

В июне 2022 года на всенародном референдуме нашей страны была поддержана стратегия комплексной модернизации нашего государства, основанной на формуле «сильный Президент – влиятельный Парламент – подотчетное Правительство».

В этой связи, в конце своего послания Президент сказал: «События последних лет в нашей стране и даже за ее пределами показали правильность такого курса. Но стоять на одном месте нельзя, нужно думать о будущем страны и последующих поколений».

МРНТИ68.75.47

УДК 338.43:631.171

ОПТИМИЗАЦИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ РИСА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Сергеева Н.В., кандидат экономических наук, доцент, sergeewanv78@mail.ru
Водяников В.Т., доктор экономических наук, профессор, vvt-5210@yandex.ru
Малыха Е.Ф., кандидат экономических наук, доцент, malykha-ef@mail.ru

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

Аннотация. Задачами развития отечественного рисоводства предусмотрено существенное увеличение посевных площадей риса, как важнейшей продовольственной культуры, определены мероприятия, способствующие повышению отдачи орошаемых земель и эффективности их использования в стране. В статье рассмотрены основные аспекты возделывания риса в Краснодарском крае: особые природные и технологические условия, основные этапы возделывания, выбор метода орошения полей, в том числе при дефиците водных ресурсов. Рассмотрены возможные цифровые решения при возделывании риса, применение искусственного интеллекта, беспилотных летательных аппаратов. Для полей Краснодарского края размером около 110 тыс. га, учитывая адаптивную технологию возделывания с преимущественно частичным затоплением чеков, использованием капельного полива и комплекса беспилотных летательных аппаратов Агродрон DJI Agras T40 и беспилотник DJI Phantom 4 Multispectral V2.0 для обработки рисовых полей средством защиты растений и внесения удобрений потребуется около двух миллиардов рублей. Планируемая чистая прибыль в год примерно 832,3 млн руб., что позволит обеспечить рост рентабельности производства на 8,5 пп.

Ключевые слова: Рисоводство, методы орошения, оросительные системы, беспилотные летательные аппараты, беспилотные авиационные системы

Введение. Краснодарский край является ключевым районом возделывания продовольственного риса в России, это около 865 тысяч тонн риса в год. Эффективность отечественного рисоводства зависит, прежде всего, от наличия пригодных к орошению земель в регионе, структуры посевов, климатических условий. Главным условием развития рисоводства является наличие водных объектов, поставляющих воду на рисовые чеки и эффективно функционирующие дренажные системы, обеспечивающие защиту от деградации земель [1]. Материально-техническое обеспечение отечественного сельскохозяйственной рисоводства техники, характеризуется землеройно-планировочных наличием машин, гидромелиоративного оборудования, минеральных и органических удобрений, средств защиты растений и др. Факторы, влияющие на эффективность возделывания риса, требуют от современного производства адаптационных признаков, которые опираются на оптимизацию потраченных ресурсов, сокращение материальных и энергетических затрат, минимизацию негативного воздействия на окружающую природную среду и, вместе с тем, направленных на рост объемов валового сбора культуры.

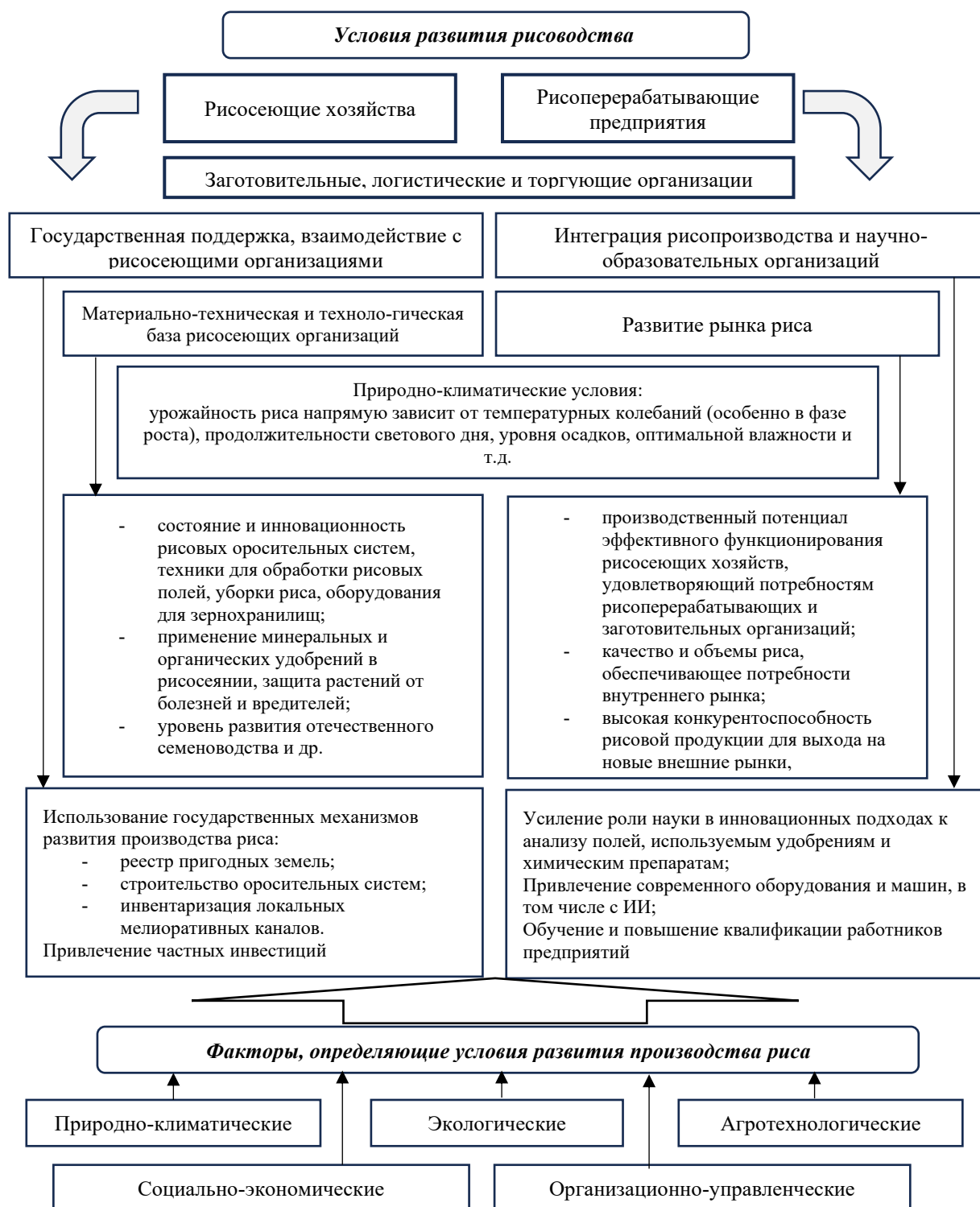


Рисунок 1 – Условия развития рисоводства и факторы его определяющие (составлено авторами)

Материалы и методы исследования. В ходе исследования был применен комплекс взаимодополняющих методов, включающий: абстрактно-логический анализ, монографический метод, расчетно-конструктивный метод, экономико-статистический анализ.

Результаты и их обсуждение. Около 40 хозяйств Краснодарского края характеризуют рисоводство как сложный технологический процесс, капиталоемкий и трудоемкий, осуществление которого невозможно без использования ирригационных систем

в технологическом процессе и привлечения значительных инвестиций. Рис выращивается только с использованием мелиоративных систем. На схеме рисунка 1 систематизированы условия развития рисоводства и факторы его определяющие.

Рациональное возделывание рисаи рисовой продукции, прогнозируемый ежегодный рост его потребления в России на 6-8 % до 2030 г. невозможны без планомерной государственной поддержки и организованного внутриотраслевого взаимодействия рисосеющих организаций.

Самая капиталоемкая и энергетически насыщенная агротехническая операция при возделывании риса – это планировка рисовых чеков, которую проводят в обязательном порядке после уборки риса или непосредственно перед посевом, чтобы немного выровнять поверхность почвы перед посевом риса, придавая ей нужный наклони делая ее водопроницаемой. Планировка почвы рисовых чеков позволяет рационально использовать водосберегающие технологии, улучшающие водопользование, приводящиек сокращению потребления воды. Проведение работ по планировке способствует снижению ресурсных издержек и росту урожайности риса [2].

Следовательно, важную роль в рисоводстве играет подготовка почвы к посеву. В технологическом процессе выращивания риса применяют эксплуатационную, ремонтную и капитальную виды планировок. От вида планировки зависит равномерность распределения воды полях и воздухопроницаемость почвы. Все виды планировок необходимо проводить с учетом их рекомендуемой периодичности [3]. Важным показателем качества планировок является применение цифровых технологий, которые гарантировано приводят к выполнению высокоточных работ повыравниванию рисовых полей и сохранению плодородия почвы. Ежегодно в рисо сеющих организациях проводится эксплуатационная планировка рисовых чеков, что немного выравнивает поверхность почвы перед посевом, делая ее водопроницаемой. Ее проводят в обязательном порядке после уборки риса или непосредственно перед посевом.

Анализ за висимости урожайности от внесения удобрений показывает, что использование минеральных и органических удобрений в последние годы потеряли прямое влияние на рост урожая риса, зачастую это связано с особенностями сорта, возможностью во время осуществить подкормку и с высокой стоимостью удобрений и относительно низкими объемами внесения [1].

Некоторые сорта, которые культивируют в регионе:

«Флагман» – популярный сорт с высокой урожайностью и адаптивностью;

«Южная ночь» – полупрозрачный, слегка липкий рис, подходит для гарниров и каш;

«Рапан» – устойчив к засухе, часто используется в южных районах;

«Хазар» – сорт с коротким циклом вегетации, хорош для уборки в сжатые сроки;

«Виола» – рис с отличной технологической структурой зерна, минимальным количеством лома;

«Чёрный жемчуг» и «Рубин» – декоративные и ценные сорта для премиального рынка.

«Виола» – рис с минимальным количеством лома;

«Чёрный жемчуг» и «Рубин» – премиальные, ценные сорта.

В настоящее время особую роль в формировании высоких урожаев отводится гербицидной обработке, химический способ борьбы с сорняками на рисовых полях применяется в тех случаях, когда агротехнические мероприятия не позволяют достичь необходимого снижения уровня засоренности до экономически приемлемых значений. Разрешено использование множества гербицидов («Цитадель», «Нарис», «Номини», «Сегмент») относящихся к различным химическим классам [2].

Основным фактором получения высоких урожаев качественного зерна риса является наличие водных ресурсов. Рисовый мелиоративный комплекс Краснодарского края представляет собой сложную систему, включающую 11 рисовых оросительных систем с автономными сооружениями для забораи отвода воды. Комплекс с дополняют четыре водохранилища сезонного регулирования (Краснодарское, Крюковское, Варнавинское и

Шапсугское) и два русловых гидроузла на реке Кубань (Фёдоровский и Тиховский), обеспечивающие рациональное использование водных и земельных ресурсов [2, 3].

Регулирование необходимого слоя воды в большой степени зависит от своевременности и качества последовательных и взаимосвязанных работ по планировке почвенного покрова каждого рисового чека в хозяйстве, что обеспечивает высокую всхожесть посевов, их сохранность, а также оптимальный расход воды в чеках течение всего вегетационного цикла. Комплекс для проведения планировки включает в себя трактора, скреперы планировщики, кротодренажные машины, а также нивелиры, инварные рейки и геоинформационную систему «Панорама АГРО».

Существуют несколько методов орошения:

- орошение постоянным затоплением, распространённый способ, при котором ограждённые валиками участки (чеки) заполняют водой слоем 5–15 см. Первое затопление проводят быстро, на 4–5 день после посева риса. По мере роста культуры объём подачи увеличивают, прекращая подачу только во время внесения удобрений. Затем поля снова затопляют на глубину 8–12 см;

- альтернативное затопление и осушение (AWD), когда участок заполняют водой на некоторое время, а после осушают. Обычно период затопления составляет около недели, а период осушения - до 3 дней. Такой способ позволяет сократить расходы воды на 20–30% по сравнению с методом затопления;

- капельный полив - современная технология, которая отличается высокой эффективностью и ресурсосбережением. При капельном орошении на поле размещают капельную ленту с отверстиями, через которые вода медленно поступает в прикорневую зону растений. Подача может быть постоянной и малыми порциями, что позволяет поддерживать необходимый уровень влажности почвы;

- циклические поливы- орошение производят по полосам и дождеванием небольшими объёмами. Объём водопотребления снижается в 5–10 раз по отношению к способу затопления.

Примеры оросительных технологий на рисунке 2, *а* – с формированием постоянно действующих оросительных каналов, *б* – с применением капельного полива.



а – с формированием постоянно действующих оросительных каналов



б – с применением капельного полива

Рисунок 2 – Оросительные системы, используемые в Краснодарском крае

В условиях дефицита воды эффективны следующие методы организации орошения:

- капельное орошение. Вода подаётся непосредственно к корням растений через сеть трубок и капельниц. Этот метод позволяет существенно экономить воду и минимизировать потери на испарение. Капельное орошение может снизить расход воды на 30–70% по сравнению с другими системами;

- подпочвенное орошение. Вода подаётся в корневую зону растений через систему подземных трубопроводов. Трубопроводы располагаются на глубине 20–50 см под поверхностью почвы. Этот метод обеспечивает максимальную экономию воды и удобрений,

а также позволяет избежать испарения и распространения сорняков;

- гидропоника. Растения выращиваются без использования почвы, а необходимые питательные вещества они получают через водный раствор. Гидропоника позволяет снизить потребление воды на 70–90% по сравнению с традиционными методами земледелия;

- аэропоника. Растения растут в воздухе, а их корни омываются питательным раствором в виде мелкодисперсного тумана. Этот метод использует наименьшее количество воды среди всех методов, что позволяет ещё более эффективно экономить этот ценный ресурс [2].

С целью оптимизации затрат при возделывании риса, как и других культур применяют цифровые технологии для автоматизации процессов, мониторинга условий выращивания и оптимизации земледелия. Используются решения на основе интернета вещей (IoT), искусственного интеллекта (ИИ) и спутниковых данных [4].

Автоматизация чаще всего заключается в:

- использовании беспилотной техники для посева, полива и уборки урожая. Например, в Таиланде фермеры применяют дроны, которые распыляют удобрения, инсектициды и воду, - с их помощью можно обработать десятки гектаров риса за считанные часы;

- автоматизированные рисовые фрезерные системы ИИ для очистки, сортировки и полировки риса, что снижает зависимость от ручного труда.

Интернет вещей (IoT) включает в себя:

- мониторинг условий выращивания в реальном времени с помощью датчиков, которые измеряют параметры окружающей среды и состояния растений, например датчики температуры и влажности; световые датчики, контролирующие интенсивность и спектр света; датчики качества и уровня воды, которые измеряют pH, электропроводность и количество растворённых веществ;

- автоматизация процессов – например, управление освещением, вентиляцией, поливом, питанием растений на основе данных от датчиков.

Искусственный интеллект (ИИ) используется при:

- прогнозировании урожайности на основе исторических данных и текущих условий. Например, в системе «Умное поле» ИИ ведёт мониторинг роста и развития растений, выявляет проблемные зоны, точно распределяет необходимые ресурсы;

- идентификации сорняков с помощью ИИ и машинного обучения. Фермеры загружают фото сорняка в приложение, а оно сравнивает изображение с облачной базой, в которой почти 100 тысяч снимков. Это помогает понять, с каким видом сорняка имеют дело, и выбрать для борьбы с ним наиболее эффективные средства [4].

Спутниковые данные помогут осуществить:

- анализ мультиспектральных данных со спутников для контроля рисовых полей. Снимки позволяют оценивать минеральный состав почв, влажность и освещённость любого участка. Система с элементами ИИ автоматически анализирует эти снимки, прогнозирует урожайность, определяет оптимальные режимы удобрения и орошения;

- картирование рисовых плантаций с помощью спутников, например, метод, разработанный учёными из Уханьского университета, который позволяет связать спутниковые данные со стадиями роста риса. Это помогает повысить точность картографирования, особенно в тропических и субтропических регионах, где часто наблюдается облачность, которая заслоняет информацию о поверхности земли на спутниковых снимках.

В современном сельском хозяйстве беспилотные летательные аппараты (БПЛА), дроны находят широкое применение, особенно в процессах десикации и обработки высоко стебельных культур фунгицидами и инсектицидами [5]. Применение дронов в рисоводстве позволит существенно повысить эффективность и безопасность агрохимических работ (рисунок 3).

Благодаря возможности точного и целенаправленного внесения минеральных удобрений и средств защиты растений, достигается значительная экономия ресурсов,

снижается негативное воздействие на окружающую среду и повышается урожайность [4]. Использование дронов позволяет оптимизировать агротехнологические процессы и повышать качество продукции при одновременном снижении затрат и рисков [5,7,8].



а – беспилотник DJI Phantom 4 Multispectral 1 V2.0, выполняющий анализ засоренности поля сорняками



б – агродрон DJI Agras T40 на обработке поля пестицидами

Рисунок 3 – Примеры применения БПЛА

Беспилотные авиационные системы (далее БАС) в рисоводстве демонстрируют явные преимущества перед традиционной наземной агротехникой при посадке риса, а также при использовании малой авиации, что делает их ценным средством производства, среди которых [4, 5, 6]:

- отсутствие повреждений обрабатываемых растений. В отличие от наземных агрегатов, которые могут повреждать растения во время обработки, БАС обеспечивают точное и аккуратное нанесение агрохимикатов, минимизируя риск механического воздействия на культуры;
- возможность выполнения обработки при влажной почве. Благодаря своей мобильности и способности работать в условиях насыщенной влагой почвы, АС позволяют проводить необходимые агротехнические мероприятия даже в неблагоприятных погодных условиях, когда использование наземной техники затруднено или невозможно;
- более высокая скорость и производительность обработки. Применение БАС обеспечивает значительное ускорение процесса обработки, что приводит к повышению общей производительности и сокращению сроков проведения агротехнических мероприятий;
- оперативность и мобильность. Беспилотные системы отличаются высокой степенью оперативности и мобильности, что позволяет быстро реагировать на изменения в погодных условиях и оперативно перемещать оборудование между полями, оптимизируя процесс обработки;
- точное дифференцированное внесение семян риса, минеральных удобрений и средств защиты растений по сравнению с самолетом АН-2СХ обеспечивает рост урожайности и снижение производственных затрат.

Выводы: На примере используемых материалов хозяйств Краснодарского края можно выделить несколько факторов оптимизации возделывания риса:

- эффективная планировка рисовых полей позволяет уменьшить потери ресурсов, включая воду и средства защиты растений, при одновременном повышении урожайности. Обеспечение перепада высот не более ± 3 см внутри каждого рисового чека позволит увеличить урожайность риса на 3-4 ц/га, снизить потери воды на 10-15 %, затраты на средства защиты растений – на 60-70%, минеральные удобрения – на 20-30 %. Важным аспектом остается правильный выбор метода организации орошения полей;

- использование беспилотных летательных аппаратов для внесения удобрений и обработки посевов, экономически оправданы, результатом является значительное повышение экономической эффективности. Применение четырех агродронов DJIAgrasT40 производительностью 20 га/час, выполняющих внесение удобрений или фунгицида со скоростью 80га/час, позволит снизить затраты на 4560руб./га и увеличить урожайность на 3-4 ц/га, что приведет к росту рентабельности 8,5 пп.

Литература:

1. **Огорева, Ю.А.** Экономическая оценка развития рисопродуктового подкомплекса Краснодарского края / Ю.А.Огорева // Устойчивое развитие АПК и сельских территорий России в современных геоэкономических условиях : Сборник науч. Ст. XVIII Междунар. науч.-практ. конф., Краснодар, 12 ноября 2024 года. – Краснодар: ООО «Эпомен», 2024. – С. 438–442.
2. Система рисоводства Российской Федерации / под общ. ред. С.В.Гаркуши.–Краснодар: ФГБНУ «ФНЦриса»;Просвещение-Юг,2022.–368с.
3. **Ефремов, А.Н.** Лазерная планировка орошаемых земель/А.Н. Ефремов.–М.: ООО«Литера Принт»,2016.–52с.
4. **Труфляк, Е.В.** Беспилотные технические средства в сельском и лесном хозяйстве/ Е.В.Труфляк. –Санкт-Петербург: Лань,2025.– 84с.
5. **Логинов, Н.А.** Преимущество применения беспилотных авиационных систем при обработке полей пестицидами / Н.А.Логинов, Н.В.Трофимов// Агробιοтехнологиии цифровое земледелие. 2024.–№.4.–С.68–74.
6. Расчет параметров полета DJIAgras. Сравнение и расчет параметров полета дронов DJIAgras, дозировки, времени полета, площади обработки// Калькуляторы Андрея Лагонского. [Электронный ресурс]– URL: <https://lagonski.ru/calculators/>
7. **Сергеева, Н.В.** Цифровые технологии в АПК / Н.В.Сергеева, В.Н.Борзенкова // В сборнике: Достижения и перспективы научно-инновационного развития АПК. Сборник статей по материалам II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием. Курган, 2021. С. 897-901.
8. **Водяников, В.Т.** Цифровизация АПК: оценка и перспективы внедрения в аграрном секторе экономики страны/ В.Т.Водяников, А.В.Эдер//Агроинженерия. –2024. –№2. – С.52-56.

МРНТИ 20.51.01

УДК 004 : 63

СОВРЕМЕННЫЕ НАУКОЁМКИЕ ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Худякова Е.В., д.э.н., профессор, evhudyakova@rgau-msha.ru
Степанцевич М.Н., к.э.н., доцент, stepantsevich@rgau-msha.ru
Ермолаева О.С., ст. преподаватель, ol_ermolaeva@rgau-msha.ru

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

Аннотация. В статье рассматриваются современные цифровые технологии, применяемые в сельском хозяйстве. Обосновывается целесообразность использования технологии дистанционного зондирования для определения содержания азота/протеина и клетчатки в посевах кормовых трав. Применение ДЗЗ (дистанционного зондирования Земли) позволяет проводить исследование качества выращиваемых кормовых культур в короткие сроки на значительных площадях. Это, в свою очередь, способствует определению оптимальных сроков заготовки кормов для скота, что обеспечивает получение корма более высокого качества.

Ключевые слова. Научоемкие цифровые технологии, дистанционное зондирование посевов, цифровая трансформация орошаемого земледелия, точное земледелие

Введение. Применение цифровых технологий в агропромышленном комплексе