

DOI:

ОЦЕНКА УРОВНЯ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИИ

Кульба В.В.,

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65*

kulba@ipu.ru

Меденников В.И.

*Вычислительный центр им. А.А. Дородницына, ФИЦ ИУ РАН,
Россия, г. Москва, ул. Вавилова, д.44-2*

dommed@mail.ru

Аннотация: В статье рассматриваются проблемы эффективного внедрения цифровых технологий в сельском хозяйстве России, а также пути их разрешения на базе комплексных, интеграционных технологий. Представлена математическая модель оценки уровня цифровой трансформации отрасли с целью обоснования научного подхода к цифровизации ее.

Ключевые слова: сельское хозяйство, оценка, математическая модель, цифровизация.

Введение

В последнее время в развитых государствах индустриализация сельскохозяйственного производства вынуждает внедрять самые современные ИКТ не только в организационное управление, как это было совсем недавно, но и в сельскохозяйственную технику, практически во все производственные и обслуживающие процессы. Всеохватывающее проникновение ИКТ во все сферы экономики привело даже к смене терминологии информатизация на цифровизацию.

Цифровая трансформация сельского хозяйства в мире выделила некоторые общие принципы, которым должно следовать и отечественное сельское хозяйство вслед за ведущими мировыми державами:

- создание системы управления информацией, т.е. сбор, обработка, хранение и распространение необходимых данных в форме, адаптированной к повседневной эксплуатации хозяйства, на основе повсеместной интеграции разрозненных данных в единую систему,
- прецизионное сельское хозяйство, т.е. выверенное по времени и месту управление процессом производства, что улучшает его экономические характеристики, оптимизирует внесение удобрений и пестицидов и, как следствие, снижает нагрузку на окружающую среду,
- использование систем спутниковой навигации, снимки полей, получаемых с помощью ДЗЗ, позволяющие создать картотеку данных об особенностях почвы, урожайности культур, влажности, содержания азота и т.п.,
- активное внедрение систем автоматизации и роботов на всех уровнях ведения сельскохозяйственных работ,
- пересмотр идеологии, технологии и организации управления предприятиями, оформленных в виде стандартов, в результате сращения информационных технологий и технологий управления людьми,
- интеграция в единой базе данных в некотором облаке научно-образовательных информационных ресурсов,
- подготовка профессиональных кадров с нужными компетенциями.

Начавшаяся цифровизация отрасли в России нуждается в теоретическом осмыслении, анализе предшествующего опыта, достигнутых мировых результатов в целях поиска эффективных новых подходов к использованию открывшихся возможностей прецизионного сельского хозяйства, иначе, точного земледелия (ТЧЗ), требующего объединения огромного количества разнородной, многоаспектной, многоотраслевой информации, как накопленной в течение длительного времени, так и оперативной, в том числе данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), с соответствующей интеграцией ее с датчиками, оборудованием и исполнительными механизмами, устанавливаемыми на сельскохозяйственную технику, с соответствующими технологиями ее обработки. Первые опыты применения ТЧЗ в стране показывают на их некомплексное, бессистемное применение, отсутствие на уровне Минсельхоза попыток интеграции разрозненных данных в единую систему. Как следствие, базы данных (БД) хозяйств наполняются гетерогенной информацией. Отсутствие понимания Минсельхозом необходимости интеграции, как информационных ресурсов (ИР), так и

информационных систем предприятий АПК, приводит к расточительному использованию и так ограниченных ресурсов.

В связи с этим в настоящее время на повестке дня остро стоит вопрос о степени готовности отрасли к внедрению ТЧЗ и ДЗЗ, о формировании необходимых условий эффективности применения этих технологий [1].

1 Состояние и тенденции цифровизации сельского хозяйства

Исходя из общих принципов цифровой трансформации сельского хозяйства в мире рассмотрим, как они реализуются в развитых странах и в России. Поскольку в настоящее время цифровизация затронула почти все сферы деятельности предприятий: систему управления, технологии производства, кадровый потенциал, взаимоотношения с партнерами и государственными органами, то и сельскохозяйственное производство не избежало этой участи. Оно имеет свои специфические особенности, которые диктуют широкое применение цифровых технологий, как ни в какой другой сфере народного хозяйства, это:

- участие в технологическом процессе живых организмов,
- связь режимов работы технического оборудования с растениями, животными и людьми, что приводит к случайным изменениям диктующих параметров процесса производства и неопределенностям контроля и управления в объектах сельхозназначения;
- многообразии и сложности производственных процессов, обеспечиваемых цифровой трансформацией;
- распределенность контролируемых параметров по большой площади, случайный характер их природы;
- технологическое многообразие сельхозпроизводства и видов культур;
- также технологическое многообразие применяемых цифровых технологий, скорость изменений которых вступает в противоречие с традиционным консерватизмом сельскохозяйственного производства, где инновации испытывались на длительном интервале времени. Например, некоторые севообороты превышают 10 лет.

Если еще несколько лет назад в России в сельскохозяйственной отрасли автоматизации подлежал лишь узкий круг задач в основном в бухгалтерии [2], то в последние годы – в мире идут эксперименты по цифровизации многих направлений, указанных выше.

Например, в 2018г. в Великобритании на площади размером в один га впервые в мире выращена озимая пшеница без непосредственного участия людей на поле, причем со значительной урожайностью в 70 ц/га. Все технологические операции от обработки почвы до обмолота зерна были совершены роботизированными сельскохозяйственными машинами и агрегатами с использованием технологий ДЗЗ и ТЧЗ [3].

Анализ данного опыта, а также множества других экспериментов применения ТЧЗ в мире показывает, что эти технологии в сочетании с данными ДЗЗ позволяют решить множество различных задач по выращиванию растений, но их применение требует привлечения значительного объема дополнительной информации, как накопленной в течение длительного времени, так и оперативной с соответствующей интеграцией ее с датчиками, оборудованием и исполнительными механизмами, устанавливаемыми на сельскохозяйственную технику.

Таким образом, суть ТЧЗ заключается в интеграции новых агротехнологий и высокоточного позиционирования на основе технологий ДЗЗ, а также дифференцированных высокоэффективных и экологобезопасных агротехнических мероприятий на полях на основе подробной информации химико-физических характеристик каждого участка. В результате такой интеграции за счет создания оптимальных условий роста и развития культур в пределах границ экологической безопасности цифровые ТЧЗ дают возможность получать максимально возможное количество продукции, отвечающей ряду необходимых требований по качеству, цене и безопасности.

Отсюда видно, что в этом случае цифровая трансформация сельского хозяйства требует объединения огромного количества разнородной, многоаспектной, многоотраслевой информации с соответствующими технологиями ее обработки. Как следствие, технологии ТЧЗ постепенно эволюционировали от цифровизации отдельных операций до комплекса операций, причем, не только в растениеводстве, но и с интеграцией операций в смежных отраслях. Значительное снижение стоимости цифровых технологий продвинуло их до такого уровня, что появилась возможность получать информацию о каждой операции с любым агропромышленным объектом и связанным с ним окружением с точным анализом последствий всех действий. Учет и мониторинг максимально

возможного количества сельскохозяйственных процессов становится основной целью в разработке стратегией цифровизации крупнейших агропромышленных и машиностроительных фирм в мире.

Таким образом, для комплексного использования технологий цифровой трансформации отрасли необходимо выполнение основного требования цифровой экономики – интеграции как информационных систем, так и информации, используемой для цифровой трансформации сельского хозяйства.

По мнению компании J'son & Partners Consulting [4] в сельском хозяйстве складываются две специализированные платформы: платформы-агрегаторы сельскохозяйственной информации или платформы для первичного сбора и накопления данных (информационные ресурсы в нашей трактовке) и прикладные платформы (приложения в нашей трактовке). Между этими двумя видами платформ реализован интенсивный двусторонний обмен данными. Анализ данных ведется в платформах обоих видов, а функции автоматизации производственных и бизнес-процессов аграрных предприятий с использованием этих данных реализуется только в прикладных платформах и сервисах. Утверждается, что такое взаимодействие невозможно без использования соответствующих облачных платформ и сервисов, именно облачных, поскольку только облачная модель делает их доступными для хозяйств всех размеров, а не только для отдельных наиболее крупных хозяйств. Появление этих сервисов, доступных, в том числе для малых хозяйств, создает необходимые предпосылки для кардинального повышения эффективности и снижения рисков в отрасли, причем для всех участников цепочки создания добавленной стоимости, включая поставщиков ресурсов, потребителей продукции и логистических организаций. Предполагается, что основным сегментом рассматриваемой цепочки выступают облачные транзакционно-аналитические платформы и приложения для растениеводства и универсальные платформы и приложения, формирующие 86% общего объема потребления информации. Массовое внедрение такого облачного подхода в аграрном бизнесе только начинается. Даже в США, наиболее продвинутом региональном рынке, облачные платформы и сервисы стали широко применяться лишь последние 2-3 года, поэтому пока сложно оценить экономический эффект от цифровой трансформации сельского хозяйства при переходе к данным технологиям.

Большой интерес к точному земледелию (ТЧЗ) в развитых странах продиктован все более усложняющимися и дорогими традиционными технологиями повышения эффективности и качества продукции сельского хозяйства подобно возрастанию уровня сложности майнинга каждого нового биткоина. В [5] предсказывается снижение до 20% на гектар таких ресурсов, как топливо, семена, удобрения. В России же потолок традиционных факторов повышения экономических показателей еще не скоро будет достигнут. Поэтому цифровизация отрасли должна рассматриваться как один из ряда других факторов: выведение более продуктивных сортов растений, изобретение более энергоэффективной сельскохозяйственной техники, создание оптимальной агротехнологической системы ведения сельского хозяйства, появление эффективных средств защиты и питания растений. В силу этого, а также высокой стоимости цифровых технологий, сложности в освоении высокотехнологических средств цифровых технологий, отсутствия квалифицированных кадров в стране, незначителен, так называемый «социальный заказ» на цифровизацию отрасли, в том числе, и на технологии ТЧЗ. Комплексное использование ТЧЗ могут начать лишь немногие отечественные хозяйства.

По этой причине во время совещания Путина В.В. 25.05.2020 по проблемам сельского хозяйства не прозвучало даже упоминание о цифровизации отрасли. Сегодня в АПК, как и в стране доминирует «позадачный» метод разработки и внедрения программного обеспечения, когда у различных производителей приобретаются отдельные, так называемые «готовые» программные комплексы, не связанные ни функционально, ни информационно. Если до настоящего момента еще можно было мириться с «позадачным» (еще называют лоскутной, островной информатизацией) методом разработки и внедрения информационных систем в силу незначительного уровня информатизации предприятий, то неконтролируемое развитие ИКТ, Интернет-технологий сулит огромные издержки. Переход к цифровой экономике требует осознания грядущих огромных изменений в технологиях как проектирования информационных систем, составляющих суть ЦЭ, так и в технологиях процессов управления общественным развитием. Так, технологии проектирования информационно-управляющих систем (ИУС) на идеях А.И. Китова и В.М. Глушкова об ОГАС предполагают разработку единой системы сбора и анализа статистической и учетной отчетности, разработку унифицированных производственных типовых ИУС, информационно-вычислительных систем в науке и образовании.

Следуя позадачному подходу (еще называют островной, лоскутной информатизацией) и оценивая с округлением количество задач, решаемых в растениеводстве, в размере 150, различных технологических операций – около 20, регионов – 80, культур – 20, получим 4800000 информационных

систем. Это еще не учитывая различные производственные и цифровые технологии, применяемые при этом.

Лишь в последние два года руководители ИТ подразделений агропромышленных предприятий начали бить в колокола по поводу слабой унификации и регламентации учетной политики, лоскутной автоматизации бизнеса, внедрения гетерогенных программных средств, БД, общесистемного ПО, отсутствия единой нормативно-справочной информации. Например, этой проблеме уделялось значительное внимание на прошедшей недавно конференции «ИТАПК-2019: теория и практика цифровизации аграриев».

Однако в большинстве отраслей продолжается эпоха позадачного проектирования информационных систем под вывеской цифровой трансформации в силу сиюминутной выгоды такого подхода. Данную склонность к цифровизации существующих сложившихся методов емко выразил У. Черчилль «Генералы всегда начинают войну старыми методами».

Например, Минсельхозом в конце 2019 г. разработана концепция национальной платформы «Цифровое сельское хозяйство», в которой приводится перечень подплатформ, состав которых и определяет саму платформу: подплатформа сбора статистических данных агропромышленного комплекса, подплатформа обеспечения информационной поддержки и предоставления услуг, подплатформа цифрового землепользования и землеустройства, подплатформа хранения и распространения информационных материалов, подплатформа прослеживаемости продукции АПК, подплатформа агрометеопрогнозирования, сервис многофакторного оперативного мониторинга, диагностики и упреждающего моделирования развития болезней сельскохозяйственных культур. Однако, в концепции ни слова не говорится о трансформации технологий процессов управления сельским хозяйством, о формировании единой информационной среды, о едином логистическом пространстве, объединяющем АПК со смежными отраслями. Не затрагиваются и проблемы формирования единой образовательной среды АПК, которая должна выполнять триединую роль: поддержка научных исследований, повышение уровня образования (порой переподготовкой) для всех слоев населения, эффективная система трансфера научно-образовательных знаний в экономику за счет неограниченного доступа к данным знаниям не только традиционным пользователям в лице научных работников, студентов и преподавателей, но и будущим абитуриентам и работодателям, госорганам, товаропроизводителям, бизнесу, менеджменту, другим категориям населения. Такое пространство должно убрать противоречия между объемами накапливаемой информации, знаний и их эффективным использованием, а также инструментом повышения качества человеческого капитал (ЧК), его оценки, влияния на социально-экономическое положение в отрасли [6].

Кроме того, подход к цифровой платформе (ЦП) сельского хозяйства, как сумме указанных подплатформ, исключает интеграцию их на действительно интегрированной единой ЦП АПК [6, 7], что ведет к нарушению общих принципов цифровой трансформации сельского хозяйства в мире, рассмотренных выше.

Упование на возможности рынка осуществить цифровую трансформацию отрасли не встретило сопротивления ни Минсельхоза, на ФАНО, в свое время, решения директора института аграрных проблем и информатики Петрикова А.В. закрытия тематики исследований по цифровой экономике АПК в собственном институте. Отказ от системного подхода к цифровизации сельского хозяйства приведет к скорому очередному разочарованию в успешности данного процесса. Как, например, произошло в АПК эпоху «позадачного» проектирования и разработки информационных систем (ИС). Так, в [8] утверждается, что «попытки решения управленческих задач за счет ЭВМ приводили к огромным затратам труда и средств, и все это кануло в “лету”, информатизация сельского хозяйства принесла только вред и никакого эффекта в ВВП страны не принесла».

Многие современные мировые достижения «умного» сельского хозяйства в силу дороговизны доступны сейчас лишь крупным компаниям – государственным унитарным сельскохозяйственным предприятиям и частным агрохолдингам. Большинство же личных подсобных и фермерских хозяйств (99 % по количеству в совокупности, почти 30 % по объему производства в денежном выражении и 50–90 % по отдельным видам продукции сельского хозяйства в натуральном выражении) новые цифровые технологии практически не используют [9].

Преобладание малых хозяйств в структуре производства сельхозпродукции в России в сочетании с недоступностью для таких предприятий современных агротехнологий, средств механизации и автоматизации труда, удобрений и химикатов, является основной причиной низкой производительности труда в аграрном секторе страны, которая, в свою очередь, определяет низкий уровень оплаты труда и высокую себестоимость продукции. Поэтому сейчас в системе мер по внедрению цифровых технологий в экономике села необходимо уделить большее внимание

цифровизации малых форм хозяйствования за счет формирования облачных платформ и сервисов рассмотренных выше платформы-агрегаторы сельскохозяйственной информации и прикладных платформ. Основой экономики села, несмотря на современную многоукладность АПК, являются сейчас не крупные сельскохозяйственные предприятия и даже не фермеры, а личные подсобные хозяйства населения. Они, по данным Минсельхоза РФ, производят в среднем около 30–35 % валовой продукции АПК, а по некоторым видам сельхозпродукции (картофель, овощи, плоды и ягоды) их удельный вес достигает 65–70 %.

2 Математическая модель оценки уровня цифровой трансформации сельского хозяйства России

С целью обоснования научного подхода к цифровой трансформации сельского хозяйства в стране рассмотрим математическую модель оценки уровня цифровой трансформации отрасли. Для чего соображения, приведенные в разделе выше, представим в виде ряда постулатов.

2.1 Считаем, что внедрением цифровых технологий будут заниматься лишь прибыльные предприятия.

2.2 Оценку уровня цифровой трансформации будем осуществлять лишь по цифровизации всех функций управления в виде программного обеспечения (ПО), решаемых при внедрении комплекса цифровых технологий, не учитывая затрат на приобретение оборудования, датчиков, механизмов, техники, за исключением вычислительной техники (ВТ). При этом ПО приобретаются на рынке.

2.3 Все хозяйства разбиваются на группы, определяемые в соответствии со специализацией хозяйственной деятельности, отличающиеся своим набором задач, например, на основе ОКВЭД.

2.4 Все прибыльные хозяйства в зависимости от общего объема оборота (реализации) продукции разбиваются на классы доходности с шагом 5 млн. рублей для более детального анализа уровня цифровой трансформации хозяйств на основе исследований известной западной консалтинговой компании Gartner, которая выделяет три группы компаний по затратам на информационные технологии (ИТ), выраженным в процентах от оборота компаний [9]. В соответствии с данной методикой будем считать, что затраты российских сельскохозяйственных предприятий на ИТ составляют около 0,5% от оборота.

2.5 Считаем, что задачи, подлежащие цифровизации, ранжированы по степени важности, с точки зрения очередности их приобретения, для каждой группы хозяйств. Данное предположение основано на результатах мониторинга процесса информатизации трехсот лучших предприятий АПК и анализа рынка программных средств России.

Введем обозначения.

i – номер задачи, реализованной в виде пакета прикладных программ (ППП), $i \in I$;

$I = \sum I_l$, l - индекс, отражающий функцию управления (бухучет, планирование, оперативное управление производственными технологиями и т.д.), j - номер группы хозяйств, $j \in J$, $l \in L$;

I_j – ранжированные ППП, необходимые в группе j ;

$$i \in I = \bigcup_{j \in J} I_j ;$$

k – класс доходности хозяйств, $k \in K$;

n_{jk} – количество хозяйств из группы j в классе доходности k , $n_{jk} \in N_{jk}$;

a_{ijkm} – доля ВТ на i -й ППП m -го предприятия j -й группы k -го класса, $m \in N_{jk}$;

t – номер текущего года;

s – норматив затрат на сопровождение ВТ в процентах от стоимости ВТ;

p_i – рыночная цена i -го ППП;

e – средняя стоимость ВТ;

q_i – годовая стоимость сопровождения i -го ППП;

b_i – стоимость внедрения i -го ППП;

D'_{jk} – количество средств, выделенных на цифровизацию в группе j класса k в t -м году;

I'_{jk} – количество ППП, внедренных в группе j класса k к t -му году, включая t -й год;

I_{jkl}^t – количество ППП, внедренных в группе j класса k к t -му году, включая t -й год l -й группы ППП;

Z_{jk}^t – затраты предприятий на цифровизацию в t -м году группы j класса k ;

$$(1) \Delta d_{jk}^t = n_{jk} \sum_{i=I_{jk}^{t-1}}^{I_{jk}^t} p_i + n_{jk} \sum_{i=I_{jk}^{t-1}}^{I_{jk}^t} q_i + \sum_{m=1}^{n_{jk}} \sum_{i=I_{jk}^{t-1}}^{I_{jk}^t} a_{ijkm} e + \sum_{m=1}^{n_{jk}} \sum_{i=I_{jk}^{t-1}}^{I_{jk}^t} a_{ijkm} se + n_{jk} \sum_{i=I_{jk}^{t-1}}^{I_{jk}^t} b_i$$

– затраты на приобретение ППП и ВТ, сопровождение и внедрение их в t -м году;

$$(2) d_{jk}^{t-1} = n_{jk} \sum_{i=1}^{I_{jk}^{t-1}} q_i + \sum_{m=1}^{n_{jk}} \sum_{i=1}^{I_{jk}^{t-1}} a_{ijkm} se$$

– затраты на сопровождение ППП и ВТ, функционирующих к началу t -го года;

Ограничения на финансовые средства:

$$(3) d_{jk}^{t-1} + \Delta d_{jk}^t \leq D_{jk}^t ;$$

Критерий эффективности производимых затрат на цифровую трансформацию предприятий в t -м году группы j класса доходности k определим, как максимизацию количества оцифрованных задач при выполнении определенных выше ограничений:

$$(4) \max Z_{jk}^t = (d_{jk}^{t-1} + \Delta d_{jk}^t).$$

В результате решения оптимизационной задачи будет найдено:

I_{jk}^t – количество пакетов, внедренных в группе j класса k к t -му году, включая t -й год,

I_{jkl}^t – количество пакетов, внедренных в группе j класса k к t -му году, включая t -й год l -й группы ППП,

затраты на покупку i -го ППП в t -м году

$$(5) p_i^t = \sum_{jk} n_{jk} \sum_{i=I_{jk}^{t-1}}^{I_{jk}^t} p_i \text{ и } p_i^1 = \sum_{i=t_0}^{t_1} p_i^t \text{ за весь период } (t_0, t_1),$$

стоимость внедрения новых ППП

$$(6) b_i^t = \sum_{j,k} n_{jk} \sum_{i=I_{jk}^{t-1}}^{I_{jk}^t} b_i \text{ в } t\text{-м году и } b_i^1 = \sum_{i=t_0}^{t_1} b_i^t \text{ за весь период } (t_0, t_1),$$

количество приобретенной ВТ в t -м году по группам хозяйств и классам доходности хозяйств;

$$(7) v_{jk}^t = \sum_{m=1}^{n_{jk}} \sum_{i=I_{jk}^{t-1}}^{I_{jk}^t} a_{ijkm}, \text{ всего за весь период } v_{jk} = \sum_{i=t_0}^{t_1} v_{jk}^t ;$$

аналогично, по группам хозяйств в t -м году

$$(8) v_j^t = \sum_k v_{jk}^t, \text{ всего за весь период } v_j = \sum_{i=t_0}^{t_1} v_j^t, \text{ и по всем хозяйствам } v^t = \sum_j v_j^t, v = \sum_{i=t_0}^{t_1} v^t,$$

уровень цифровизации l -й функции управления в t -м году по группам хозяйств и классам

$$(9) w_{jk}^t = \frac{I_{jkl}^t}{I_l} * 100\%,$$

уровень цифровизации l -й функции управления в t -м году j -й группы хозяйств

$$(10) w_j^t = \frac{1}{K} \sum_k w_{jk}^t,$$

w^t – уровень цифровизации всего сельского хозяйства в t -м году

$$(11) \quad w^j = \frac{1}{J} \sum_j w_j^j.$$

С помощью разработанной модели были проведены серии численных экспериментов для исследования факторов и механизмов, влияющих на величину оценки уровня цифровой трансформации сельского хозяйства России. В качестве примера приведем результат одного из сценариев, наиболее интересного с точки зрения декларируемой темы работы, когда цифровизация (информатизация) отрасли осуществляется только за счет средств предприятий без помощи государства. Приобретение информационных средств (ППП и ВТ) осуществляется по рыночным ценам и все ППП приобретены в первый же год. Необходимая информация по предприятиям была получена из БД «Спарк» и анкетирования 300 лучших предприятий АПК [10].

Расчеты по этому сценарию показали, что уровень цифровизации сельского хозяйства выглядит для разных групп ППП следующим образом. Бухгалтерский и финансовый учет – 32,4%, управление предприятием – 24%, организационное управление – 17,7%, управление технологиями – 9,3%, общий уровень – 12,8% (рис. 1). Из расчетов видно, что в силу недостаточности средств в первых двух классах предприятий по объему реализации (доходности) продукции, предприятия этих классов исключены из процесса цифровизации (уровень цифровизации (информатизации) их равен нулю).



Рис. 1. Уровень цифровизации (информатизации) сельского хозяйства по классам доходности (реализации) продукции по первому сценарию

Второй сценарий отличается от первого, тем, что государство инвестирует в разработку ППП на основе их типизации, что существенно снижает стоимость их для предприятий. Остальные параметры остались неизменны. В этой ситуации уровень цифровизации сельского хозяйства выглядит для разных групп ППП следующим образом. Бухгалтерский и финансовый учет – 62,8%, управление предприятием – 37,7%, организационное управление – 37,4%, управление технологиями – 19,9%, общий уровень – 23,6% (возрос на 10,8% по сравнению с первым сценарием). Из расчетов видно, что и в этом случае в силу недостаточности средств в первом классе предприятий по объему реализации продукции, эти предприятия исключены из процесса цифровизации (информатизации), зато предприятия второго класса активно включаются в процесс цифровизации, затрачивая на него 522 480 тыс. рублей. Однако и в этом случае общий уровень цифровизации все еще недостаточен (рис. 2). Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №20-07-00836 "Научные основы формирования единой цифровой платформы (единого информационного Интернет-

пространства) аграрных научно-образовательных ресурсов на основе математического моделирования".

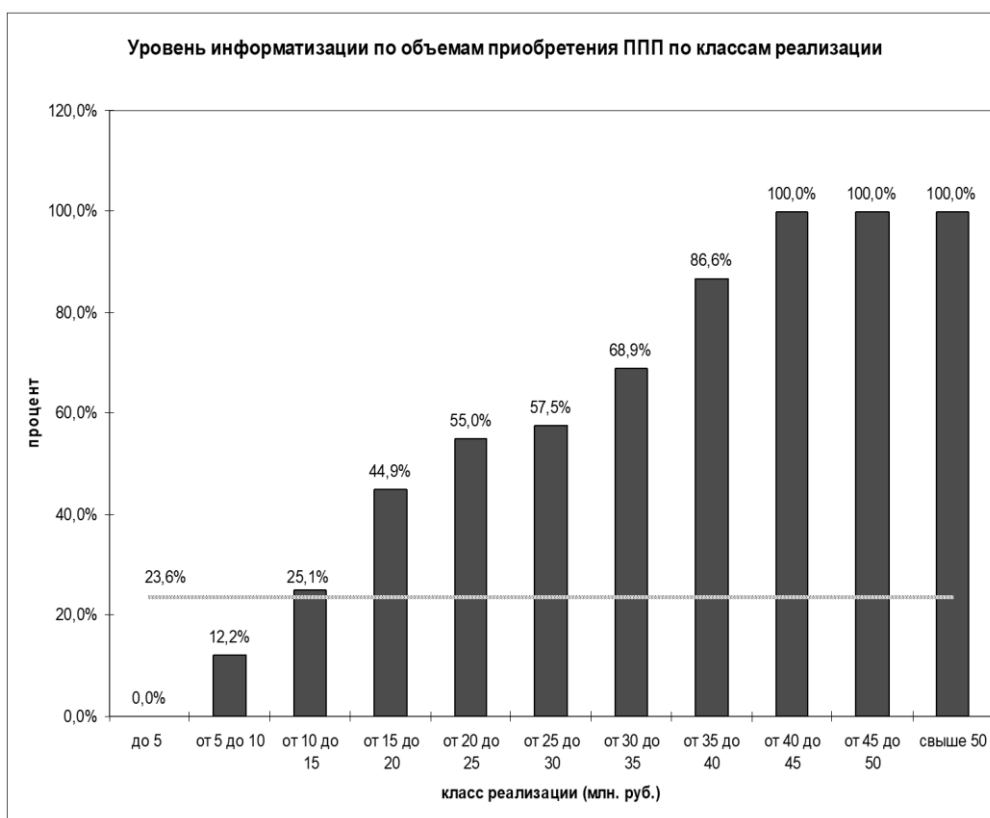


Рис. 2. Уровень цифровизации сельского хозяйства по классам доходности (реализации) продукции по второму сценарию

Выводы

В рыночных условиях постепенно приходят к пониманию необходимости формирования некоторого облачного единого информационного пространства цифрового взаимодействия участников цепочки добавленной стоимости в сельском хозяйстве [4]. В нашей стране пока эти идеи не находят отклика в Минсельхозе. Представленная математическая модель оценки уровня цифровой трансформации сельского хозяйства России позволяет проводить численные эксперименты с различными сценариями развития цифровизации отрасли – полностью в условиях рынка, а также при формировании единого информационного Интернет-пространства цифрового взаимодействия АПК с ключевой ролью государства.

Литература

1. Butrova E.V., Medennikov V.I. The system of evaluation principles for the economic effects of earth remote sensing data application for solution of the problems in various economy branches // Journal of Environmental Management and Tourism. 2019, № 10 (5). – P. 1105-1111.
2. Меденников В.И., Муратова Л.Г., Сальников С.Г., Горбачев М.И. Экономико-математическое моделирование сценариев информатизации сельского хозяйства // Международный сельскохозяйственный журнал, 2017, № 4. – С. 23-27.
3. Первая в мире роботизированная ферма Hands Free Hectare вырастила урожай без участия людей [электронный ресурс]. – URL: <https://incruussia.ru/news/pervaya-robotizirovannaya-ferma-hands-free-hectare/> (дата обращения 16.05.2020).
4. Цифровизации сельского хозяйства в России не хватает данных [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.iksmedia.ru/news/5533967-Czifrovizacii-selskogo-xozyajstva.html#ixzz6KBD7IYEP> (дата обращения 25.04.2020).
5. Точное земледелие: принцип работы и и перспективы [электронный ресурс]. – URL: <https://xn--80ajgpcpbhks4a4g.xn--p1ai/articles/tochnoe-zemledelie/> (дата обращения 16.05.2020).

6. *Меденников В.И., Сальников С.Г., Муратова Л.Г.* Методика оценки эффективности использования информационных научно-образовательных ресурсов. – М.: Аналитик, 2017. – 250 с.
7. *Kulba V., Medennikov V., Butrova E.* Methodical Approaches to Agricultural Risk Estimate in Forecasting the Economic Effect of Applying Data of the Earth's Remote Sensing // IEEE Xplore Digital Library. Twelfth International Conference "Management of large-scale system development" (MLSD). – 2019. – DOI: 10.1109 / MLSD.2019.8911084.
8. Система управления – основа реализации модели инновационного развития агропромышленного комплекса России: материалы Всероссийской научно-практической конференции, 2013. Москва/ отв. ред. И.Г. Ушачев. ГНУ ВНИИЭСХ, 2013. – 180с.
9. Куда движется волна автоматизации. [Электронный ресурс]. – URL: <https://1-sys.ru/> (дата обращения 09.04.2020).
10. *Спарк* [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.spark-interfax.ru/> (дата обращения 09.04.2020).