельскохозяйственного про-

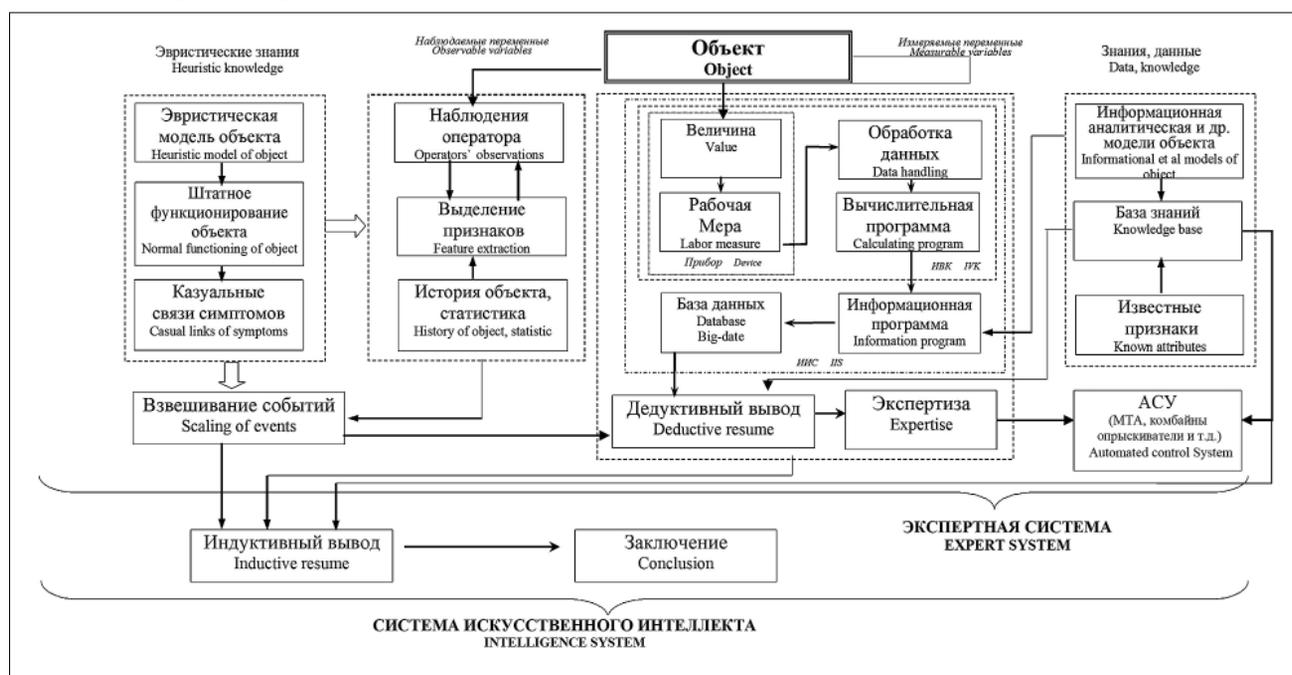


Рис. 2. Парадигма информационного обеспечения и цифрового управления сельскохозяйственным производством

Fig. 2. Information support and digital management of agricultural production paradigm

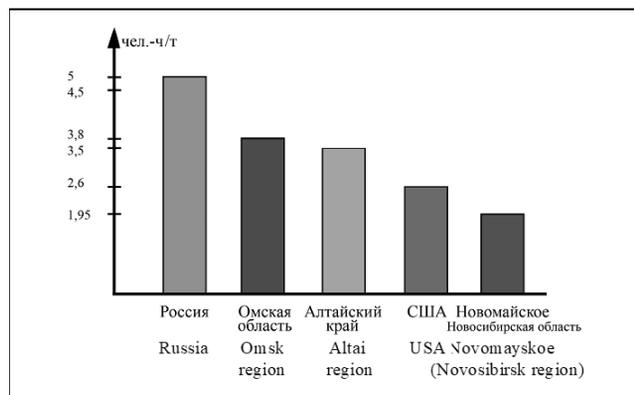


Рис. 3. Производительность труда при производстве пшеницы

Fig. 3. Labor Productivity in wheat production

изводства: землю, растения, животных, машины, окружающую среду и социум можно представить как шесть (а полнее – 12) разных ресурсов с диапазонами изменения от 0 до *max*:

$$F(t) = f_1(t) \cdot f_2(t) \cdot f_3(t) \cdot f_4(t) \cdot f_5(t) \cdot f_6(t),$$

где $F(t)$ – валовое производство зерна.

Данное выражение позволяет не только описать процесс производства, но и предвидеть ситуации развития всего процесса в целом и в его ограничениях [11]. Вот несколько из возможных решений:

- если $f_1(t)$ – функционал «ресурс растение» – устремится к нулю (это означает отсутствие культурных зерновых растений), то выражение будет равно нулю



независимо от величины всех остальных ресурсов;

- если $f_2(t)$ – функционал «ресурс машины» – устремится к нулю (это означает отсутствие в производственном процессе машин), то выражение не будет равно нулю. Зерновое производство сохранится, но на уровне первобытнообщинного строя, а не шестого технологического уклада;

- если $f_3(t)$ – функционал «ресурс земля» – устремится к нулю (это означает отсутствие пашни), то выражение равно нулю независимо величины всех остальных ресурсов. Здесь возможны возражения в части гидропоники, закрытого грунта, искусственного грунта и т.д. – пока сомнительно, что в обозримой перспективе эти «заменители почвы» смогут стать основой товарного производства зерна;

- если $f_4(t)$ – функционал «ресурс окружающая среда» – устремится к нулю (это означает отсутствие агроклиматических условий произрастания зерновых культур), то выражение равно нулю не только для тех зон, где возделывание зерновых культур невозможно;

- если $f_5(t)$ – функционал «животные (домашние)» – устремится к нулю, то это означает отсутствие домашних животных, как следствие, отсутствие производства животноводческой продукции: молока, мяса и т.д.;

- если $f_6(t)$ – функционал «ресурс социум» (этот функционал включает в себя еще 3 функционала) – устремится к нулю (это означает отсутствие человека в производственном процессе), то выражение также равно нулю. Хотя и трудно сегодня представить автоматический процесс производства зерна (без участия человека), даже в принципиальном математическом решении при трудностях описаний возможных ограничений [13-15].

Это *четвертый* посыл в использовании информационных цифровых технологий в сельскохозяйственном производстве.

Если рассмотреть шесть видов ресурсов – «земля», «растения», «окружающая среда», «машины», «животные» и «социум» – в единстве и в системе производства зерна, то становится очевидным, что у нас в Сибири объективно есть возможность удвоения производства зерна [16].

Большинство авторов считают, что факторы, обеспечивающие рост производства зерна, это:

- сорта зерновых колосовых интенсивного типа;
- питание растений (восполнение его обеспечивается органическими и минеральными удобрениями);
- защита растений от болезней, вредителей и сорняков;
- увеличение производительности сельскохозяйственных машин (путем их роста ширины захвата, мощности, автоматизации и т.п.).

Это, безусловно, верно. Однако задача нивелирования причин, сдерживающих рост производства зерна, состоит в формализации лимитирующих факторов и поиске путей их преодоления.

Для примера возьмем Забайкальский край, где бывают годы, когда в метровом слое почвы влаги нет, и засыхают даже тополя. Но в августе, сентябре приходят дожди, приводящие к наводнениям. Можно эту влагу использовать? Да можно, и этот технологический прием известен – глубокое рыхление, обеспечивающее накопление влаги в метровом слое почвы и ее использование в следующем вегетационном периоде. Применение глубокого рыхления в ИП Стерликов В.В. Карымского района Забайкальского края позволило получить 3,5 т/га яровой пшеницы Новосибирская 29.

Поиск приемов и технологий, нивелирующих лимитирующие факторы, многомерен, и только анализ цифровых имитационных моделей агробиоценоза для конкретной территории позволит определить их состав и пути преодоления. Это *пятый* посыл в развитии и разработке информационных цифровых технологий в сельскохозяйственном производстве.

Мы уже обсудили объединяющую роль «социума» для всех пяти ресурсов. Но все ли так безоблачно при более детальном анализе этой роли? Нужно принимать во внимание, что человек как субъект бизнес-процессов всегда старается сохранить свои преимущества перед другими участниками бизнеса, а иначе он будет как все. В такой ситуации срабатывает принцип: «А мне это надо?». Преодоление такого положения возможно через науку, образование и управление. Конечно, для этого нужны время и финансовые ресурсы. Да, в этом процессе возможны не все фундаментальные исследования, но приоритетно-прикладные – точно.

В этом и состоит *шестой* посыл в использовании разработок информационных цифровых технологий в конкретном сельскохозяйственном предприятии.

Число сочетаний при решении задач организации и осуществления сельскохозяйственного производства в конкретном хозяйстве при 3 технологиях обработки почвы (отвальная классическая, безотвальная, *no-till*), 3 уровнях интенсификации (экстенсивная, нормальная, интенсивная) и 6 посылах информационных цифровых технологий равно 247 520 вариантам.

Выводы. В основу гносеологических принципов положены сформулированные шесть посылов информационных цифровых технологий, позволяющих использовать их более чем в 247 520 различных комбинациях и применять для всего многообразия хозяйств в зависимости от их возможностей и желаний. Решение задач по переходу сельского хозяйства к высокопродуктивному типу производства лежит на пути поэтапного разрешения выбора технологий и всех шести посылов путем ранжирования этой совокупности по значимости для каждого конкретного хозяйства того или иного посыла на устранение (снижение) отрицательного воздействия на жизнедеятельность производителя сельхозпродукции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гончаров В. Д., Котеев С. В., Рау В. В. Проблемы продовольственной безопасности России // *Проблемы прогнозирования*. 2016. N2(155). С. 99-107.
2. Ганиева И.А. Предпосылки создания информационно-ресурсной цифровой платформы интеллектуального управления системами земледелия и землепользования для агропромышленного комплекса России // *Достижения науки и техники АПК*. 2019. Т. 33. N12. С. 110-116.
3. Федоренко В.Ф., Мишуров Н.П., Буклагин Д.С., Гольяпин В.Я., Голубев И.Г. Цифровое сельское хозяйство: состояние и перспективы развития. М.: Росинформагротех. 2019. 316 с.
4. Федоренко В.Ф., Черноиванов В.И., Гольяпин В.Я., Федоренко И.В. Мировые тенденции интеллектуализации сельского хозяйства. М.: Росинформагротех. 2018. 232 с.
5. Гостев А.В., Пыхтин А.И. Структура нормативно-справочной базы данных системы поддержки сельхозтоваропроизводителей по рациональному выбору высокорентабельных адаптивных технологий возделывания зерновых культур // *Современные наукоемкие технологии*. 2018. N2. С. 37-41.
6. Ткаченко В.В. Методика многокритериальной комплексной оценки и выбора технологии возделывания сельскохозяйственных культур // *Научный журнал КубГАУ*. 2016. N123(09). С. 1-19.
7. Результаты исследования внутреполевой неоднородности почвенного покрова: отчет №05-2017 о НИР. Новокубанский филиал ФГБНУ «Росинформагротех» (КубНИИ-ТиМ). 2017. 116 с.
8. Phillips P.W.B., Relf-Eckstein J.A., Jobe G., Wixted B. Configuring the new digital landscape in western Canadian agriculture. *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences*. 2019. N90. 100295.
9. Talaviya T., Shah D., Patel N., Yagnik H., Shah M. Implementation of artificial intelligence in agriculture for optimisation of irrigation and application of pesticides and herbicides. *Artificial Intelligence in Agriculture*. 2020. Vol. 4. 58-73.
10. Jha K., Doshi A., Patel P., Shah M. A comprehensive review on automation in agriculture using artificial intelligence. *Artificial Intelligence in Agriculture*. 2019. Vol. 2. 1-12.
11. Alt V., Isakova S., Balushkina E. Digitalization: problems of its development in modern agricultural production. *Innovative Technologies in Science and Education, ITSE*. 2020. Vol. 210. N10001.
12. Папцов А.Г., Алтухов А.И., Кашеваров Н. И. и др. Прогноз научно-технологического развития отрасли растениеводства, включая семеноводство и органическое земледелие России, в период до 2030 года. Новосибирск: Золотой колос. 2019. 100 с.
13. Альт В.В., Боброва Т.Н., Колпакова Л.А. и др. Методические положения по информационному сопровождению машинных агротехнологий производства зерна яровой пшеницы на уровне сельскохозяйственного предприятия. Новосибирск. 2017. 56 с.
14. Dos Santos U.J.L., Pessin G., da Costa C.A., da Rosa Righi R. AgriPrediction: A proactive internet of things model to anticipate problems and improve production in agricultural crops. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2019. N161. 202-213.
15. Jones J.W., Antle J.M., Basso B., et al. Toward a new generation of agricultural system data, models, and knowledge products: State of agricultural systems science. *Agricultural Systems*. 2017. N155. 269-288.
16. Донченко А.С., Каличкин В.К., Митякова Р.П. и др. Межрегиональная схема размещения и специализации сельскохозяйственного производства в субъектах Российской Федерации Сибирского федерального округа: Рекомендации. Новосибирск: СО РАН. 2016. 255 с.

REFERENCES

1. Goncharov V. D., Koteev S. V., Rau V. V. Problemy prodovol'stvennoy bezopasnosti Rossii [Problems of food security in Russia]. *Problemy prognozirovaniya*. 2016. N2(155). 99-107 (In Russian).
2. Ganieva I.A. Predposylki sozdaniya informatsionno-resursnoy tsifrovoy platformy intellektual'nogo upravleniya sistemami zemledeliya i zemlepol'zovaniya dlya agropromyshlennogo kompleksa Rossii [Prerequisites for creating an information-resource digital platform for intelligent management of farming and land use systems for the agro-industrial complex of Russia]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2019. Vol. 33. N12. 110-116 (In Russian).
3. Fedorenko V.F., Mishurov N.P., Buklagin D.S., Gol'tyapin V.Ya., Golubev I.G. Tsifrovoye sel'skoye khozyaistvo: sostoyanie i perspektivy razvitiya [Digital agriculture: state and development prospects]. Moscow: Rosinformagrotekh. 2019. 316 (In Russian).
4. Fedorenko V.F., Chernoi vanov V.I., Gol'tyapin V.Ya., Fedorenko I.V. Mirovye tendentsii intellektualizatsii sel'skogo khozyaistva [World trends in the intellectualization of agriculture] Moscow: Rosinformagrotekh. 2018. 232 (In Russian).
5. Gostev A.V., Pykhtin A.I. Struktura normativno-spravochnoy bazy dannykh sistemy podderzhki sel'khoztovaroproduitely po ratsional'nomu vyboru vysokorentabel'nykh adaptivnykh tekhnologiy vozdelevaniya zernovykh kul'tur [The structure of the regulatory and reference database of the support system for agricultural producers on the rational choice of highly profitable adaptive technologies for the cultivation of grain crops]. *Sovremennyye naukoemkie tekhnologii*. 2018. N2. 37-41 (In Russian).
6. Tkachenko V.V. Metodika mnogokriterial'noy kompleksnoy otsenki i vybora tekhnologii vozdelevaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Methodology for multicriteria comprehensive assessment and selection of technology for the cultivation of agricultural crops]. *Nauchnyy zhurnal KubGAU*. 2016. N123(09). 1-19 (In Russian).
7. Rezul'taty issledovaniya vnutrepolevoy neodnorodnosti



pochvennogo pokrova: otchet №05-2017 o NIR [Results of the study of intra-field heterogeneity of the soil cover: report No. 05-2017 on research] Novokubanskii filial FGBNU «Rosinform-agrotekh» (KubNIITiM). 2017. 116 (In Russian).

8. Phillips P.W.B., Relf-Eckstein J.A., Jobe G., Wixted B. Configuring the new digital landscape in western Canadian agriculture. *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences*. 2019. N90. 100295 (In English).

9. Talaviya T., Shah D., Patel N., Yagnik H., Shah M. Implementation of artificial intelligence in agriculture for optimisation of irrigation and application of pesticides and herbicides. *Artificial Intelligence in Agriculture*. 2020. Vol. 4. 58-73 (In English).

10. Jha K, Doshi A., Patel P., Shah M. A comprehensive review on automation in agriculture using artificial intelligence. *Artificial Intelligence in Agriculture*. 2019. Vol. 2. 1-12 (In English).

11. Alt V., Isakova S., Balushkina E. Digitalization: problems of its development in modern agricultural production. *Innovative Technologies in Science and Education, ITSE*. 2020. Vol. 210. N10001 (In English).

12. Paptsov A.G., Altukhov A.I., Kashevarov N. I. et al. Prognoz nauchno-tehnologicheskogo razvitiya otrasli rastenievodstva, vlyuchaya semenovodstvo i organicheskoe zemledelie Rossii, v period do 2030 goda [Forecast of scientific and technological development of the plant growing industry, including seed production and organic farming in Russia, in the period up

to 2030]. Novosibirsk: Zolotoy kolos. 2019. 100 (In Russian).

13. Al't V.V., Bobrova T.N., Kolpakova L.A. et al. Metodicheskie polozeniya po informatsionnomu soprovozhdeniyu mashinnykh agrotekhnologiy proizvodstva zerna yarovoy pshenitsy na urovne sel'skokhozyaistvennogo predpriyatiya [Methodological provisions for information support of machine agricultural technologies for the production of spring wheat grain at the level of an agricultural enterprise]. Novosibirsk: 2017. 56 (In Russian).

14. Dos Santos U.J.L., Pessin G., da Costa C.A., da Rosa Righi R. AgriPrediction: A proactive internet of things model to anticipate problems and improve production in agricultural crops. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2019. N161. 202-213 (In English).

15. Jones J.W., Antle J.M., Basso B., et al. Toward a new generation of agricultural system data, models, and knowledge products: State of agricultural systems science. *Agricultural Systems*. 2017. N155. 269-288 (In English).

16. Donchenko A.S., Kalichkin V.K., Mityakova R.P. i dr. Mezhhregional'naya skhema razmeshcheniya i spetsializatsii sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva v subektakh Rossiiskoi Federatsii Sibirskogo federal'nogo okruga: Rekomendatsii. [Interregional layout and specialization of agricultural production in the constituent entities of the Russian Federation of the Siberian Federal District: Recommendations]. Novosibirsk: SO RAN. 2016. 255 (In Russian).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

**Статья поступила в редакцию 21.12.2020
The paper was submitted
to the Editorial Office on 21.12.2020**

**Статья принята к публикации 15.01.2021
The paper was accepted
for publication on 15.01.2021**