

# ТОЧНОЕ СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

*Учебник*

Под редакцией Е. В. Труфляка

*Издание второе, стереотипное*



• САНКТ-ПЕТЕРБУРГ •  
• МОСКВА • КРАСНОДАР •  
• 2021 •

УДК 631.171  
ББК 40.7я73

**Т 64** Точное сельское хозяйство : учебник для вузов / Е. В. Труфляк, Н. Ю. Курченко, А. А. Тенеков, В. В. Якушев [и др.] ; под редакцией Е. В. Труфляка. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 512 с. : ил. — Текст : непосредственный.

**ISBN 978-5-8114-6691-7**

В учебнике точное земледелие и точное животноводство рассматриваются как структурные подсистемы, определяющие инновационное развитие аграрной отрасли, изложена история возникновения точного сельского хозяйства, отражены его состояние в России и мире, перспективы на будущее.

Предназначен для специалистов в области сельского хозяйства, преподавателей, аспирантов и студентов аграрных вузов.

УДК 631.171  
ББК 40.7я73

**Рецензенты:**

*А. Х. ШЕУДЖЕН* — академик РАН, доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой агрохимии Кубанского государственного аграрного университета, зав. отделом прецизионных технологий Всероссийского научно-исследовательского института риса;

*Е. И. ВИНЕВСКИЙ* — доктор технических наук, профессор ВАК, зав. лабораторией машинных агропромышленных технологий Всероссийского научно-исследовательского института табака, махорки и табачных изделий.

**Коллектив авторов:**

*Евгений Владимирович ТРУФЛЯК, Николай Юрьевич КУРЧЕНКО, Алексей Александрович ТЕНЕКОВ, Вячеслав Викторович ЯКУШЕВ, Иван Борисович БОРИСЕНКО, Сергей Владимирович МАШКОВ, Геннадий Иванович ЛИЧМАН, Любовь Анатольевна ДАЙБОВА*

**Обложка**  
*П. И. ПОЛЯКОВА*

© Издательство «Лань», 2021  
© Коллектив авторов, 2021  
© Издательство «Лань»,  
художественное оформление, 2021

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Согласно указу Президента РФ «О Стратегии научно-технологического развития РФ» № 642, в ближайшие 10–15 лет одним из приоритетов развития страны следует считать переход к цифровым, интеллектуальным производственным технологиям и роботизированным системам.

Большим вызовом является необходимость обеспечения продовольственной безопасности и независимости России, конкурентоспособности отечественных продуктов на мировых рынках, снижение технологических рисков в АПК. Для обеспечения продовольственной и биологической безопасности человечеству необходимо сельское хозяйство нового типа. Вопросам перехода к новой экономической модели и к «интеллектуальному» сельскому хозяйству как ее неотъемлемому компоненту уделяют все большее внимание ведущие международные организации и национальные правительства.

С учетом стратегических задач развития РФ на период до 2024 г. (указ Президента РФ от 07.05.18 г. № 204) ставится задача преобразования сельского хозяйства посредством внедрения цифровых технологий и платформенных решений.

«Интеллектуальное» сельское хозяйство основано на применении автоматизированных систем принятия решений, комплексной автоматизации и роботизации производства, а также технологиях проектирования и моделирования экосистем. Оно предполагает минимизацию использования внешних ресурсов (топлива, удобрений и агрохимикатов) при максимальном задействовании локальных факторов производства (возобновляемых источников энергии, биотоплива, органических удобрений и т. д.). Перспективные технологии «интеллектуального» сельского хозяйства обеспечивают эффективную, экологически безопасную борьбу с вредителями, восстановление и сохранение полезных свойств почв и грунтовых вод, а также дистанционный интегрированный контроль соблюдения сертификационных требований органического сельского хозяйства.

Обеспечение продовольственной безопасности в условиях изменения климата является одной из важнейших задач развития в современном мире. По прогнозам, производство продовольствия во всем мире должно увеличиться на 70–100% к 2050 г., чтобы удовлетворить

потребности девятимиллиардного населения. Сегодня в рамках усилий по решению проблем продовольственной безопасности и изменения климата разрабатывается новый подход к ведению сельского хозяйства.

Анализ мировых тенденций развития аграрного производства инновационных решений в смежных областях свидетельствует, что большая часть разработок в АПК в последние годы базируется на широком применении информационных, телекоммуникационных технологий, электронных автоматизированных систем, роботов и др. Фактически на предприятиях создаются автоматизированные системы управления производством, постепенно вытесняющие человека из процессов сбора данных, принятия и реализации решений.

# 1. СТРУКТУРА ТОЧНОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

## 1.1. Краткая история

Земледелие – самая древняя отрасль в историческом развитии человечества на Земле.

В 1890-х гг. в сельское хозяйство получило качественный скачок развития за счет совершенствования средств механизации.

В таблице 1.1 представлены основные этапы механизации и автоматизации в сельском хозяйстве.

Таблица 1.1 – Эволюция процессов механизации и автоматизации

Период, год	Событие
1900-е гг.	Начало механизации сельского хозяйства
1917 г.	Начало производства тракторов типа Fordson фирмы Henry Ford & Son Corporation
1924 г.	На тракторах появился вал отбора мощности для привода сельскохозяйственных машин
1927 г.	Применение гидравлики на тракторах для подъема орудий
1932 г.	Появление резиновых тракторных колес
1938 г.	Создан первый самоходный комбайн фирмы Massey Harris
1970-е гг.	Промышленное производство электроники позволило использовать ее для контроля и управления рабочими органами на сельскохозяйственных машинах
1980-е гг.	Начало внедрения точного земледелия (Япония, США, европейские страны). Использование навигационной космической аппаратуры GPS для автоматического вождения техники и мониторинга урожайности
1996 г.	Фирмой John Deere предложена система позиционирования DGPS с точностью 1–2 м
2000 г.	Точность позиционирования повысилась до 30 см
2004 г.	Точность позиционирования составляла 10 см
Настоящее время	Точность позиционирования – 2 см и менее

В середине 1950-х в Ленинградской военно-воздушной академии им. А. Ф. Можайского было произведено первое научное обоснование

использования искусственного спутника Земли для навигации наземных потребителей.

Обобщенные этапы формирования современного понятия «точное земледелие» в России представлены в таблице 1.2.

С развитием сельскохозяйственного машиностроения и выпуском новых образцов техники, таких как комбинированные орудия, энергонасыщенные трактора, самоходные комбайны и опрыскиватели, в земледелии стали более широко применяться различные технические и электронные средства механизации и автоматизации производства. Однако первые экспериментальные образцы сложных и дорогостоящих приборов электроники оказались неприспособленными для полевых работ. Они отличались относительно большими габаритами и плохо работали в условиях высокой влажности, динамических нагрузок, а также при недостаточно квалифицированном уровне их эксплуатации и обслуживания.

Со временем стали появляться более надежные и компактные образцы электроники, обладающие влаго- и пылезащитными свойствами, не требующие частого обслуживания и ремонта. При этом они были достаточно просты в применении, что способствовало их продвижению в агропромышленный комплекс. Были разработаны адаптированные к сложным сельскохозяйственным условиям специальные образцы микропроцессоров, фотоэлектрические, электромагнитные, пьезоэлектрические, электромеханические и другие виды датчиков и сенсоров, электронные приборы и оборудование.

Внедрением новых средств электроники в сельское хозяйство начали заниматься в 1980-х гг. в Японии, Германии, Англии, Нидерландах и США. При этом само понятие точного земледелия зародилось в Великобритании, где на ферме в графстве Саффолк на протяжении трех лет проводились работы по предварительному координатному анализу почвы в проблемных зонах, дифференцированному внесению удобрений в строгой зависимости от уровня плодородия, а также последующего картографирования полученной урожайности. Удобрения вносились машиной Amazone-M-Tronic, имеющей возможность точного дозирования.

Первые попытки применения точного земледелия в середине 1980-х гг. основывались на научном направлении «почва – основа зем-

леделия». Этот подход стимулировал развитие почвенного картирования и управления ресурсами хозяйства по средним показателям почвенного плодородия.

Таблица 1.2 – Этапы формирования современного понятия «точное земледелие» в России

Период, год	Событие
1741 г.	Агрономический аспект А. Т. Болотов: «Узнай, к чему какая земля наиспособнее»
1821 г.	Агроклиматические особенности У. Карпович: «Не сеять того, что противно климату и почве»; Идея взаимосвязи человека и природы
1899 г.	В. В. Докучаев: «...в каждой географической зоне существуют закономерные связи между климатом, материнской породой, рельефом, почвой, фауной, флорой и с.-х. деятельностью человека»
1899 г.	Идея порайонного сельского хозяйства (И. А. Стебут)
1904 г.	Адаптивность агротехнологий А. И. Чупров: «...каждый вид растения, каждый вид севооборотов требует своей комбинации удобрительных свойств»;
1946 г.	В. П. Мосолов: «Каждому участку – своя агротехника»
1950–1980-е гг.	Формирование концепции программирования урожая
1957 г. 1970–1985 гг.	Начало координатной агротехники запуск в СССР первого искусственного спутника Земли; запуск навигационных спутников; распознавание из космоса наземных объектов и их расположения
1970–1980-е гг.	Работы по программированию урожаев (Н. Ф. Бондаренко, Е. Е. Жуковский, Р. А. Полуэктов, И. С. Шатилов)
1985–1995 гг.	Начало реализации технических аспектов точного земледелия с помощью спутниковых систем: GPS (США), ГЛОНАСС (Россия), Галилео (Европа). Появление системы координатной агротехники
Настоящее время	Формирование «точного земледелия» как мировоззренческой науки об эффективном производстве сельскохозяйственной продукции на основе методологических принципов оптимального землепользования

Следующий этап основывался на выделении «зон управления» по результатам почвенного картирования, который позже стал известен

как «пространственно-дифференцированное управление урожайностью». Данный подход получил широкое распространение после проведения полевых исследований по сравнению двух практик внесения удобрений – однородного и дифференцированного, и выявления значительно большей неоднородности, чем при управлении по элементам почвенного картирования.

## 1.2. Структура

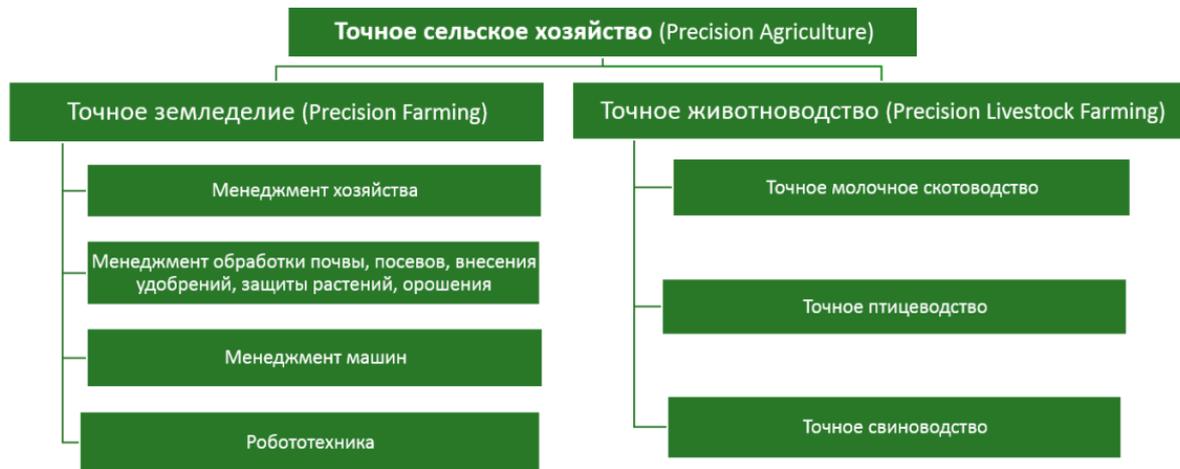
**Точное сельское хозяйство** включает две подсистемы – точное земледелие и точное животноводство (рис. 1.1).

**Точное земледелие**, в свою очередь, можно подразделить на четыре подсистемы:

- менеджмент организационно-методических мероприятий на основе автоматического сбора данных (менеджмент хозяйства);
- управление обработкой почвы, посевом, внесением удобрений, защиты растений, орошения с учетом неоднородности агроэкологических условий роста и развития культур в пределах одного взятого поля;
- менеджмент машинно-транспортного и технологического обеспечения (менеджмент машин);
- менеджмент рабочих процессов на основе использования робототехники (робототехника).

К элементам **точного земледелия**, которые в настоящее время находят практическое применение и будут использоваться в будущем, можно отнести (рис. 1.2):

- определение границ поля с использованием спутниковых систем навигации;
- дистанционное зондирование (аэро- или спутниковая фотосъемка);
- системы параллельного вождения машин;
- локальный отбор проб почвы в системе координат;
- составление цифровых карт и планирование урожайности;
- дифференцированные технологии (внесение удобрений, извести, средств защиты растений, регуляторов роста, обработка почвы, посев);
- мониторинг качества урожая;
- составление карт электропроводности почв и др.



*Рисунок 1.1 – Структура точного сельского хозяйства*

### Точное земледелие



### Точное животноводство



Рисунок 1.2 – Элементы точного земледелия и животноводства

Из элементов **точного животноводства** применение на практике находят:

- идентификация и мониторинг отдельных животных с использованием современных информационных технологий (рацион кормления, удой, привес, температура тела, активность), удовлетворение их индивидуальных потребностей;
- автоматическое регулирование микроклимата и контроль за вредными газами;
- мониторинг состояния здоровья стада;
- мониторинг качества продукции животноводства;
- электронная база данных производственного процесса;
- роботизация процесса доения.

### **1.3. Термины и определения**

Под **цифровым сельским хозяйством** понимают производство сельскохозяйственной продукции с использованием более автономных от непосредственного участия человека производственных и бизнес-процессов.

Основой **цифрового сельского хозяйства** являются модели сквозных процессов производства и сбыта сельскохозяйственной продукции, позволяющие оптимизировать производство и сбыт продукции в режиме, близком к автоматическому, при минимизации воздействия на окружающую среду.

Массовое использование такого подхода в сельском хозяйстве только начинается. Даже в США облачные платформы и сервисы стали широко применяться лишь последние несколько лет, поэтому пока сложно оценить экономический эффект от цифровой трансформации сельского хозяйства.

Тем не менее даже на начальном этапе перехода к цифровому сельскому хозяйству доказанный на практике экономический эффект составляет десятки процентов повышения урожайности, снижения потерь и удельных затрат на производство единицы продукции. Уровень проникновения облачных платформ и сервисов будет быстро расти и уже в ближайшие годы станет обязательным элементом любого успешного сельскохозяйственного предприятия.

В Европе наиболее часто используют термины «precision agriculture» – «точное сельское хозяйство» и «precision farming» – «точное земледелие».

Основные термины, относящиеся к точному сельскому хозяйству, в учебнике структурированы по подсистемам «точное земледелие» и «точное животноводство» (таблицы А1–А2 приложения).

**Точное земледелие** – интегрированная сельскохозяйственная производственная система, основанная на достижениях информационных технологий, использовании системы автоматического управления тракторами, сельскохозяйственными машинами и оборудованием, сенсорной техники, а также общей компьютеризации всех процессов сельскохозяйственного менеджмента, направленная на оптимизацию агротехнологий и стабилизацию продуктивности агроценозов при минимальном отрицательном воздействии на окружающую среду.

**Точное животноводство** – интегрированная сельскохозяйственная производственная система, включающая все животноводческие процессы, которая создает возможности для экономически эффективного производства продукции с помощью современной техники, электронной идентификации отдельных животных или групп содержания, регистрации данных о процессах и продукции, переработке информации.

В иностранной научной литературе существуют многочисленные термины и определения, которые являются синонимами или обозначают основные элементы точного земледелия. Переводы также дают разные вариации этого понятия – «умное сельское хозяйство», «точное фермерство», «координатное земледелие», «климатически умное сельское хозяйство», «высокоточное земледелие», «интеллектуальное сельское хозяйство», «интеллектуальное земледелие», «интеллигентное земледелие», «прецизионное земледелие» и др.

**Координатное земледелие** – система управления продукционным процессом сельскохозяйственных культур, основанная на комплексном использовании современных информационных, навигационных и телекоммуникационных технологий, программно-технических средств и систем, обеспечивающих оптимизацию агротехнологических решений применительно к конкретным почвенно-климатическим и хозяйственным условиям.

**Климатически умное сельское хозяйство** – ведение сельского хозяйства с учетом природно-климатических условий региона с минимальным отрицательным воздействием на окружающую среду, в частности снижением поступления в атмосферу парниковых газов.

**Умное сельское хозяйство** – новое направление ведения устойчивого сельского хозяйства для обеспечения продовольственной безопасности сельскохозяйственного производства, связанное с совершенствованием и более эффективным использованием элементов точного земледелия, таких как системы позиционирования, различные датчики для получения информации о состоянии почвы, растений, окружающей среды с целью обоснованного принятия оптимальных управленческих решений. При этом предполагается более эффективный учет внутривариационной изменчивости параметров плодородия для принятия оптимальных решений за счет более широкого использования информационных систем глобального позиционирования; сенсоров; более прогрессивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур; управления данными.

В последние годы в сельском хозяйстве все активнее начинает использоваться понятие **«интернет вещей»** (Internet of Things, IoT), под которым понимается глобальная концепция взаимодействия и обмена информацией различными устройствами, машинами, системами посредством Интернета. Он позволяет на некоторых этапах производства продукции снизить долю участия в нем человека путем автоматизации и контроля процесса посредством различных «умных» устройств.

Робототехника также является одним из наиболее востребованных и динамично развивающихся во всем мире научно-технологических направлений. В таблице А3 приложения представлены термины, относящиеся к данному направлению.

### ***Вопросы для самопроверки***

1. Краткая эволюция процессов механизации и автоматизации.
2. Этапы формирования современного понятия «точное земледелие» в России.
3. Структура точного сельского хозяйства.
4. Элементы точного земледелия.
5. Элементы точного животноводства.
6. Определение точного земледелия.
7. Определение точного животноводства.

## 2. ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ

### 2.1. Методы и средства дистанционного зондирования в сельском хозяйстве

Применение дистанционного зондирования в сельском хозяйстве основано на взаимодействии электромагнитного излучения с почвой или растительностью и относится к бесконтактным измерениям отраженной или излучаемой от сельскохозяйственных полей радиации. Платформы для таких измерений включают спутники, самолеты, трактора и портативные датчики. Кроме отражения, пропускания и поглощения листья растений могут выделять энергию посредством флуоресценции или тепловой эмиссии. Термическое дистанционное зондирование для определения водного стресса посевов основано на эмиссии излучения под действием изменения температуры листьев и посева в целом и зависит от температуры воздуха и скорости испарения.

Применение дистанционного зондирования в сельском хозяйстве обычно классифицируют в зависимости от типа платформы для установки датчиков: *спутниковые, беспилотные (авиационные) и наземные*.

**Спутники** используются в сельском хозяйстве для получения изображений с начала 1970-х гг., когда спутник Landsat 1 (первоначально известный как Earth Resources Technology Satellite 1) был запущен в 1972 г. Многоспектральная сканирующая система (MSS), размещенная на Landsat 1, позволяла получать изображения в зеленом, красном и двух инфракрасных диапазонах с пространственным разрешением 80 м и частотой получения данных 18 дней. Спутник Landsat 1 изначально использовался для определения сельскохозяйственных ландшафтов на полях кукурузы и сои (США) с общей точностью 83%. В 1984 г. был запущен спутник Landsat 5 с картографом Thematic Mapper (TM) для получения изображений с пространственным разрешением 30 м в синем, зеленом, красном, ближнем инфракрасном и трех дальних инфракрасных (в том числе тепловом) диапазонах. В 1986 г. во Франции запустили аналогичный спутник (SPOT 1) для получения изображений с разрешением 20 м с частотой получе-

ния данных до шести дней в зеленом, красном и ближнем инфракрасном диапазонах. Jewel (1989) использовал изображения, полученные в период с февраля по сентябрь в Восточной Великобритании для распознавания зерновых и полевых культур, лугопастбищных и лесных угодий с точностью 88%. В 1988 г. в Индии запустили спутник IRS-1A с зоной покрытия в синем, зеленом, красном и ближнем инфракрасном диапазонах с пространственным разрешением 72 м. Panigrahy and Sharma (1997) использовали отражение в красном и ближнем инфракрасном диапазонах для определения сельскохозяйственных ландшафтов Индии с точностью 95%.

Наиболее активно применение спутникового дистанционного зондирования в сельском хозяйстве связано с появлением и развитием точного земледелия.

Впервые в 1991 г. показаны значительные возможности для использования дистанционного зондирования в технологиях точного земледелия для оценки пространственного распределения содержания органического вещества и фосфора в почве и учета урожайности.

Прогресс развития спутникового дистанционного зондирования в точном земледелии очевиден. Во-первых, пространственное разрешение систем получения изображений улучшилось с 80 м для Landsat до нескольких сантиметров для GeoEye и WorldView. Во-вторых, периодичность получения снимков сократилась с 18 дней для Landsat до одного дня для WorldView. В-третьих, количество спектральных полос, доступных для анализа, увеличилось с четырех (ширина полосы более 60 нм) для Landsat до восьми и более (полоса пропускания более 40 нм) для WorldView. Гиперспектральные системы получения изображений, такие как Hyperion на спутнике наблюдения Земли 1 (EO 1) Национального управления по аэронавтике и космическому пространству (NASA), предоставляют снимки со спектральным разрешением от 400 до 2500 нм с шагом (интервалом) 10 нм.

Пространственное разрешение, частота возврата и спектральное разрешение спутниковых изображений существенно улучшились. Гиперспектральные аэрофотоснимки коренным образом изменили возможности различать характеристики сельскохозяйственных культур, включая содержание питательных веществ, воды, пораженность вредителями, болезнями, засоренность сорными растениями, биомассу и структуру посева.

Вторым вариантом применения дистанционного зондирования в сельском хозяйстве является использование **беспилотных (авиационных)** систем.

В Федеральном законе от 03.07.2016 № 291-ФЗ «О внесении изменений в Воздушный кодекс Российской Федерации» вводится термин «Беспилотная авиационная система» (БАС) – комплекс взаимосвязанных элементов, включающий в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов, средства обеспечения взлета и посадки, средства управления полетом одного или нескольких беспилотных воздушных судов и контроля за полетом одного или нескольких беспилотных воздушных судов.

БАС, помимо беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), состоит из *бортового комплекса управления, полезной нагрузки и наземной станции управления.*

Беспилотный летательный аппарат в общем случае – это летательный аппарат без экипажа на борту.

Принципиально известны два варианта конструкции БПЛА: с фиксированным и вращающимся крылом (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Общий вид БПЛА:

*а – с фиксированным крылом; б – с вращающимся крылом.*

Беспилотники с *фиксированным крылом* (самолетного типа) состоят из жесткого крыла, которое имеет заданный аэродинамический профиль (рис. 2.2). Полет обеспечивается с помощью пропеллера, который приводится в движение двигателем внутреннего сгорания или электродвигателем. Аппараты такого типа могут переносить большую полезную нагрузку на большие расстояния при меньшей мощности. Недостатком является необходимость взлетно-посадочной полосы

или пусковой установки для взлета и посадки. Такие БПЛА для создания подъема требуют движения воздуха по своим крыльям, они не подходят для проведения стационарных работ. При полете теряется визуальный контакт с аппаратом, что осложняет процесс работы и законодательно запрещено в некоторых странах.

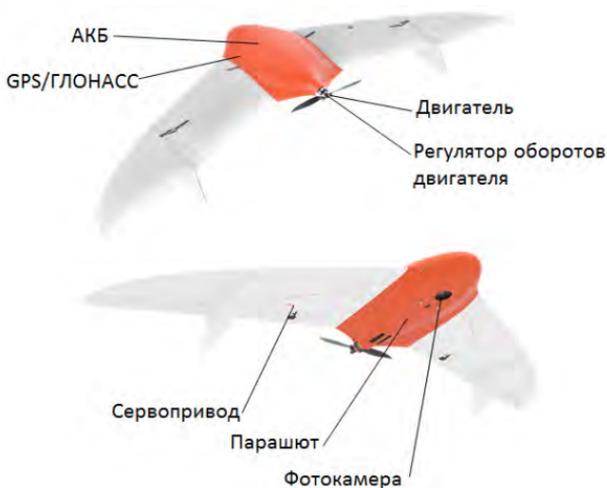


Рисунок 2.2 – Устройство БПЛА самолетного типа

Беспилотники с *вращающимся крылом* (вертолетного типа) состоят из одной и более лопастей, которые вращаются вокруг неподвижной оси, при этом постоянного движения аппарата вперед не требуется для создания воздушного потока над лопастями, вместо этого сами лопасти находятся в постоянном движении, которые создают необходимый воздушный поток для поднимающей силы. Управление вращающимися БПЛА происходит за счет изменения тяги и крутящего момента двигателя. Например, нисходящее движение создается задними двигателями, создающими большую тягу, чем передние, что позволяет задней части беспилотника подниматься выше, создавая, таким образом, угол наклона. При повороте аппарата используется сила крутящего момента диагональных двигателей, что создает дисбаланс, заставляя аппарат вращаться по вертикальной оси. Наибольшее преимущество таких беспилотников – возможность взлета и посадки по вертикали.

Основной элемент беспилотника вертолетного типа – полетный контроллер (рис. 2.3), который предназначен для обработки сигналов, поступающих с дистанционного пульта оператора и установленных на нем датчиков, от которых передаются показания. Чем больше сигналов контроллер может обрабатывать, тем более универсальным является летательный аппарат. Обратная связь с оператором осуществляется через установленные на корпусе передатчики. В зависимости от полученных данных оператор изменяет параметры полета дрона исходя из показаний датчиков и алгоритмов программы, контроллер может самостоятельно изменить параметры полета беспилотника, не прибегая при этом к помощи оператора.



Рисунок 2.3 – Устройство беспилотника вертолетного типа

Беспилотники с вертикальным взлетом и посадкой (в основном это семейство коптеров, которое можно классифицировать по количеству двигателей, собственной массе, полезной нагрузке, параметрам и продолжительности полетов) играют важную роль в получении оперативной информации и картографических материалов территорий, небольших участков, отдельных полей либо хозяйств крупных размеров со сложной конфигурацией угодий. С помощью беспилотников можно выявить на отдельных участках пашни недостаточность внесения удобрений или иные серьезные огрехи. Применение БПЛА в сельском хозяйстве позволяет осуществлять видеоконтроль над территорией полета на высотах от нескольких сантиметров до нескольких

сотен метров в реальном режиме времени и одновременно производить фиксацию на видео и фото. Полученную информацию обрабатывают и преобразовывают в необходимые виды и формы для дальнейшего применения.

Полученная *фотографическая схема* местности (черно-белая или цветная) используется при изучении и картировании. Она монтируется из нетрансформированных (т. е. имеющих искажения в связи с нестабильностью условий съемки) смежных снимков, которые приводят к заданному масштабу, разрезают по перекрывающимся контурам и соединяют путем наклейки на общую основу. Фотографическую схему получают по воздушным, космическим, наземным и подводным снимкам, полученным как при непосредственном фотографировании, так и при воспроизведении изображения с экрана сканирующей системы.

*Ортофотоплан* является разновидностью плана местности на точной геодезической основе, который дает возможность с максимальной достоверностью воссоздать земную поверхность. Снимки, сделанные с беспилотника, преобразовываются из центральной проекции в ортогональную, после чего пропадает эффект параллакса (изменение видимого положения объекта относительно удаленного фона в зависимости от положения наблюдателя) и рельеф местности отображается корректно.

Технология мультисенсорной фотосъемки использует полосы зеленого, красного, синего и инфракрасного диапазонов для захвата видимых и невидимых изображений культур и иной растительности. Мультиспектральные изображения интегрируются со специализированным программным обеспечением, которое переводит информацию в цифровые данные.

Мультиспектральная камера делает изображения на определенных частотах всего электромагнитного спектра. Длины волн могут быть разделены фильтрами или приборами, чувствительными к определенным длинам, включая свет с частотами, выходящими за пределы видимого, например инфракрасного спектра. Спектральная визуализация также позволяет извлекать дополнительную информацию, которую человеческий глаз не может увидеть.

Каждая поверхность отражает часть света, которую он получает. Объекты с различными поверхностными характеристиками отражают

или поглощают излучение солнца по-разному. Отношение отраженного света к падающему свету известно как *коэффициент отражения* и выражается в процентах.

Свойства отражающей способности растительности используются для получения индексов растительности. Они строятся из измерений отражения в двух длинах волн или более для анализа конкретных характеристик растительности, таких как общая площадь листьев и содержание воды или азота.

В научной литературе опубликовано более 150 индексов растительности, но только небольшое подмножество имеет значительную биофизическую основу или систематически проверено. Самым популярным индексом растительности является NDVI (Normalized Difference Vegetation Index – нормализованный вегетационный индекс).

Индекс NDRE (Normalized Difference Red Edge) также довольно часто встречается на камерах Sentera, имеющих дополнительный фильтр NDRE.

Камера Sentera Quad является одной из самых легких по массе, имеет компактный и высокопроизводительный мультиспектральный датчик (рис. 2.4а). Он способен распознавать шесть конкретных полос света, а также измерять полноэкранную цветовую модель RGB (аббревиатура английских слов red, green, blue – красный, зеленый, синий) для создания цветных изображений.

Камера Sentera Double 4k Sensor также является одной из самых маленьких двойных камер (рис. 2.4б).



а



б

Рисунок 2.4 – Мультиспектральные камеры для беспилотников:  
а – Sentera Quad; б – Sentera Double 4k Sensor.

Parrot Sequoia делает изображения культур по четырем четко определенным, видимым и невидимым спектральным полосам, а также изображениям RGB (рис. 2.5 а).



Рисунок 2.5 – Камеры для дистанционного зондирования:  
а – Parrot Sequoia; б – MicaSense RedEdge Sensor.

Это решение использует два датчика, второй – датчик освещенности, установленный на задней части беспилотного летательного аппарата.

Камера MicaSense RedEdge Sensor одновременно захватывает пять дискретных спектральных диапазонов, что позволяет создавать индивидуальные индексы для определенных приложений (рис. 2.5б).

Существуют также **наземные датчики**, которые разработаны для непрерывного мониторинга (в движении) характеристик сельскохозяйственных посевов и почв, таких как азотный и водный стресс, содержание органического вещества и влаги в почве.

В начале 1990-х гг. появился новый подход, известный как *проксимальное почвенное зондирование*. В основе этого подхода – непрерывные измерения пространственных изменений почвенных показателей в режиме реального времени с использованием датчиков, установленных на тракторах. Первое применение почвенного зондирования состояло в измерении содержания почвенного органического вещества по отражению от нескольких светоизлучающих диодов (660 нм). Калибровка датчика по каждой почвенной разности повышала его точность, но влажность почвы сильно влияла на достоверность изме-

рений. В 1993 г. разработан портативный датчик ближнего инфракрасного излучения (NIR), который можно было одновременно использовать для оценки содержания органического вещества и влажности почвы. Похожая технология разработана для проведения одновременных измерений содержания органического вещества, углерода, фосфора, калия, кальция, влажности и pH почвы.

Шаг вперед в точном земледелии произошел в 1993 г., когда было проведено непрерывное бесконтактное проксимальное зондирование электропроводности почвы в реальном времени с использованием Geonics EM-38 для измерения электромагнитной индукции (рис. 2.6).



*Рисунок 2.6 – Датчик отображения проводимости почвы EM-38-MK2*

Для измерения спектрального излучения в красной (671 нм) и ближней инфракрасной (780 нм) полосах в посевах пшеницы применяли датчик, установленный на мобильном мини-тракторе. Полученные данные использовали для оценки спектрального индекса, известного как спектральный индекс азота, который был абсолютным значением инверсии NDVI. Результаты показали, что спектральный индекс азота сильно коррелирует с потреблением N растениями. Исходя из этого, были разработаны технологии дифференцированного внесения азотных удобрений при проведении проксимального зондирования

посевов и основой для промышленной разработки в 2001 г. активного сенсора GreenSeeker (США) – рисунок 2.7.

В 2002 г. разработан устанавливаемый на тракторе пассивный сенсор для определения азотного состояния посева на основе NDVI. Первоначально известный как Hydro-N-сенсор (рис. 2.8), он впоследствии стал известен как датчик Yara-N (Norway, рис. 2.9).

Активный датчик урожайности, известный как Crop Circle, разработан в 2004 г. (рис. 2.10). Датчик первоначально использовал коэффициент отражения в зеленом и NIR-диапазоне для оценки дефицита N в посевах.



*Рисунок 2.7 – Трактор с сенсором GreenSeeker*



*Рисунок 2.8 – Трактор МТЗ 1221 с распределителем минеральных удобрений Amazone ZA-M 1500 и Hydro-N-сенсором на крыше (Агрофизический НИИ)*

Существует одно ограничение для датчиков хлорофилла, GreenSeeker, Yara-N и Crop Circle, которое заключается в том, что ни один из них не способен напрямую оценить количество азота, необходимого для преодоления N-стресса. Для решения проблемы ученые провели сравнение показаний датчиков с показаниями на эталонных участках, получающих достаточное количество азотных удобрений, и использовали эти данные для разработки функций отклика на их внесение, которые связывают показания датчиков с количеством удобрений, необходимых для преодоления N-стресса.



Рисунок 2.9 – Трактор с установленным на крыше Yara-N-сенсором



Рисунок 2.10 – Датчик Crop Circle

В будущем управление хозяйством, вероятно, будет осуществляться со значительно большим пространственным и временным разрешением, чем с существующими подходами к точному земледелию. Небезосновательно ожидать, что посевы в современных хозяйствах будут управляться от «растения к растению», т. е. прогрессивно, так как раньше использовали почвенные показатели. Такой подход потребует сбора и анализа массы данных в масштабе, который сегодня не представляется возможным, включая стационарные и мобильные датчики, которые смогут измерять характеристики отдельных растений в режиме реального времени. Датчики могут быть установлены на спутниках, самолетах, беспилотных летательных аппаратах, тракторах или прикреплены к мобильным роботам для регистрации плотности сорняков, высоты посевов, отражательной способности листьев, состояния влаги и других свойств, важных для принятия решений по управлению внесением удобрений и пестицидов. Эти датчики должны быть надежными, работать на возобновляемых источниках энергии и иметь возможность передавать информацию с помощью беспроводных сетей на компьютеры, которые могут выполнять процедуры интеллектуального анализа данных и создавать сложные рекомендации по управлению. Полученные рекомендации могут быть переданы компьютерам и контроллерам на поле для регулирования нормы полива, дозы внесения удобрений и гербицидов при высокой разрешающей способности.

## **2.2. Рынок беспилотных авиационных систем**

Перспективный рынок беспилотных авиационно-космических систем, комплексных решений и услуг на их основе в настоящее время находится в стадии формирования. По данным маркетинговых исследований ведущих иностранных компаний (Markets and Markets, Teal Group (Тил Групп), США), объем этого рынка в 2014 г. составил 6,76 млрд долл. США. Из них около 66% относится к сегменту военного применения, 20% – к сегменту обеспечения безопасности и только 14% – к сегменту гражданского и коммерческого применения беспилотных авиационных систем.

В течение последнего десятилетия разработка и производство БАС являются наиболее динамичным сегментом мировой авиационной отрасли и стабильно обеспечивают совокупный среднегодовой темп роста не менее 10%. Даже в периоды общего спада отрасли сегмент БАС демонстрирует положительную динамику. В настоящее время основные объемы этого рынка обеспечиваются потребителями из силового сектора, решающими задачи военного и специального применения, охраны границ, общественного порядка и т. п. Однако рынок гражданского и коммерческого применения имеет наибольший потенциал роста.

### **Основные сегменты рынка гражданского применения БАС:**

#### *1) сформированные преимущественно запросами государства*

- мониторинг транспортного потока;
- исследование климата и экологический мониторинг;
- поиск и спасение;
- борьба с пожарами и стихийными бедствиями;
- помощь в операциях по поддержанию правопорядка;
- исследование дикой природы.

#### *2) сформированные преимущественно запросами бизнеса*

- сельское хозяйство (картирование земель для целей точного земледелия, мониторинг урожайности и внесение веществ);
- связь (использование БАС как платформ для ретрансляции сигналов);
- исследование целостности и состояния зданий и сооружений, в том числе инфраструктурных объектов;
- профессиональная кино- и фотосъемка;
- поиск полезных ископаемых;
- перевозки;
- картография и топографическая съемка;
- реклама.

#### *3) сформированные преимущественно запросами частных лиц*

- использование в личных целях (любительская фото- и видеосъемка, состязания, иные развлекательные цели и др.);
- персональная связь.

#### *4) сквозные*

- системы защиты;
- охрана территорий.

По состоянию на 2013 г., по данным Teal Group (Тил Груп, США), на рынке БАС доминировали компании GA-ASI (Дженерал Атомикс Аэронавтикал Системс Инк., США), Northrop Grumman Corporation (Нортроп Грумман Корпорейшн, США), Elbit Systems Ltd (Элбит Системс, Лтд, Израиль), IAI Ltd (Израиль Аэроспейс Индастриз, Израиль), а также AeroVironment (АэроВайронмент, США), доли которых составляли 19,02, 16,92, 8,35, 7,02, и 5,65% соответственно. Всего на долю этих компаний приходилось 57% рынка. Другие игроки рынка представлены компаниями Aeronautics Ltd (Аэронавтикс Лтд, Израиль), Safran SA (Сафран СА, Франция), SAAB AB (СААБ АБ, Швеция), Thales Group (Талес Груп, Франция), TAI Inc. (Туркиш Аэроспейс Индастриз Инк., Турция), и Aviation Industry Corporation of China (Эвэйшн Индастри Корпорейшн оф Чайна, Китай), совокупная рыночная доля которых составляла 29,20%. В сфере разработки средств доставки и космического туризма наиболее заметны американские компании Virgin Galactic (Верджин Галактик), Blue Origin (Блу Ориджин), XCorp (ИксКорп) и др.

Лидирующие позиции на рынке БАС удерживала компания General Atomics Aeronautical Systems Inc. (Дженерал Атомикс Аэронавтикал Системс Инк., США) с долей 19,02% в 2013 г. Компания главным образом сосредоточила свои усилия на организации партнерства с другими ключевыми игроками с целью увеличения доли на рынке.

Второе место на рынке занимала компания Northrop Grumman Corporation (Нортроп Грумман Корпорейшн, США) с долей 16,92% в 2013 г. Продукты БАС этой компании включают в себя аппараты ВАТ UAV (БиЭйТи ЮЭйВи), EURO HAWK (ЕВРО ХОУК) и Global HAWK (Глобал ХОУК).

На третьем месте – компания Elbit Systems Ltd (Элбит Системс Лтд, Израиль), доля которой на рынке в 2013 г. составила 8,35%.

В 2013 г. Elbit Systems Ltd образовала совместное предприятие с корейской компанией Sharp Aviation K Inc. (Шарп Эвэйшн Кей Инк., Корея), которое стало называться Sharp Elbit Systems Aerospace Inc. (SESA, Шарп Элбит Системс Аэроспейс, Инк).

Четвертое место на рынке удерживает компания IAI Ltd (Израиль Аэроспейс Индастриз, Израиль). Она предлагает линейку разнообразной продукции, в том числе беспилотные летательные аппараты, радары, самолеты дальнего радиолокационного обнаружения, безопасные средства связи (EW, ELINT/ESM, SIGINT & COMINT/COMJAM и др.).

Компания AeroVironment Inc. изготовила первые коммерческие БАС, одобренные Федеральным управлением гражданской авиации США, благодаря которым происходит сбор и передача коммерческой информации для нефтяного месторождения Прадхо-Бей, в том числе данных топографических съемок и геоинформационных систем (ГИС). На долю компании Lockheed Martin Corporation (Локхид Мартин Корпорейшн, США) приходится 4,20% рынка.

По состоянию на 2015 г. на российском рынке производства и эксплуатации гражданских БАС, выполнения авиаработ и оказания услуг с их применением работает около 200 частных компаний.

Основными видами деятельности этих компаний являются:

- производство и продажа собственных беспилотных комплексов и их комплектующих (29% компаний);
- перепродажа иностранных беспилотников и комплектующих (41% компаний);
- предоставление услуг (30% компаний).

Индустрия разработки, производства и эксплуатации БАС в России находится в стадии активного становления: около 60% компаний присутствуют на рынке менее трех лет, в этой сфере активно формируются новые компании (около 15% компаний работают менее года). Около 10% всех компаний присутствуют на рынке 8 лет и более.

Примерно половина компаний российского рынка БАС имеют не более 5 сотрудников, как правило, эти компании предоставляют услуги по аэросъемке или занимаются перепродажей беспилотников и их комплектующих. Как правило, компании, насчитывающие более 50 сотрудников, разрабатывают и продают беспилотные системы и комплектующие преимущественно собственного производства.

В связи с ростом населения Земли, повышением уровня жизни и истощением запаса качественных пахотных земель и легкодоступных ресурсов воды для орошения потребность в повышении урожайности высока и будет со временем все больше возрастать. В настоящее время стандартные методы ее увеличения (селекция, внесение удобрений, мелиорация) практически исчерпаны, поэтому особо важным становится внедрение способов выборочной, а не сплошной обработки отдельных участков полей в зависимости от состояния почв и развития растений.

В связи с этим необходим мониторинг полей для решения следующих задач:

- картирование почв с целью оптимального использования полей;
- создание 3D-моделей полей с целью оптимального построения систем ирригации и мелиорации, обустройства лесополос;
- определение индекса вегетативности (NDVI), характеризующего концентрацию зеленой массы с целью эффективного внесения удобрений, борьбы с вредителями и болезнями.

Регулярный мониторинг NDVI позволяет повысить урожайность без увеличения затрат на удобрения за счет выборочного внесения удобрений в зоны угнетенной растительности.

Кроме задач мониторинга, БАС применяются в сельском хозяйстве для внесения средств повышения урожайности (удобрения, полив) и борьбы с вредителями с целью предотвращения ущерба для растений, создаваемого наземной техникой при движении по полю.

### **2.3. Нормативно-правовая база использования беспилотных авиационных систем**

Рассмотрим существующие законодательные документы по использованию беспилотных авиационных систем в различных странах мира.

#### **Российская Федерация**

На текущий момент Россия на мировом рынке имеет долю примерно 2%, причем большая часть выручки от поставок приходится на оборонные БАС. Основное конкурентное преимущество России связано с исторической традицией развития авиационной науки и техники (а также авиамоделлизма) и наличием кадрового потенциала в этой отрасли. В короткий период с 2008 по 2013 г. в стране инициативно образовался ряд компаний, профессионально развивающих БАС-технологии. Аналогичное преимущество эффективно используют лидеры рынка – США и Израиль (последний – в большой степени за счет эмиграции высококвалифицированных специалистов из СССР и России).

Согласно Федеральному закону от 03.07.2016 № 291-ФЗ «О внесении изменений в Воздушный кодекс Российской Федерации» они внесены в следующие пункты:

п. 1. Обязательная сертификация беспилотных авиационных систем и их элементов проводится в соответствии с федеральными авиационными правилами, устанавливающими порядок обязательной сертификации. Процедура завершается выдачей документа (сертификата), если в ходе ее проведения установлено, что беспилотные авиационные системы и (или) их элементы соответствуют требованиям к летной пригодности и к охране окружающей среды;

п. 3.2. Беспилотные гражданские воздушные суда с максимальной взлетной массой от 0,25 до 30 кг, ввезенные или произведенные в РФ, подлежат учету в порядке, установленном Правительством РФ.

### **США**

Это крупнейший игрок рынка БАС, контролирующий 65% всего рынка. Его военный сегмент является доминирующим и составляет порядка 70%. Для наращивания доли рынка США активно проводят инвестиции в исследования и разработки, а также осуществляют венчурное инвестирование в перспективные проекты. Для того чтобы обеспечить активное развитие рынка, проводится масштабная работа по адаптации законодательства и созданию контролирующей индустрию государственных институтов. В 2012 г. был изменен основной документ, регулирующий авиасообщение в стране – Федеральный авиационный акт (Federal Aviation Act), внесены основные концепции функционирования БАС в рамках ее воздушного пространства и разработан план дальнейшей деятельности. Разработана дорожная карта развития рынка БАС до 2028 г.

Регистрировать беспилотный самолет в США имеет право:

- гражданин США;
- гражданин иностранного государства с правом проживания на территории США;
- юридическое лицо, законно организованное в соответствии с законодательством США или любого государства, если оно основано и функционирует на территории США.

Регистрации подлежат беспилотные летательные аппараты массой от 0,25 до 25 кг.

Нормативные акты, регламентирующие правила и порядок регистрации:

*Федеральный закон № 112-95 ст. 336 (Public Law 112-95, Section 336) для судов некоммерческого назначения;*

*Воздушный кодекс, ч. 107 (Federal Regulations (14 CFR) part 107) для судов весом менее 55 фунтов (25 кг) коммерческого назначения.*

### **Страны Евросоюза**

Занимают примерно 6% рынка БАС. На текущий момент сегмент военного применения БАС также доминирует, составляя 65% рынка. Несмотря на малую долю рынка, Евросоюз проводит активные мероприятия для обеспечения дальнейшего роста.

В области законодательного регулирования:

- определена первоначальная концепция функционирования БАС (массой до 150 кг регулируются национальными правилами; более 150 кг – EASA);

- требования по сертификации БАС отличаются в разных странах ЕС, но в любом случае требуются сертификаты: на конструкцию, пригодность к полету, EASA для аппаратов массой более 150 кг;

- в отличие от США, пока отсутствует единая для Евросоюза система классификации БАС;

- унифицированы требования по допуску лиц из числа авиационного персонала, управляющего аппаратами массой более 150 кг;

- определены правила доступа к воздушному пространству.

### **Израиль**

Обеспечивает 3% мирового рынка, и, так же как и в США и Евросоюзе, основную часть (около 60%) составляют БАС военного применения. Инвестиции в военное направление растут из-за возможных угроз со стороны соседних стран, а также в рамках программы по борьбе с терроризмом. Гражданское направление тоже развивается, перенимая ряд технологий, которые были разработаны в рамках военного применения аппаратов. По оценке Стокгольмского института SIPRI, за период с 2001 по 2011 г. Израиль контролировал свыше 40% мирового рынка этого вида вооружений. В отчете международной консалтинговой фирмы Frost & Sullivan (Фрост энд Салливан, США) указывается, что Израиль в 2005–2012 гг. продал БАС на 4,8 млрд долл., в то время как США – на 2–3 млрд долл. Хотя США, вероятно, в количественном отношении производят больше беспилотников, чем Израиль, основная часть идет на оснащение собственных вооруженных сил и армий союзников. Кроме того, законодательство США ограничивает экспорт этого вида продукции. Ключевое конкурентное преимущество Израиля –

огромный опыт продажи БАС: из 76 стран, использующих военные беспилотники, как минимум 53 в той или иной мере применяют БАС израильского производства. Израиль находится в состоянии жесткой конкурентной борьбы с США за поставки беспилотной авиатехники на европейский рынок.

Управление гражданской авиации Израиля курирует вопросы действия законодательству, регулированию и процедурам во всех вопросах, касающихся проектирования, производства, эксплуатации и обслуживания БПЛА. Осуществляет лицензирование, контроль и обеспечение соблюдения законодательства в этой сфере.

Для управления БПЛА необходимо вступить в Израильский аэроклуб. После этого получить лицензию и страховку. Это позволяет управлять беспилотником на расстоянии до 50 м. Для полетов дальностью до 250 м необходима лицензия оператора, выдаваемая Министерством транспорта после прохождения соответствующего курса обучения. Полеты далее 250 м запрещены без предварительного одобрения.

### **Канада**

БПЛА массой от 0,25 до 35 кг и используемые не в коммерческих целях, не подлежат регистрации в Министерстве транспорта Канады.

В случае применения БПЛА в коммерческих целях (сельское хозяйство, проведение исследований, аэрофото- и видеосъемка) требуется получение специального сертификата полетов.

Для БПЛА более 0,25 кг, но не более 1 кг утверждены следующие требования и ограничения:

- сдача письменного теста на усвоение авиационных знаний;
- возрастной ценз – не моложе 14 лет;
- полеты на расстояние не более 5,5 км от аэродрома. Требуемое расстояние от вертодромов или аэродромов, используемых исключительно вертолетами, составляет около 2 км;
- управлять на расстоянии не менее 30 м от человека;
- эксплуатировать на максимальном расстоянии 0,5 км от оператора беспилотника;
- не допускаются полеты над группой людей под открытым небом;
- не допускаются полеты ниже 91 м;
- не допускается работать со скоростью менее 47 км/ч;
- запрещены ночные полеты.

Для БПЛА более 1 кг, но не более 25 кг разработаны следующие требования и ограничения:

- сдача письменного теста на усвоение авиационных знаний;
- возрастной ценз – не моложе 16 лет;
- полеты разрешены на расстояние не более 5,5 км от аэродрома; требуемое расстояние от вертодромов или аэродромов, используемых исключительно вертолетами, – 2 км;
- управлять на расстоянии не менее 76 м от людей;
- управлять на минимальном расстоянии 1 км от застроенной территории;
- эксплуатировать на максимальном расстоянии 1 км от оператора;
- не допускается проведение полетов над группой людей;
- не допускается летать ниже 90 или 30 м над зданием или сооружением соответственно;
- ночные полеты не разрешены.

Нормативный акт, регламентирующий правила и порядок регистрации:

*Канадский авиационный кодекс, ст. 602.41 (Canadian Aviation Regulations SOR/96-433, Section 602.41).*

### **Германия**

В соответствии с новыми положениями правил воздушного движения, операторам БПЛА массой более 2 кг необходимо получить сертификат с подтверждением достаточности знаний и навыков. Сертификат действителен в течение пяти лет. Возрастной ценз пилота – 16 лет.

### **Франция**

Постановление Министерства экологии, устойчивого развития, транспорта и жилищного строительства Франции регламентирует правила полета БПЛА, ограничивая высоту полета до 150 м для моделей массой менее 2 кг. Полеты в населенной местности подлежат предварительному согласованию с территориальными органами власти.

*Нормативные акты, регламентирующие правила и порядок регистрации:*

*Постановление Министерства экологии, устойчивого развития, транспорта и жилищного строительства Франции от 27 января 2017 г., определяющее список зон закрытой для аэрофотосъемки;*

*Постановление Министерства экологии, устойчивого развития, транспорта и жилищного строительства Франции от 17 декабря*

*2015 г. по использованию воздушного пространства беспилотной летательной техникой.*

### **Великобритания**

Правила одинаковы для всех видов полетов, существуют некоторые особые дополнительные требования к коммерческим операциям с участием небольших беспилотников. Основным правилом в Великобритании является управление ими в зоне визуальной видимости.

В Великобритании БПЛА в настоящее время разделены на отдельные категории в зависимости от их массы:

– менее 20 кг. Этот класс охватывает все типы, включая традиционные дистанционно управляемые модельные самолеты, вертолеты или планеры, а также все более популярные мультироторные дроны и дистанционно управляемые «игрушечные» самолеты. Обычно они имеют ограничения по уровню регулирования, которые направлены на то, чтобы быть соразмерными с риском и сложностью или с их типами деятельности;

– от 20 до 150 кг. Этот класс охватывает более крупные и потенциально более сложные типы беспилотных аппаратов и самолетов больших моделей. Они подчиняются всем аспектам законодательства Великобритании в области авиации, хотя принято, что они освобождены от многих требований. Разрешение на полет обычно дается после представления в Управление гражданской авиации информации о БПЛА;

– более 150 кг – дроны в этом классе, скорее всего, будут подвергаться такому же нормативному утверждению, как и традиционные пилотируемые самолеты. Они, как правило, сертифицируются Европейским агентством по безопасности полетов (EASA), хотя есть возможности для получения разрешений для операций в Великобритании по упрощенному процессу.

*Нормативные акты, регламентирующие правила и порядок регистрации:*

*Постановление Управления гражданской авиации CAP 722 «Операции беспилотной авиационной системы в воздушном пространстве Великобритании»;*

*Статьи 94, 95, 241 Аэронавигационного ордера 2016 (ANO 2016).*

### **Нидерланды**

В Нидерландах различают частное, рекреационное и профессиональное применение беспилотников.

Для использования в коммерческих целях необходимо получение сертификата оператора БПЛА независимо от массы. При частном применении можно управлять аппаратом массой до 4 кг без сертификата оператора.

*Нормативные акты, регламентирующие правила и порядок регистрации:*

*Закон об авиации от 18 июня 1992 г.;*

*Распоряжение Министерства транспорта от 2 декабря 2005 г. об утверждении правовых вопросов для БПЛА.*

### **Швеция**

Проектирование, изготовление, модификация, техническое обслуживание и эксплуатация гражданских БПЛА в Швеции регулируются положением о беспилотных летательных аппаратах (UAS) – TSFS 2009:88. Управление ими допускается на высоту 120 м и дальность полета от оператора 500 м.

Для полетов в зоне контроля аэропорта требуется разрешение от Управления воздушным движением. Разрешение также требуется, если полет совершается за зону визуальной видимости, если цель полета – испытания или исследования, коммерческие полеты. Для аэрофотосъемки потребуется разрешение от Министерства землеустройства.

Проектирование, изготовление, обслуживание и эксплуатация гражданских БПЛА, имеющих рабочую массу более 150 кг, контролируется Европейским парламентом. Необходимо также одобрение со стороны Европейского агентства по авиационной безопасности (EASA).

В Швеции приняты следующие виды разрешения для управления беспилотниками:

- категория 1A UAS – максимальная взлетная масса самолета меньше или равна 1,5 кг, лицензия выдается на 2 года;
- категория 1B UAS – максимальная взлетная масса самолета больше 1,5 кг, но меньше или равна 7 кг, лицензия выдается на 2 года;
- категория 2 UAS – максимальная взлетная масса самолета составляет более 7 кг, лицензия выдается на 1 год;
- категория 3 UAS – для аппаратов с посадкой вне поля зрения пилота.

*Нормативный акт, регламентирующий правила и порядок регистрации:*

*Правила Транспортного агентства TSFS 2009: 88, с поправками от 2013 г.*

### **Швейцария**

БПЛА массой до 30 кг могут быть использованы без лицензии при условии, что оператор всегда имеет визуальный контакт с летательным аппаратом. Кроме того, беспилотник не должен работать над скоплением людей.

*Правила регламентированы Федеральным управлением гражданской авиации (BAZL).*

### **Австрия**

С 2014 г. в этой стране внедрены очень строгие правила эксплуатации БПЛА. Потенциальные местоположения для полетов делятся на четыре категории:

- неразвитая область;
- нежилые районы;
- населенный пункт;
- плотно заселенная территория.

Для каждой категории существуют особые условия и разрешения. Квадрокоптеры одобрены только для первых двух категорий. Для населенных (густонаселенных) районов требуются гекса- или октокоптеры.

Получение лицензии необходимо, если:

- рейсы коммерческие, без сохранения снимков с камеры;
- максимальная масса 25 кг;
- полет вне зон безопасности;
- максимальный радиус полета 500 м.

Мини-дронами массой до 0,25 кг и максимальной высотой полета 30 м можно управлять без лицензии, даже если они оснащены камерой.

### **Бельгия**

Полеты БПЛА разрешены только на частных землях для физических лиц (с разрешения владельца земли). Запрещается использовать в общественных местах.

Для коммерческих полетов необходимо получение медицинской страховки, пройти теоретический тест и зарегистрировать БПЛА.

Исключением из нормативных требований Королевского указа от 10 апреля 2016 г. являются:

- беспилотники, используемые только для полетов внутри зданий;
- БПЛА, применяемые военными, таможенными органами, полицией, береговой охраной и т. д. ;
- некоторые типы модельных самолетов, которые используются исключительно для личных целей, при условии, что они соответствуют строгим требованиям, изложенным в Королевском указе.

*Нормативный акт, регламентирующий правила и порядок регистрации:*

*Королевский указ от 10 апреля 2016 г. «Об использовании самолетов с дистанционным управлением в воздушном пространстве Бельгии».*

### **Ирландия**

Регистрация для некоторых БПЛА обязательна с 21 декабря 2015 г.

Регистрации подлежат беспилотники:

- более 1 кг;
- пролетающие выше 15 м над землей или водой независимо от массы;
- с установленным оборудованием.

*Нормативные акты, регламентирующие правила и порядок регистрации:*

*Порядок регистрации БПЛА (Small Unmanned Aircraft (Drones);*

*Ракетный закон 563 от 2015 г. (Rockets Order S.I. 563 of 2015).*

### **Норвегия**

С 2016 г. в стране действуют новые правила: пилоты БПЛА квалифицируются как моделисты и не нуждаются в специальном разрешении. В коммерческих целях беспилотники делятся на три категории:

- взлетная масса менее 2,5 кг. Перед каждым полетом необходимо сообщить о нем, имя пилота должно быть прикреплено с номером телефона на аппарате, также необходимо вести журнал регистрации;
- масса до 25 кг – требует специального лицензирования пилотов.
- все модели, не относящиеся к описанным выше.

*Нормативный акт, регламентирующий правила и порядок регистрации:*

*Закон № 101 «Об авиации» от 11 июня 1993 г.*

## **Хорватия**

БПЛА могут летать только при наличии официальной лицензии и в незаселенных районах. Они должны постоянно держаться на расстоянии 150 м от скопления людей и не должны находиться далее 500 м от оператора.

## **Кипр**

Необходима предварительная регистрация в Департаменте гражданской авиации. При фотографировании с высоты необходимо подать заявление на получение разрешения на съемку.

Максимальная взлетная масса беспилотника для частных полетов – 2 кг, максимальная высота – 30 м.

## **Греция**

С января 2017 г. вступил в силу новый закон, согласно которому модели делятся на две категории:

- с общей взлетной массой до 7 кг, для них не требуется специальных разрешений;

- с массой более 7 и менее 25 кг, для них необходимо получить разрешение. Такие БПЛА не должны быть оснащены металлическими пропеллерами. Необходимо также страхование от несанкционированного использования, получения телесных повреждений и материального ущерба. Пилоты должны поддерживать расстояние не менее 50 м от скопления людей, животных и транспортных средств.

Полет через археологические объекты разрешается только со специальным разрешением.

## **Китай**

Деятельность гражданской авиации в основном регулируется Законом о гражданской авиации КНР, Общими правилами полетов КНР и Положением об общем авиационном управлении полетом.

Регулирующее агентство по гражданским полетам – Управление гражданской авиации Китая – выпустило консультативные положения, в которых устанавливаются руководящие принципы для полета беспилотников. Ожидается, что эти промежуточные меры будут обновлены по мере развития промышленности и нормативной базы БПЛА.

Положением о контроле над полетом средств общей авиации является административное регулирование, которое применяется ко всем коммерческим и рекреационным операциям воздушных судов, за исключением тех, которые участвуют в общественном воздушном

транспорте. Термин «общая авиация» в соответствии с китайским законодательством относится к авиационным операциям, отличным от военных полетов, полицейских воздушных действий, таможенных антиконтрабандных полетов и общественных воздушных перевозок. Положение включает в себя требования к полетам с целью проведения исследований в области промышленности, сельского хозяйства, лесного хозяйства, рыболовства, добычи полезных ископаемых и строительства, полетам с медицинскими целями, аварийного спасения и ликвидации последствий стихийных бедствий, метеорологического наблюдения, мониторинга океана, научных экспериментов, дистанционного зондирования и картирования, а также получения информации для образования и обучения, культуры и спорта, туризма и экскурсий и т. д.

*Нормативные акты, регламентирующие правила и порядок регистрации:*

*Закон о гражданской авиации КНР;*

*Общие правила полетов КНР;*

*Положение об общем авиационном управлении полетом.*

### **Южная Корея**

Israel Aerospace Industries (IAI) и южнокорейский производитель композиционных материалов Hankuk Carbon (HC) подписали меморандум о создании совместного предприятия по разработке и производству новых вертикальных взлетно-посадочных полос для беспилотников. Компании заявили, что они начнут сотрудничество по разработке БПЛА с массой 200–300 кг, производство которых будет сосредоточено в Южной Корее (90%).

Согласно местному законодательству полеты дронов запрещены во многих местах страны, особенно в северных районах Сеула, где находятся ключевые государственные учреждения. Районы вокруг военных объектов и атомных электростанций также закрыты для полетов.

В связи с развитием БПЛА правительство решило пересмотреть регулирование отрасли, заявив, что будет принято решение по расширению зоны полетов, упрощению требований к пилотам.

До 2017 г. полеты беспилотных летательных аппаратов регулировались в соответствии с Законом об авиации. По состоянию на 30 марта 2017 г. Закон об авиации отменен и заменен двумя законами – об авиационной безопасности и об авиационном бизнесе.

Для использования БПЛА в коммерческих целях необходимо разрешение Министерства земельной инфраструктуры и транспорта. Разрешение для полета не требуется для беспилотников массой до 12 кг или менее, если они используются не в коммерческих целях.

При использовании БПЛА массой 25 кг и более необходимо получение сертификата безопасности от Управления безопасности транспорта Кореи.

*Акты, регламентирующие правила и порядок регистрации:*

*статья 48 Закона об авиационном бизнесе (Article 48 of the Aviation Business Act);*

*статья 2 Закона об авиационном бизнесе (Article 2 of the Aviation Business Act);*

*статья 122 Закона об авиационной безопасности (Article 122 of the Aviation Security Act).*

### **Индия**

Генеральное управление гражданской авиации DGCA планирует регистрировать гражданские БПЛА и выдавать разрешения на их работу.

Генеральное управление гражданской авиации находится в процессе разработки и согласования правил с аэронавигационной службой, службой безопасности, Министерством внутренних дел для сертификации и эксплуатации БПЛА в гражданском воздушном пространстве Индии. До момента выхода регламентирующих документов запрещается использование беспилотников в гражданском воздушном пространстве для любых целей.

*Нормативный акт, регламентирующий правила и порядок регистрации:*

*Общественное уведомление (public notice) 05-13/2014-AED от 07.10.2014 «Использование беспилотных летательных аппаратов в гражданской авиации».*

### **Япония**

Закон о БПЛА в Японии от 10.12.2015 г. запрещает их использование в жилых районах и районах, окружающих аэропорт, без разрешения Министерства земельной инфраструктуры и транспорта. Использование беспилотников в ночное время также запрещено. Кроме того, они не должны подниматься выше 150 м, а также находиться на расстоянии менее 30 м от людей, зданий и транспортных средств.

Для разрешения полета необходимо подать заявку на японском языке в Министерство земельной инфраструктуры, транспорта и туризма для получения разрешения или одобрения не менее чем за 10 дней до полета.

*Нормативные акты, регламентирующие правила и порядок регистрации:*

*Закон о БПЛА в Японии от 10.12.2015 (Aviation Act came into effect December 10, 2015);*

*Закон о гражданской авиации № 118 от 2006 г. (Civil Aeronautics Act №. 118 of 2006);*

*Закон об исполнении Закона о гражданской авиации (Ordinance for Enforcement of the Civil Aeronautics Act).*

### **Австралия**

Управление гражданской авиацией CASA утвердило сертификаты оператора БПЛА в категориях с несколькими роторами, с фиксированным крылом и вертолетом для четырех масс – до 2, 7, 20 и 150 кг.

Для управления БПЛА массой менее 2 кг не требуется сертификат оператора или лицензия удаленного пилота. Для остальных категорий необходимо разрешение в виде лицензии удаленного пилота, которым, в свою очередь, необходимо иметь сертификат оператора RPA.

*Нормативный акт, регламентирующий правила и порядок регистрации:*

*Статья 101 Правил безопасности гражданской авиации (Part 101 of the Civil Aviation Safety Regulations).*

## **2.4. Применение беспилотных авиационных систем в сельском хозяйстве**

### **2.4.1. Дистанционное зондирование Земли и мониторинг**

По оценке Euroconsult (Евроконсалт, Франция), ведущего международного консалтингового агентства в области космических услуг, за 10 лет объем мирового рынка дистанционного зондирования земли из космоса вырастет к 2023 г. на 85% и составит в среднем 3,6 млрд долл. США в год. Основной спрос на рынке космических данных приходится на данные сверхвысокого разрешения и оценивается прибли-

зительно в 3 млрд долл. США в год. Рынок данных еще большей точности, получаемых при помощи беспилотных авиационных систем, оценивается в настоящий момент в 120 млрд долл. США в текущих ценах, однако очевидна тенденция к уменьшению стоимости данных за счет удешевления получаемого продукта по мере развития технологий. БАС позволяют получить новые виды информации, недоступные для космических аппаратов: информацию реального времени, сантиметровой точности, данные мониторинга инфраструктурных объектов (для автодорог – колейность, деформации дорожного полотна, профили насыпи, для ЛЭП – габарит, провисание, зарастание, угрожающие деревья, битые изоляторы).

Для эффективного управления необходимо получать максимально полную информацию об управляемом объекте. Целную информацию о крупных объектах управления – территориях, объектах инфраструктуры (автомобильные и железные дороги, линии электропередачи, трубопроводы) – можно получить только с применением космической или аэрофотосъемки. В сфере дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) и мониторинга космические аппараты (КА) позволяют обеспечить недорогую съемку больших площадей с относительно невысоким разрешением, которое является достаточным для многих задач. Со своей стороны БАС по сравнению с космическими аппаратами обеспечивают намного более высокую степень разрешения снимков, что необходимо для точных работ, например, в сфере геодезии и создания кадастра населенных пунктов. Кроме того, к преимуществам БАС относятся возможность использования их практически в любую погоду за счет проведения съемки ниже облачного слоя; беспилотным аппаратом может владеть сам потребитель данных, нет необходимости обращаться к специалистам и дожидаться выполнения работ; большая эффективность съемки линейных объектов, так как беспилотник может снимать узкую полосу вокруг объекта (минимальная ширина космосъемки – 5 км), что даже на малом масштабе может оказаться дешевле, чем заказная космосъемка. У России пока нет собственных космических аппаратов сверхвысокого разрешения, а это означает, что съемка с беспилотника позволяет отказаться от закупки зарубежных данных космосъемки.

Пример космического снимка высокого разрешения представлен на рисунке 2.11 (2,4 м).



*Рисунок 2.11 – Снимок высокого разрешения*

По сравнению с пилотируемыми летательными аппаратами беспилотники можно применять на сверхмалых высотах, что позволяет получить недостижимую для пилотируемых аппаратов геодезическую точность (2–3 см против 15–20); на беспилотник практически всегда можно поставить такую же съемочную аппаратуру, как и на пилотируемом летательном аппарате, благодаря небольшой массе; для съемки требуется намного меньше энергии и соответственно затрат.

#### **2.4.2. Применение беспилотных систем в Белгородской области**

Беспилотники в сельском хозяйстве дополняют и уточняют (детализируют) информацию за счет высокого разрешения видеоматериалов. Довольно часто получаемые со спутников материалы съемок не могут быть использованы, например когда часть исследуемой территории или вся ее поверхность в момент съемки закрыта облачностью (и не на каждую дату имеются космические съемки нужной территории). А своевременное и полноценное получение информации может оказаться решающим фактором в спасении от гибели посевных площадей или снижении потерь урожая. Съемка в нужный день и в нуж-

ное время суток позволяет выявлять начало скрытых негативных процессов и принимать оперативные меры по решению проблемных вопросов. Улучшение или ухудшение ситуации после принятых мер также оперативно может быть отражено для внесения корректировок. Задача сельскохозяйственной съемки – показать то, что не всегда можно увидеть с поверхности земли, и временные рамки в данном случае особенно важны. Проведение регулярных ежедневных или с иной периодичностью (зависит от решаемых задач, воздействий факторов и влияния ситуаций) аэрофотосъемок сельскохозяйственных земель и их обработка в специализированном программном обеспечении позволяют отслеживать динамику изменений в пределах одного и того же поля, и эти данные можно точно соотносить с продуктивностью земельных угодий.

Рассмотрим проект использования беспилотных авиационных систем АгроНТИ, реализованный в одном из хозяйств Белгородской области в 2017 г.

*Цель проекта* – провести анализ экономической эффективности применения беспилотных авиационных систем в сельском хозяйстве в разрезе следующих аспектов:

- инвентаризация земель сельскохозяйственного назначения;
- мониторинг состояния посевов и качества выполняемых работ на полях;
- альтернативное использование БАС при выполнении технологических операций на полях.

*Задачи проекта:*

- создание высокоточных карт полей, построение карт межполевых дорог, 3D-карт рельефа;
- построение карт весенних водотоков;
- определение вегетационного индекса по фазам развития сельскохозяйственных культур и показателю влажности почвы;
- подсчет всходов с.-х. культур;
- дистанционное определение питательных элементов в почве;
- прогноз погоды для отдельных полей;
- прогноз урожайности на ранних фазах развития культур;
- обработка деревьев против вредителей и болезней;
- видеомониторинг сельскохозяйственных работ.

На первом этапе проводился аудит земельного фонда – создание картографической базы полей на основе аэрофотосъемки.

Результаты аэрофотосъемки пилотной зоны площадью 38 тыс. га представлены на рисунке 2.12. Высота съемки составляла 200–300 м.

На основе аэрофотосъемки были получены следующие материалы, характеризующие состояние сельскохозяйственных угодий: высокоточная векторная карта пахотных земель площадью 18 656 га, количество полей – 219 шт.



Рисунок 2.12 – Векторная карта пахотных земель хозяйства

Сопоставление высокоточной векторной карты и векторной карты Центра агрохимической службы (ЦАС) выявило несовпадение границ хозяйства в пределах 700 га (рис. 2.13, 2.14).

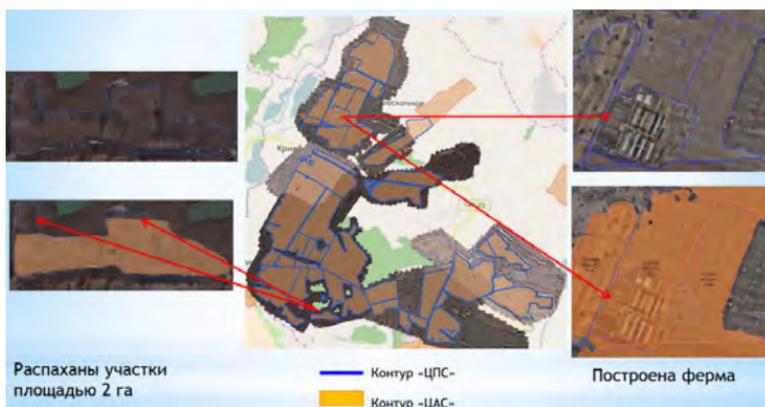


Рисунок 2.13 – Сопоставление карт полей

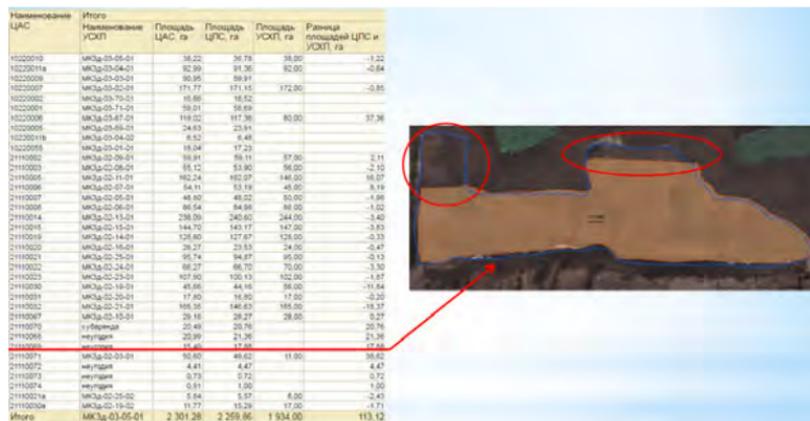


Рисунок 2.14 – Информация о площадях сельхозугодий хозяйства

Сопоставление кадастровой карты и карты сельхозугодий позволяет определить различия в контурах фактического землепользования и кадастрового межевания (рис. 2.15).



Рисунок 2.15 – Кадастровая карта

Наложение кадастровой карты на карту сельхозугодий позволяет рассчитать, какова площадь обрабатываемых сельхозугодий, не учтенных в Кадастровом реестре или не имеющих зарегистрированных в Реестре межевых точек.

Следующим этапом была подготовка к посеву. Для этого созданы карта севооборотов (рис. 2.16), карта высот (рис. 2.17), карта водотоков (рис. 2.18), ситуационная карта водотоков и скопления воды (рис. 2.19), карта участков скопления воды на полях (рис. 2.20), 3D-модель поля (рис. 2.21).

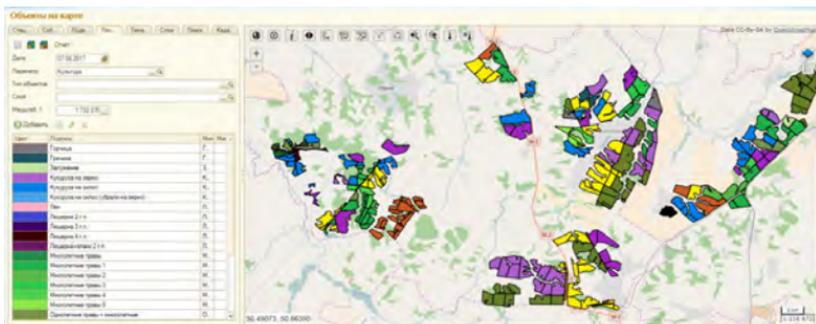


Рисунок 2.16 – Карта севооборотов хозяйства

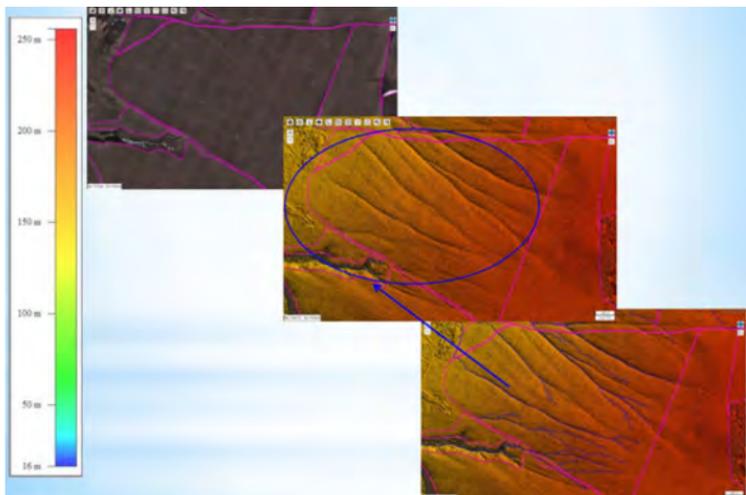
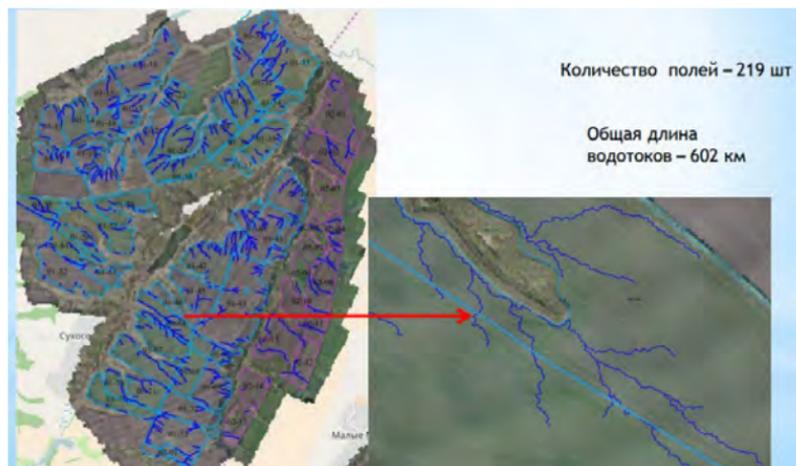
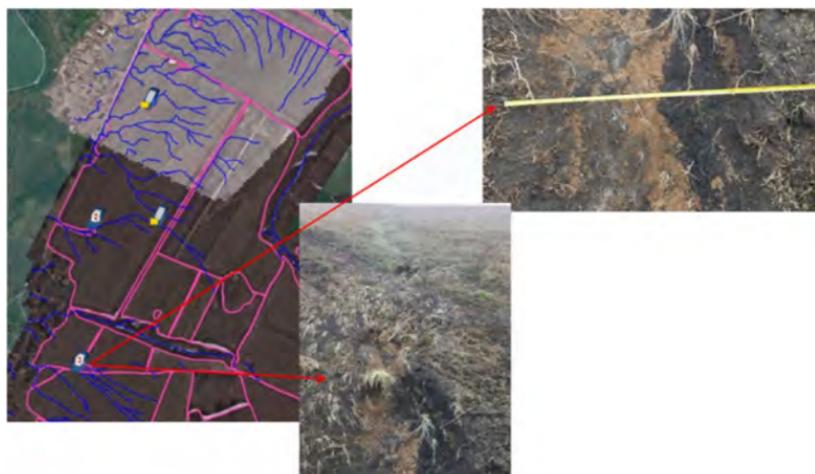


Рисунок 2.17 – Карта высот участков полей

Карта высот наглядно отображает наличие зон водотоков.



*Рисунок 2.18 – Карта водотоков полей хозяйства*



*Рисунок 2.19 – Ситуационная карта водотоков и скопления воды*

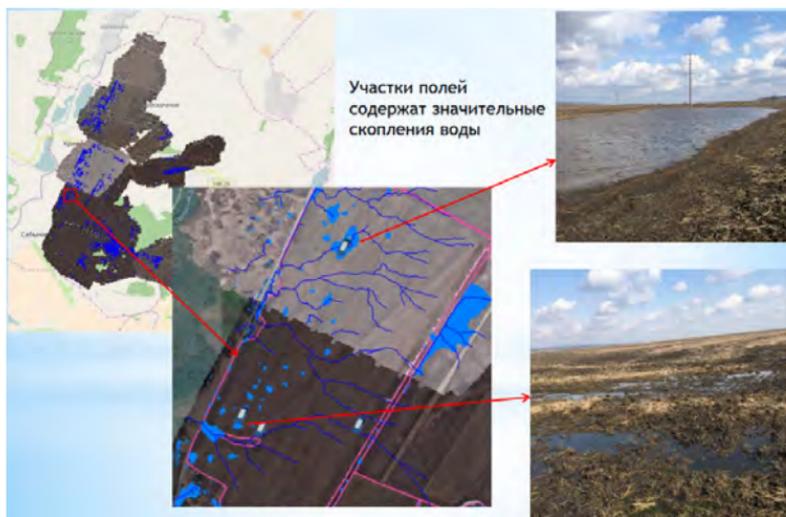


Рисунок 2.20 – Карта участков скопления воды на полях

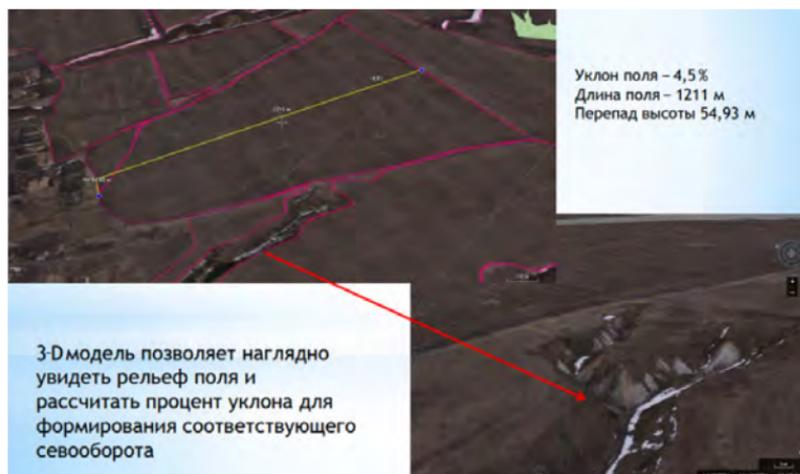


Рисунок 2.21 – 3D-модель поля хозяйства

Далее проводился анализ всходов и развития растений (рис. 2.22), анализ карты засоренности поля (рис. 2.23).

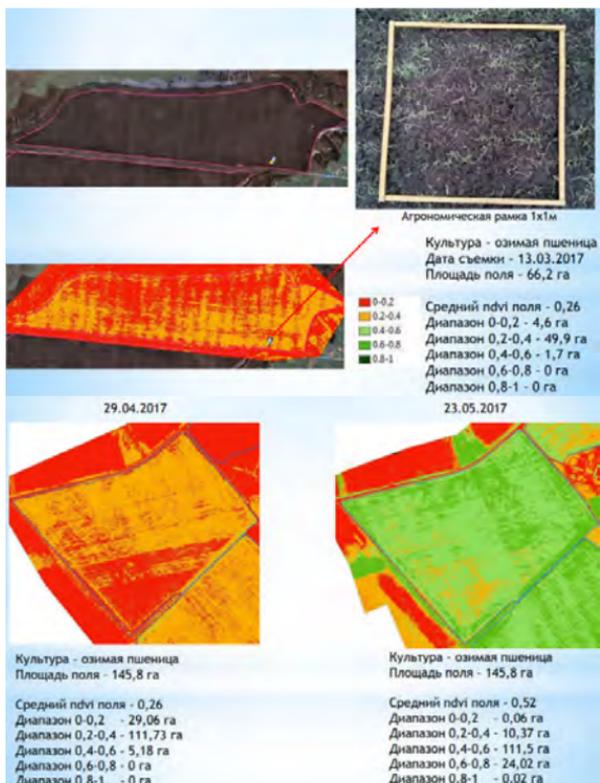


Рисунок 2.22 – Анализ индекса биомассы

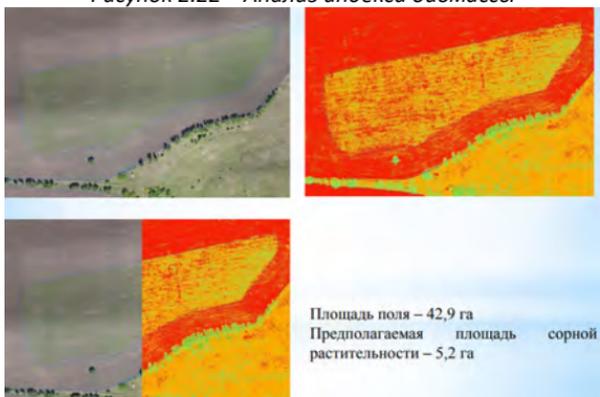


Рисунок 2.23 – Карта засоренности поля

На этапе ухода за посевами выполнялась дифференцированная обработка посевов (рис. 2.24).



Рисунок 2.24 – Дифференцированное опрыскивание посевов

При облетах на площади 34 тыс. га обнаружено 252 точки произрастания древесного сорняка – американского клена (рис. 2.25).

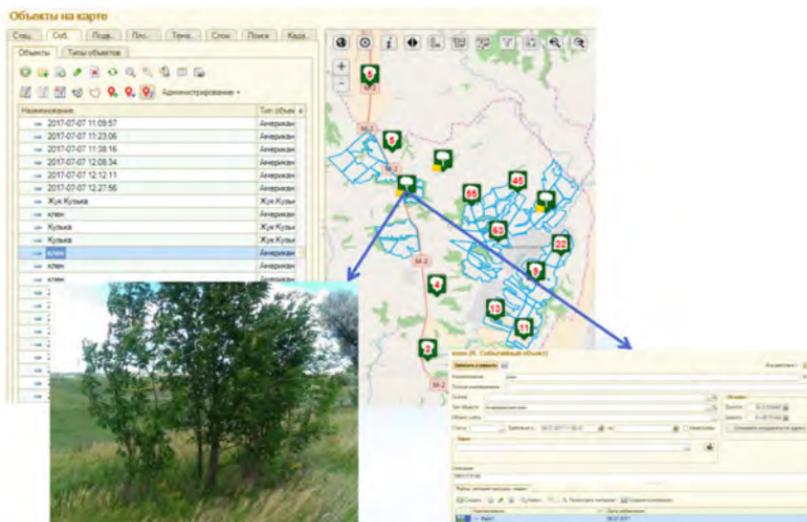


Рисунок 2.25 – Карта расположения американского клена

Также при облетах были обнаружены свалки (рис. 2.26, 2.27).



Рисунок 2.26 – Обнаруженные свалки на полях хозяйства

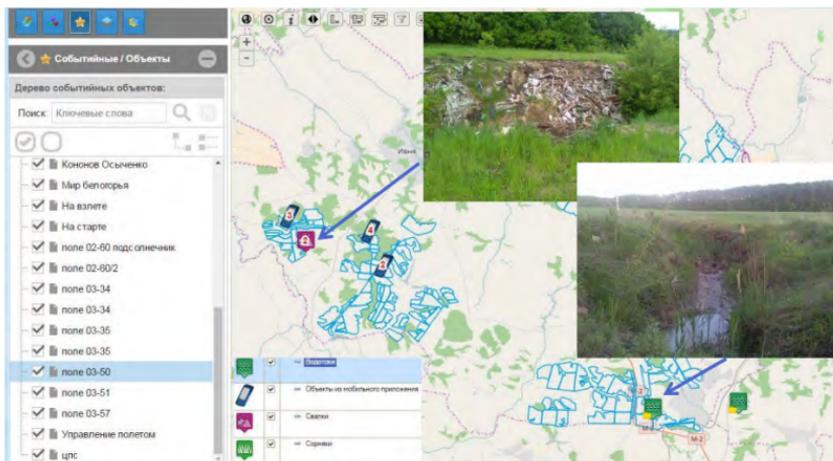


Рисунок 2.27 – Обозначение свалок на карте хозяйства

При проведении уборочных работ также использовалось дистанционное зондирование земли (рис. 2.28).

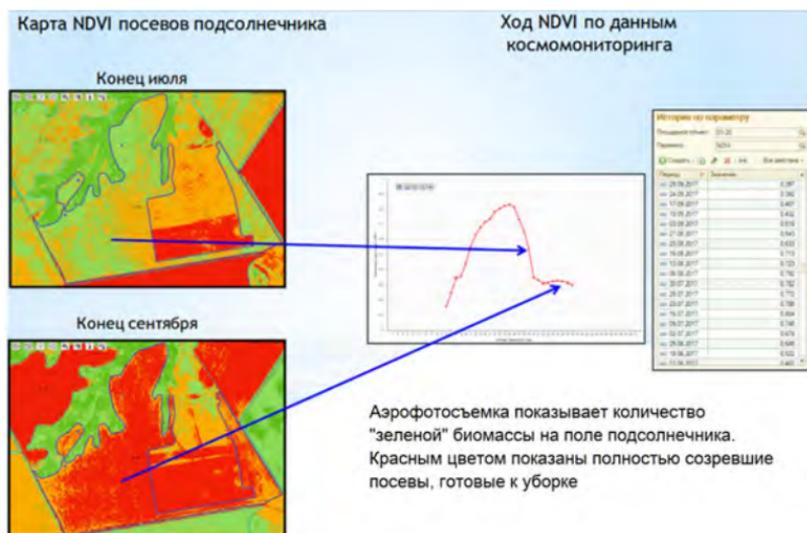


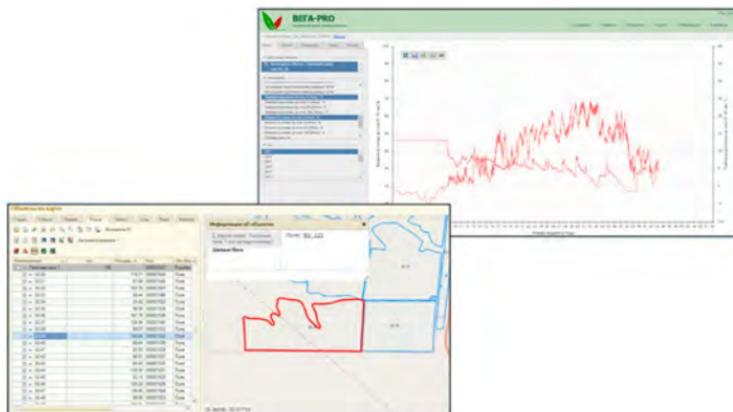
Рисунок 2.28 – Мониторинг состояния посевов для определения дат уборки

Контроль уборочных работ проводился в режиме реального времени с использованием квадрокоптера, оборудованного комплексом видеонаблюдения (рис. 2.29).



Рисунок 2.29 – Видеомониторинг за ходом полевых работ

Далее проводилось планирование посевных работ. Определялись температура и влажность почвы на основе данных космомониторинга с целью планирования сроков проведения посевных работ (рис. 2.30).



*Рисунок 2.30 – Результаты определения температуры и влажности почвы*

Проводился комплекс аэрофотосъемочных работ по посевам озимой пшеницы (рис. 2.31).



*Рисунок 2.31 – Аэрофотоснимки*

Определялись зоны на полях с угнетенными всходами (рис. 2.32).



Рисунок 2.32 – Сопоставление аэрофотоснимков всходов для анализа всхожести

Проводилось формирование тематической карты посевов на основе документов оперативного планирования и планирование валового сбора в разрезе полей (рис. 2.33).

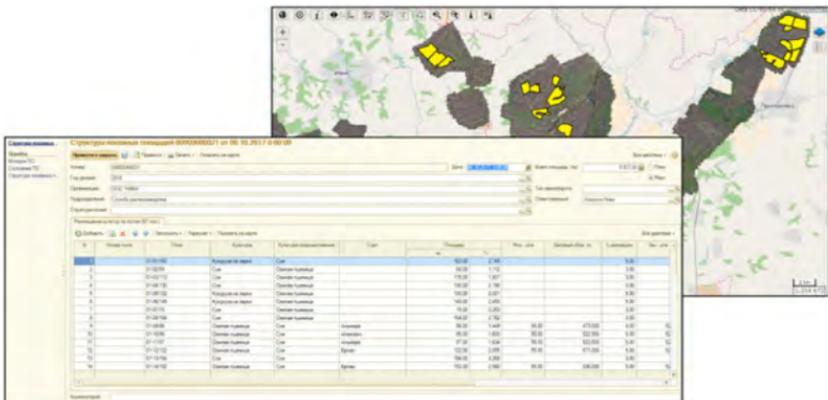


Рисунок 2.33 – Тематическая карта посевов

### 2.4.3. Применение беспилотных систем в Краснодарском крае

С целью освоения новых технологий выращивания, сохранения и уборки урожая Центр прогнозирования и мониторинга (Кубанский ГАУ) при участии Государственного университета по землеустройству (г. Москва) совместно с ВНИИ риса (пос. Белозерный Краснодарского края) проводит мероприятия по привлечению и объединению передовых коллективов к участию в опытно-экспериментальных работах. В том числе работы, связанные с дистанционным мониторингом посевных площадей на основе применения БПЛА.

Материалы видео- и фотосъемки позволяют:

– создавать цифровые карты полей в виде ортофото- и векторных планов (рис. 2.34);

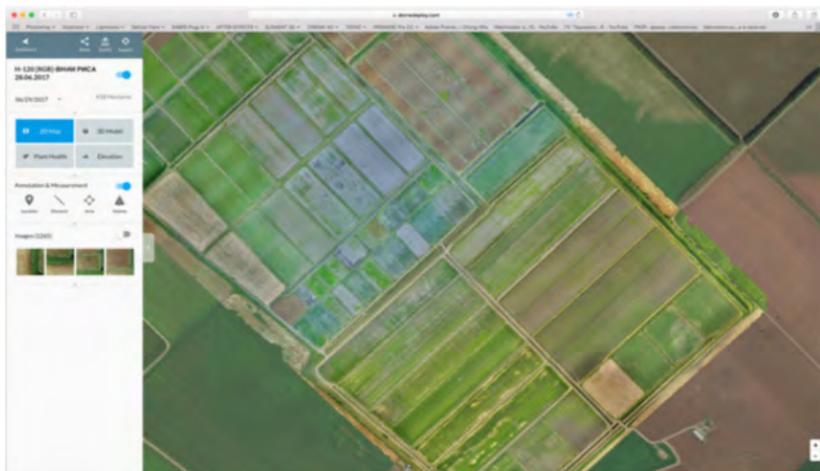
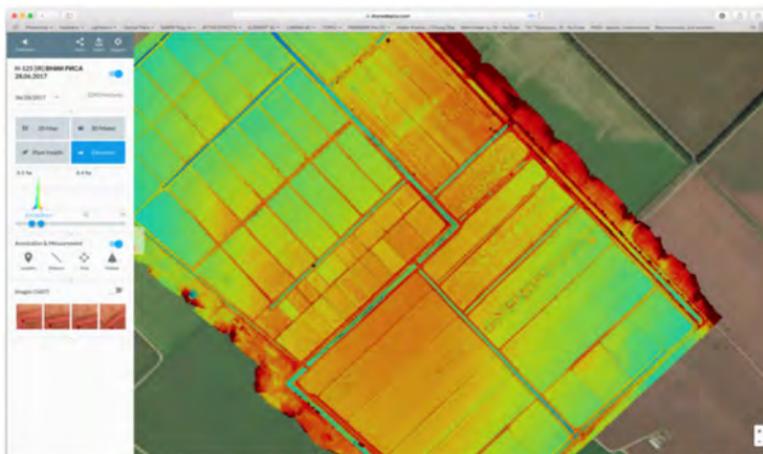


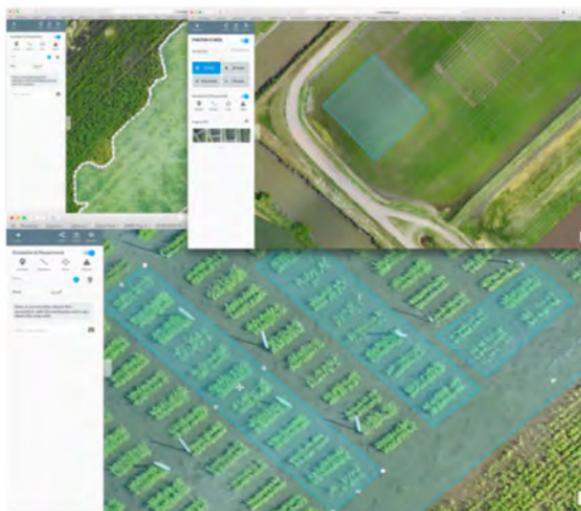
Рисунок 2.34 – Ортоплан территории рисовых чеков ВНИИ риса  
(по материалам аэрофотосъемки, июль 2017 г., С. И. Скубиев)

– создавать карту уклонов полей (рис. 2.35);



*Рисунок 2.35 – Карта уклонов посевных площадей рисовых чеков ВНИИ риса (по материалам аэрофотосъемки, июнь 2017 г., С. И. Скубиев)*

– определять площади контуров (рис. 2.36);



*Рисунок 2.36 – Фрагменты ортоплана экспериментальных участков ВНИИ риса (векторизация контуров и определение их площадей; изготовлен по материалам аэрофотосъемки, июль 2017 г., С. И. Скубиев)*

– определять индекс NDVI (рис. 2.37);



*Рисунок 2.37 – Вегетационный индекс растительного покрова посевных площадей рисовых чеков ВНИИ риса (по материалам аэрофотосъемки RGB и NIR, начало июля 2017 г., С. И. Скубиев)*

- проводить инвентаризацию сельхозугодий;
- вести оперативный мониторинг состояния посевов (БПЛА позволяют быстро и эффективно строить карты по всходам, рисунок 2.38);



*Рисунок 2.38 – Всходы посевов риса (видеосъемка в конце июня 2017 г., С. И. Скубиев)*

- оценивать всхожесть сельскохозяйственных культур и их развитие;
- прогнозировать урожайность с.-х. культур;
- вести экологический мониторинг с.-х. земель;
- оценивать объемы работ и контролировать их выполнение (рис. 2.39).



*Рисунок 2.39 – Заполнение чеков водой (середина июня 2018 г., С. И. Скубиев)*

Водопотребление риса гораздо выше, чем у других сельскохозяйственных культур и требует наличия искусственных водоемов и густой сети оросительно-сбросных каналов, а также определенной организации полей. Это оказывает влияние на гидрологическое состояние территории. Использование ядохимикатов и удобрений ухудшает физико-химические характеристики почвы, воды и атмосферного воздуха над водохозяйственными системами. Оперативное получение информации о важнейших характеристиках этих систем, занимающих огромные площади, без применения дистанционных методов невозможно. В течение длительного периода широко используются установленные на космических спутниках мультиспектральные камеры, позволяющие информацию о состоянии растительного покрова фиксировать в отдельных частях спектра электромагнитного излучения. Эта информация помогает делать работу агронома более оперативной и целенаправленной. Появилась возможность применять такие камеры и на беспилотниках.

С помощью мультиспектральной камеры осуществляется многозональная съемка. При этом формируются одновременно несколько

изображений одной и той же территории в различных зонах спектра электромагнитного излучения, в том числе и в невидимой для глаз части. Различные комбинации этих изображений позволяют выявить процессы и явления, которые сложно или невозможно определить на снимке в видимом диапазоне спектра.

Дистанционное зондирование с целью оценки состояния сельскохозяйственных угодий и посевных площадей на территории Краснодарского края ведется с разной степенью интенсивности в течение десятилетий. Наиболее активный период работ пришелся на середину 1980-х гг. С появлением на рынке доступных беспилотных летательных аппаратов с каждым годом стал возрастать спрос на их применение в сельском хозяйстве для сбора, обработки и анализа необходимой информации. С 2015 г. такая работа проводится на экспериментальных площадях (рис. 2.40) ВНИИ риса, расположенных в районе пос. Белозерный (в западном направлении от г. Краснодара).



*Рисунок 2.40 – Расположение экспериментальных участков полей ВНИИ риса*

В 2018 г. на полях ВНИИ риса в качестве эксперимента проводился дистанционный мониторинг состояния всходов риса, посевы которого были выполнены на выделенных участках двумя разными моделями сеялок: СН-16 и КЛЕН-1.5П (рис. 2.41).



*Рисунок 2.41 – Модели сеялок: СН-16 (слева); КЛЕН-1.5П (справа)*

Селекционная сеялка КЛЕН-1.5П имеет электромеханический высевающий аппарат, позволяющий в автоматическом режиме производить посев и выгрузку оставшихся семян.

Использовался сорт риса Фаворит. Длина участка составляла 80 м, норма высева семян – 180 кг/га.

Фото всходов на 60-й день после посева представлены на рисунке 2.42.



*а*

*б*

*Рисунок 2.42 – Фото всходов риса на 60-й день (15.07.2018) после посева сеялкой:*

*а – СН-16; б – КЛЕН-1.5П.*

Проводились наземные измерения подсчета количества всходов на 1 м и их высоты (рис. 2.43).

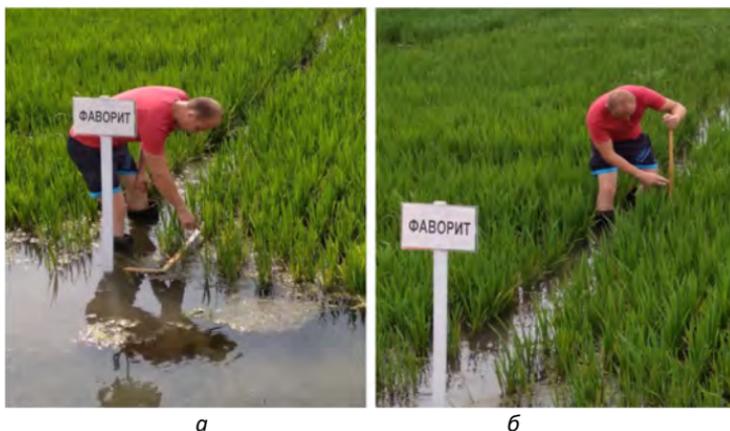


Рисунок 2.43 – Фото наземных измерений:  
 а – количества всходов на 1 м;  
 б – высота всходов.

Сравнительный анализ качественных показателей посева сеялками СН-16 и КЛЕН-1.5П представлен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Сравнительные результаты показателей посева сеялками

Показатель	Среднее значение $\bar{x}$	Стандартное отклонение $S$	Коэффициент вариации $v, \%$	Ошибка выборочной средней $S_{\bar{x}}$	Относительная ошибка выборочной средней $S_{\bar{x}}\%$
<b>Сеялка СН-16</b>					
Количество всходов на 1 м, шт.	43,6	7,4	17,0	0,8	1,9
Высота всходов, мм	51,8	3,7	7,1	0,4	0,7
<b>Сеялка КЛЕН-1.5П</b>					
Количество всходов на 1 м, шт.	67,1	4,0	6,0	0,4	0,7

Продолжение табл. 2.1

Показатель	Среднее значение $\bar{x}$	Стандартное отклонение $S$	Коэффициент вариации $v, \%$	Ошибка выборочной средней $S_{\bar{x}}$	Относительная ошибка выборочной средней $S_{\bar{x}}\%$
Высота всходов, мм	60,1	3,9	6,5	0,4	0,6

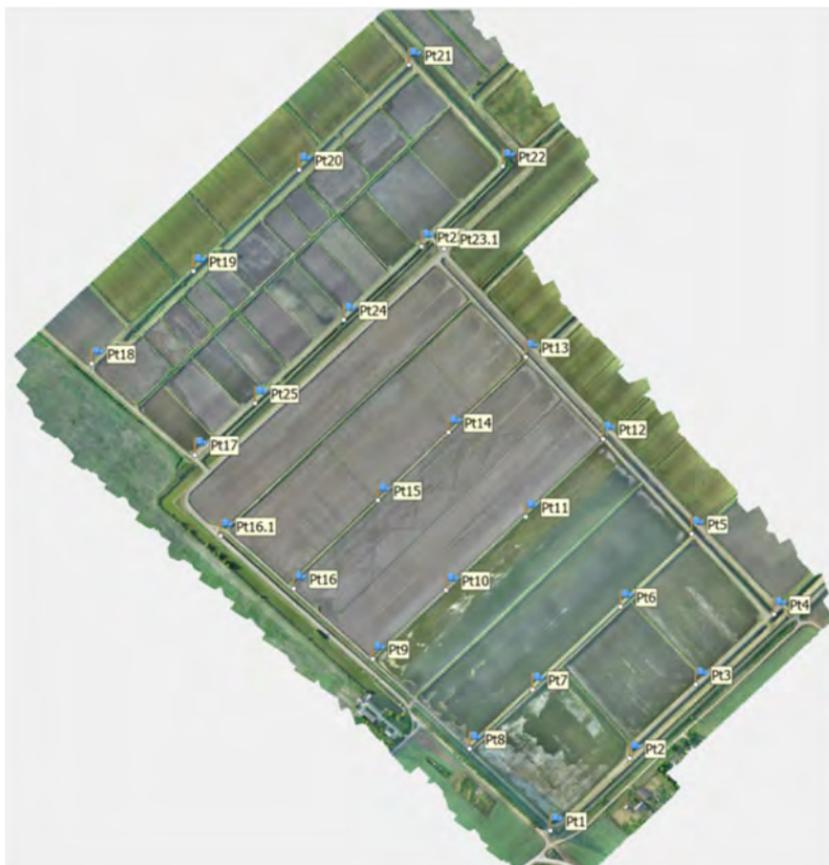
Для отслеживания развития риса в процессе вегетации и сравнения результатов, полученных наземными измерениями, использовался беспилотный летательный аппарат DJI Phantom 4 PRO.

Был разработан график полетов: в какие дни, какое время суток, с какой периодичностью необходимо осуществлять аэрофотосъемочные работы. Перед всходами (25 мая 2018 г.) была сделана топографическая аэрофотосъемка и построен ортофотоплан с точностью 2 см в плане и по высоте (рис. 2.44). Для его построения были использованы наземные опорные точки (около 30), которые, в свою очередь, были закреплены маркировочными знаками по всей территории экспериментальных участков. Координаты опорных точек были определены с помощью приемника GNSS Ascnovo GX9 в режиме RTK с точностью 10 мм в плане и 20 мм по высоте.

Ортофотоплан (точнее, его 3-мерная модель), в дальнейшем использовался как первичный слой с уровнем открытой почвенной поверхности, относительно которой определялась высота растительного покрова на определенных этапах своего развития (рис. 2.45). Для этих целей выполнялся комплекс работ, связанный с аэрофотосъемкой всходов растительности и получением цифрового картографического материала и 3-мерных моделей.

В дальнейшем видео- и аэрофотосъемку весеннего периода можно проводить для целей выявления вторичного засоления почвенного покрова, которое проявляется после первого заполнения чехов и спуска воды (рис. 2.46).

Следующая аэрофотосъемка для оценки всходов посевных площадей была проведена 3 июля 2018 г. (рис. 2.47).



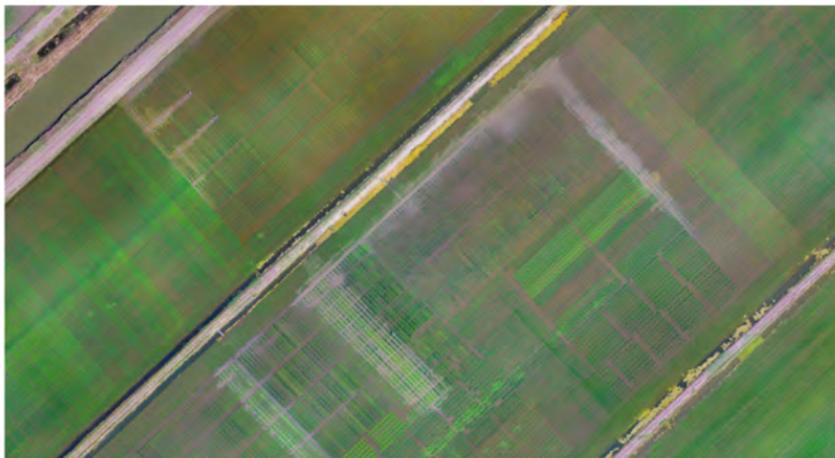
*Рисунок 2.44 – Ортофотоплан экспериментальных участков ВНИИ риса  
(по материалам аэрофотосъемки 28.05.2018 г., С. И. Скубиев)*



*Рисунок 2.45 – 3D-модель территории чековых полей ВНИИ риса  
(по материалам аэрофотосъемки 28.05.2018 г., С. И. Скубиев)*



*Рисунок 2.46 – Вторичное засоление почвенного покрова рисовых полей  
(аэрофотосъемка 28.05.2018 г., С. И. Скубиев)*



*Рисунок 2.47 – Всходы посева риса (фрагмент ортофотоплана, построенного по материалам аэрофотосъемки 03.07.2018 г., С. И. Скубиев)*

По материалам аэрофотосъемки специалисты-агрономы могут оценивать состояние и равномерность всходов и при необходимости принимать меры по устранению неблагоприятных причин, оказывающих негативное влияние на растения.

Впоследствии были проведены серии видео- и аэрофотосъемочных работ, вплоть до уборки урожая, в том числе и в невидимой области спектра.

Съемка всходов, показанная на рисунках 2.48 и 2.49, была произведена на 58-й день после посевов.

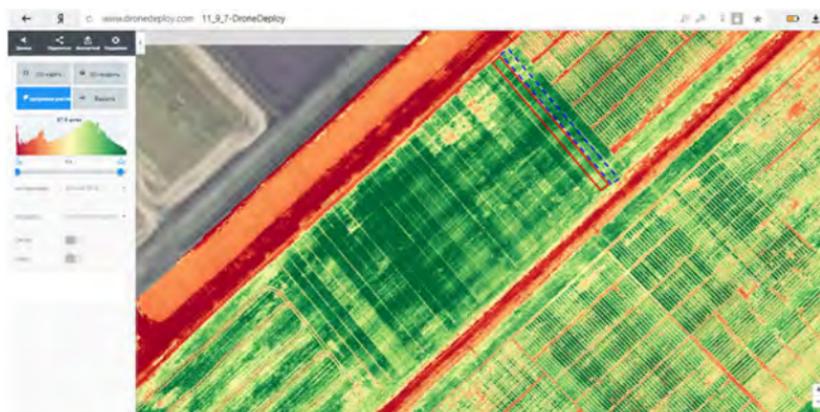
На рисунке 2.50 показан пример построения продольного профиля в ГИС-приложении Global Mapper 19.1. Для определения высоты растений на опытных участках использовалась трехмерная цифровая модель (высоты определены относительно уровня моря).

Верхняя и средняя кривые линии соответствуют поверхности растительного покрова в разной стадии вегетации, нижняя – это уровень поверхности почвенного покрова (приблизительно соответствует 16,5 м над уровнем моря).

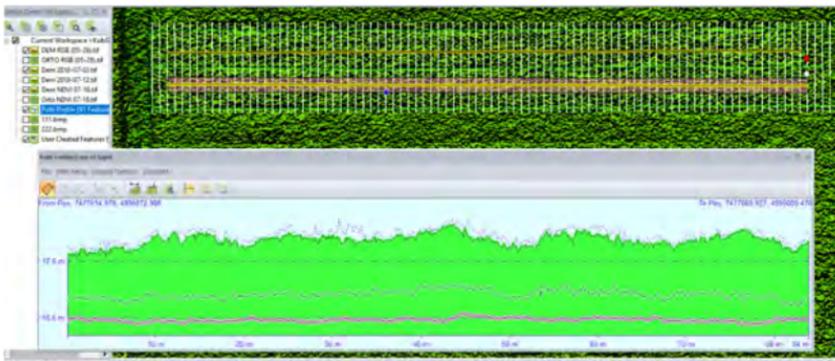
Определение высоты растения в конкретной точке створа линии заданного направления с помощью программы Global Mapper (рис. 2.51).



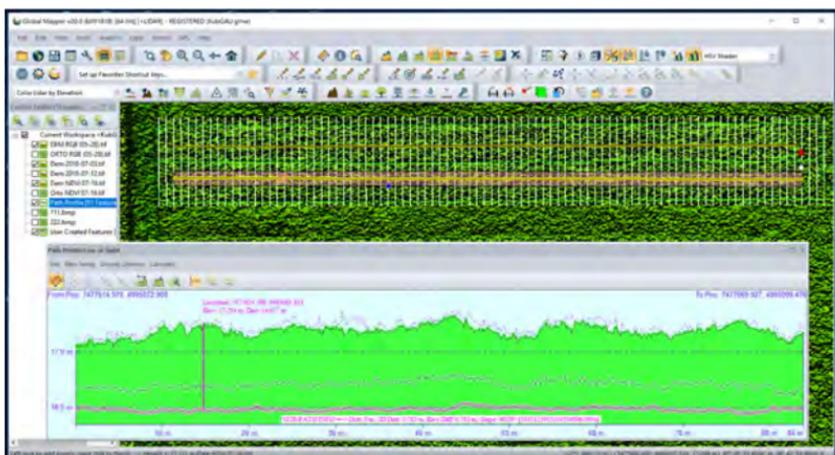
*Рисунок 2.48 – Всходы риса на делянках, засеянных сеялками СН-16 (пунктир) и КЛЕН-1.5П (сплошная линия, аэрофотосъемка 12.07.2018 г.)*



*Рисунок 2.49 – Отображение всходов риса (определение индекса Plant Health в программе DroneDeploy)*



*Рисунок 2.50 – Продольный профиль растительного покрова (03.07.2018 г., С. И. Скубев)*



*Рисунок 2.51 – Определение на кривой высоты точки, соответствующей высоте растения 0,783 м, в конкретном месте относительно уровня моря и поверхности почвы*

Для обработки полученных в программе DroneDeploy изображений Plant Health двух участков, засеянных разными сеялками (рис. 2.52), использовалась программа Mathcad 15.

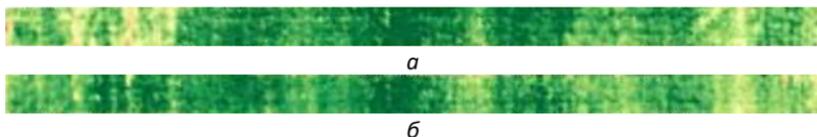
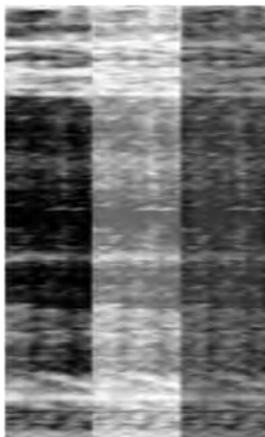


Рисунок 2.52 – Изображения Plant Health участков, засеянных сеялками СН-16 (а); КЛЕН-1.5П (б)

Алгоритм обработки изображений в виде фотографий с расширением **jpg** заключался в следующем. Находили **M := READRGB (d:\СН.jpg)**, присвоив идентификатор «**M**».

Далее выполнялась оцифровка фотографии с помощью оператора **READRGB**. В результате получили массив, состоящий из трех подмассивов, которые представляют красный, зеленый и синий компоненты цветного изображения, плотность каждого из которых находится в пределах от 0 до 255 (рис. 2.53).



**M**

Рисунок 2.53 – Массив идентификатора **M**

Общее количество столбцов в массиве **M**: **cols (M) = 90**.

Число столбцов в массиве цвета:

$$w := \frac{\text{cols (M)}}{3} = 30.$$

Число строк общее: **rows (M) = 637**.

Рассмотрим матрицу G зеленого цвета, так как она наиболее наглядно указывает разницу цветов, отображающих фазу развития растений.

Оператором `submatrix` выделяем из массива M массив G, несущий информацию плотности зеленого цвета. После этого определяем размеры полученного массива G.

Применяя оператор `cols` (G) и `rows` (M), определим размеры полученного массива G.

```
G := submatrix (M, 1, rows (M), w + 1, 2 · w);
zр := mean (G) – среднее значение плотности G;
zр = 169.113;
nі := rows (G);
nј := cols (G);
nі := 637;
nј := 30.
```

Получили плотность массива зеленого цвета и элементы цифровой матрицы (табл. 2.2).

Таблица 2.2 – Матрица

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1	229	228	231	226	229	231	235	238	235	222	205	186	169	
2	222	220	226	223	228	233	236	240	237	227	213	197	179	
3	221	219	226	225	229	234	236	236	236	232	221	204	195	
4	229	223	226	226	233	238	235	236	239	242	239	221	221	
5	225	212	215	222	229	234	231	227	235	242	240	231	229	
6	234	219	202	206	219	227	225	221	227	235	239	227	239	
G =	7	222	205	194	190	202	213	208	206	205	205	202	208	202
	8	222	203	200	198	206	211	204	197	191	183	179	176	167
	9	230	212	211	215	215	203	189	176	166	158	157	139	138
	10	236	220	212	214	208	196	176	159	145	135	132	138	136
	11	228	211	199	196	192	184	167	150	130	118	114	136	130
	12	212	188	183	182	182	178	169	151	135	128	130	143	137
	13	201	175	177	179	179	173	164	150	137	141	151	160	160
	14	194	189	180	189	181	173	174	167	155	146	152	178	...

Оператором `submatrix` выделяли в данном массиве G наиболее ярко выраженные места по плотности зеленого цвета, близкие к максимуму 255, соответствующему менее развитым растениям. Получили массив G1:

$$G1 = \begin{pmatrix} 250 & 255 & 255 & 255 & 248 \\ 249 & 255 & 255 & 255 & 249 \end{pmatrix}. \quad (2.1)$$

Далее определяли среднее значение кода плотности (KOL) светлого цвета в массиве G1 и количество пикселей, находящихся в выбранном диапазоне. Зная размеры матрицы, определяли процентное содержание растений, отстающих по развитию в данный вегетативный период (на основании данных Plant Health программы DroneDeploy).

Таким образом, полученные результаты показывают меньшее в 2,5 раза количество отстающих по развитию растений на участке, засеянном сеялкой КЛЕН-1.5П.

Это может быть связано с улучшением качественных показателей посева сеялкой КЛЕН-1.5П (равномерная глубина заделки и распределение семян по площади питания с одновременным прикатыванием, использование электромеханического высевающего аппарата и др.).

Анализ развития растений в программе Global Mapper 19.1 подтверждает полученные данные. На рисунке 2.54 холодные тона характеризуют менее высокий растительный покров, теплые тона – более высокий. В целом, судя по тональности, на нижнем участке растительность более развита.

Следует отметить возможность программы, связанную с определением площадей участков растительного покрова в установленных диапазонах колебания высот. На рисунке 2.55 показаны границы участков растительного покрова средних уровней высот, разность которых (для оптимального визуального восприятия) составляет 10 см. Уменьшение разности высот приводит к естественному увеличению количества контуров и сокращению их площади. Возможность определения площадей растительного покрова с разным уровнем развития стеблестоя позволяет выходить на более точные прогнозы сбора урожая.

На рисунке 2.56 представлены в сравнительном аспекте показатели высоты растений в абсолютных значениях, полученных в программе Global Mapper 19.1.

Уборка урожая на засеянных участках осуществлялась 10 октября 2018 г. комбайном DKC 685.

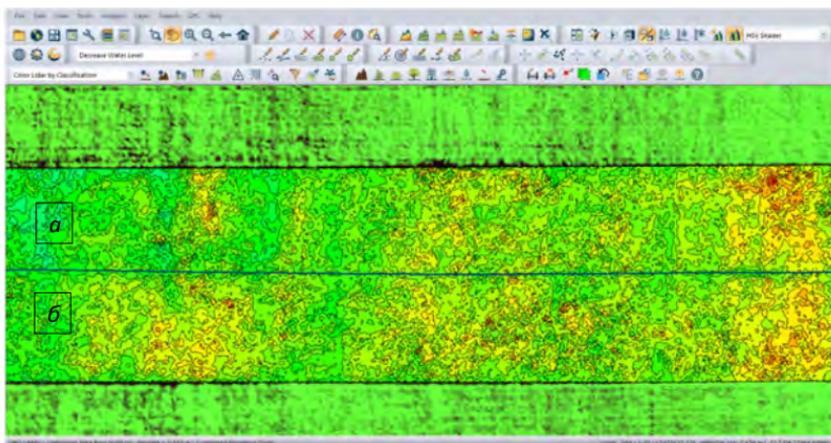


Рисунок 2.54 – Развитие растений на участках, засеянных разными сеялками: а – СН-16; б – КЛЕН-1.5П.

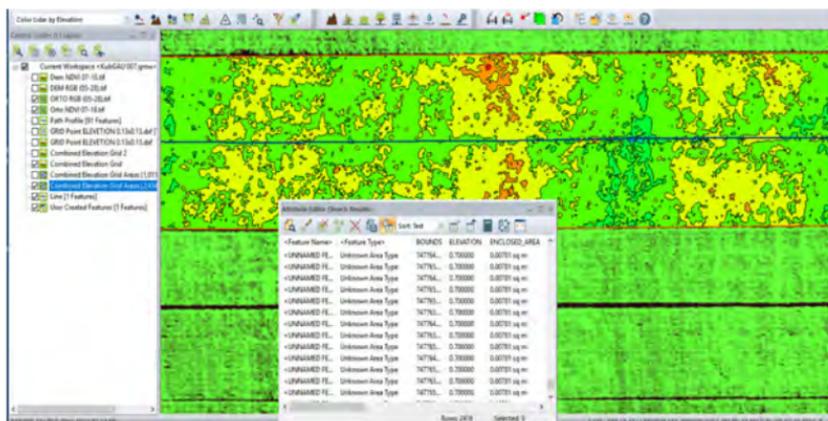
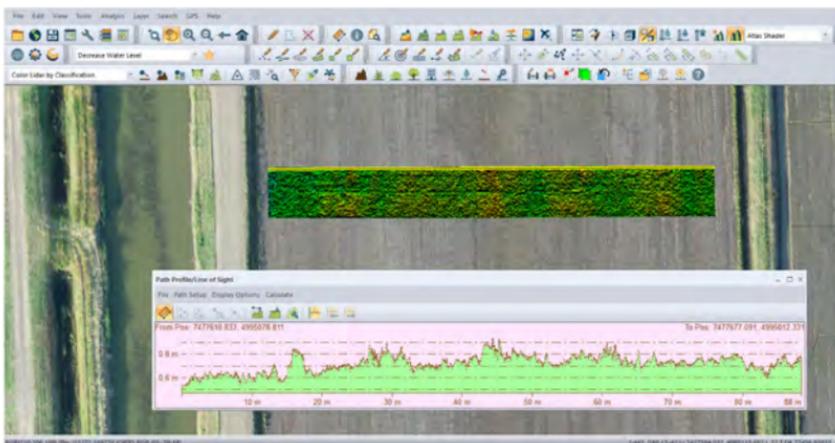
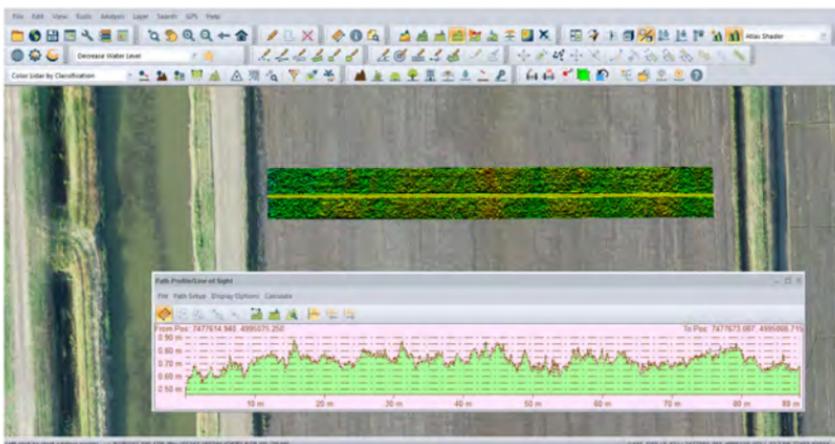


Рисунок 2.55 – Определение площадей посевов с разным уровнем развития стеблестоя



а



б

Рисунок 2.56 – Сравнение высоты растений на участках, засеянных сеялками: СН-16 (а); КЛЕН-1.5П (б)

Сравнивая результаты статистической обработки данных высоты стеблей риса перед уборкой, можно заметить, что этот показатель у риса, посеянного сеялкой КЛЕН-1.5П, на 2% больше, по длине мел-телки – на 6% (табл. 2.3).

Таблица 2.3 – Результаты статистической обработки данных высоты стеблей и длины метелки риса перед уборкой

Сеялка	Статистические показатели									
	среднее арифметическое значение $\bar{X}$ , см		стандартное отклонение $S$ , см		коэффициент вариации $v$ , %		ошибка выборочной средней $S_{\bar{x}}$ , см		относительная ошибка выборочной средней $S_{\bar{x}}\%$	
	Высота стеблей	Длина метелки	Высота стеблей	Длина метелки	Высота стеблей	Длина метелки	Высота стеблей	Длина метелки	Высота стеблей	Длина метелки
СН-16	93	17	6	0,7	6	4	0,6	0,2	0,6	0,2
КЛЕН-1.5П	95	18								

Обобщая результаты сравнительного анализа качественных показателей работы сеялок при посеве риса с использованием дистанционного зондирования земли, можно резюмировать, что после посева сеялкой КЛЕН-1.5П по сравнению с СН-16 сократилось время посева одного прохода на 12%; время выгрузки семян из бункера – на 24%; увеличилось количество всходов на 1 м на 53% при одной норме высева семян; высота растений – на 17% (перед уборкой – на 2%); длина метелки перед уборкой – на 6%; урожайность – на 12 ц/га.

Предложен алгоритм выявления неоднородностей и анализа полученных результатов. Полученные площади продольных участков между поверхностью поля и кривой, соединяющей наивысшие точки растений, определенные в программах Global Mapper и КОМПАС-3D, показывают превышение в 2,3 раза на участке, засеянном моделью КЛЕН-1.5П. Сравнение поперечных участков на каждом метре выявило также превышение площадей в 5 раз. При обработке изображений Plant Health, полученных в программе DroneDeploy, предложен алгоритм для определения среднего значения кода плотности тона изображения в массиве и количества пикселей, находящихся в выбранном диапазоне (алгоритм выявления неоднородностей). Зная размеры матрицы, определяли процентное содержание растений, отстающих по развитию в данный вегетативный период. Результаты показывают меньшее количество (в 2,5 раза) отстающих по развитию растений на

участке, засеянном сеялкой КЛЕН-1.5П. Полученные данные позволяют прогнозировать будущую урожайность с использованием результатов съёмки БПЛА.

#### **2.4.4. Альтернативное применение беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве**

Японский беспилотник Yamaha R-Max был спроектирован еще в 1990-х гг., в 2014 г. компания совместно с Калифорнийским университетом презентовала вертолет-дрон, разработанный специально для опрыскивания виноградников (рис. 2.57).



*Рисунок 2.57 – Беспилотный вертолет Yamaha R-MAX для опрыскивания виноградников*

Беспилотник может переносить груз до 28 кг. Благодаря двухцилиндровому мотору дрон может летать со скоростью 105 км/ч, а запаса батареи ему хватает на 1 ч. Машина оснащена двумя емкостями и тремя форсунками, поэтому может сразу распылять пестициды и удобрения. Для заправки используют смесь бензина и масла. Yamaha R-Max лишь наполовину автономный: им нужно управлять, но он может сохранять высоту и темп, а кроме того, держаться в воздухе на одном месте без помощи оператора.

Коптер-опрыскиватель ОСА от компании «Бозон Аэро» представлен на рисунке 2.58а.

Он имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционным опрыскиванием:

- не требует наличия технологических проездов на поле;
- не требует наличия поблизости взлетно-посадочных полос;
- не уплотняет почву;
- производительность – 3–4 га/ч;
- эффективен для обработки полей со сложным рельефом и рисовых полей;
- экономия препарата;
- экономия ГСМ;
- сокращение времени обработки.

Дрон Agri OPTiM – проект Университета Сага и компании Optim, который позволяет сократить использование инсектицидов (рис. 2.58б). Беспилотник совершает вылет в ночное время суток по заранее определенному маршруту. При помощи инфракрасных и тепловых камер он определяет места, в которых скапливается большое количество насекомых, и уничтожает их небольшими дозами инсектицида. Такой способ значительно снижает вредное воздействие химикатов на растения. Кроме этого, для борьбы с вредителями беспилотник может использовать светящиеся электрические ловушки. Тестирования показали, что дрон способен уничтожить приблизительно 50 видов различных вредителей.



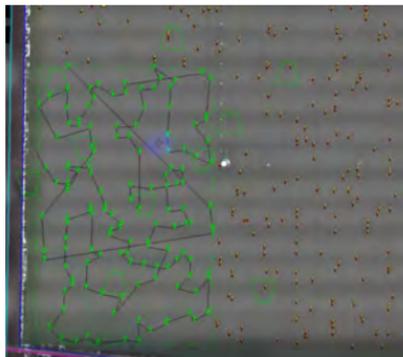
Рисунок 2.58 – Беспилотник:  
а – для опрыскивания посевов; б – для уничтожения вредителей.

В Краснодарском крае проводится экспериментальная работа по определению мест расположения мышиных колоний с использованием аэрофотосъемки и точечному внесению ядохимикатов средствами БПЛА (рис. 2.59).

По результатам анализа создаются карты-задания. Далее строится оптимальный маршрут для воздушной обработки поля (рис. 2.60).



*Рисунок 2.59 – Карта с местами расположения мышиных колоний*



*Рисунок 2.60 – Построение оптимального маршрута полета для дрона*

После загрузки полетного задания осуществляется точечное внесение ядохимикатов в мышиные норы (рис. 2.61).



*Рисунок 2.61 – Точечное внесение ядохимикатов*

### ***Вопросы для самопроверки***

1. Методы и средства дистанционного зондирования в сельском хозяйстве.
2. Исторические аспекты использования спутников в сельском хозяйстве.
3. Классификация беспилотных летательных аппаратов.
4. Как получается фотографическая схема?
5. Что такое ортофотоплан?
6. Определение беспилотной авиационной системы.
7. Особенности проксимального почвенного зондирования.
8. Основные сегменты рынка гражданского применения беспилотных авиационных систем.
9. Максимальная взлетная масса беспилотных гражданских воздушных судов, подлежащих учету, установленному Правительством РФ.
10. Альтернативное применение беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве.

## 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ПОЛЕЙ И ЛОКАЛЬНЫЙ ОТБОР ПРОБ В СИСТЕМЕ КООРДИНАТ

### 3.1. Электронные карты полей

Анализ и оценка состояния сельскохозяйственных угодий являются основой точного земледелия и предполагают сбор, хранение, обработку и анализ огромного количества информации, привязанной к конкретным участкам земли. Одним из лучших способов организации информации о сельскохозяйственных угодьях является электронная карта (рис. 3.1) и привязанная к ней база данных.

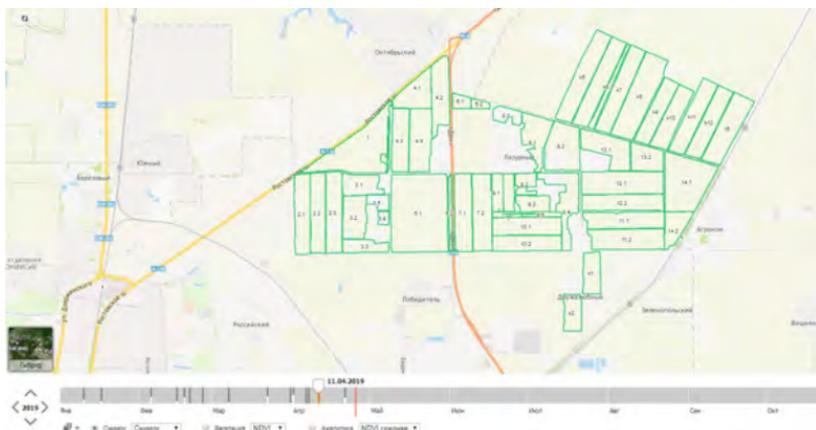


Рисунок 3.1 – Электронная карта полей учебно-опытного хозяйства «Краснодарское» Кубанского ГАУ

При составлении многослойных электронных карт полей, помимо слоя, отображающего с заданной точностью границы полей, дорожную сеть и населенные пункты, вносится вся информация о рельефе, состоянии почвы на том или ином участке, внесении удобрений и средств защиты растений, севооборота, урожайности и влажности зерна по годам и т. д.

Электронные карты бывают *растровыми* (рис. 3.2) и *векторными* (рис. 3.1). *Растровая* представляет собой цифровое изображение, получаемое путем сканирования обычной бумажной карты, т. е. является

ее копией. Особенность такой карты в том, что сканируемый файл имеет большой объем, и внести в него какие-либо новые данные, кроме отображения, практически невозможно.



Рисунок 3.2 – Растровая карта хозяйства

*Векторная карта* представляет собой базу данных, в которой хранится информация об объектах карты в виде их графического (геометрического) и атрибутивного (семантического) описания. Атрибутивное описание включает в себя такие данные, как высота дерева, ширина дороги, скорость течения реки, название населенного пункта, улицы, адрес дома и тому подобное, графическое – определяет контуры объектов (в общем случае криволинейные), представляя их, как правило, ломаными линиями, цвета, стили линий для линейных объектов и характер заполнения для площадных.

Электронные схемы полей создаются следующими способами: *выездом по периметру поля с навигационным оборудованием* (более точный и корректный метод); *обрисовкой контуров полей по космоснимку или по результатам облета дроном*, увязанных с координатами (более оперативный метод); *считыванием контуров полей с бортовых терминалов сельхозтехники и комбинированный метод* (электронная карта, созданная по космическим снимкам или снимкам с БПЛА, корректируется с помощью высокоточного GPS-приемника с выездом в поле).

Электронная карта полей создается один раз и со временем становится все более детальной (по мере насыщения базы данных, добавления новых объектов и рабочих пометок на карту). Данные по севообороту также можно ежегодно корректировать (рис. 3.3).

№ п/п	Наименование	Площадь, га	2019	2018	2017	2016	2015	2014
1	Пшеница озимая	117,00	Пшеница озимая					
2	Пшеница озимая	72,00	Пшеница озимая					
3	Пшеница озимая	52,00	Пшеница озимая					
4	Пшеница озимая	42,00	Пшеница озимая					
5	Пшеница озимая	32,00	Пшеница озимая					
6	Пшеница озимая	22,00	Пшеница озимая					
7	Пшеница озимая	12,00	Пшеница озимая					
8	Пшеница озимая	2,00	Пшеница озимая					
9	Пшеница озимая	12,00	Пшеница озимая					
10	Пшеница озимая	22,00	Пшеница озимая					
11	Пшеница озимая	32,00	Пшеница озимая					
12	Пшеница озимая	42,00	Пшеница озимая					
13	Пшеница озимая	52,00	Пшеница озимая					
14	Пшеница озимая	62,00	Пшеница озимая					
15	Пшеница озимая	72,00	Пшеница озимая					
16	Пшеница озимая	82,00	Пшеница озимая					
17	Пшеница озимая	92,00	Пшеница озимая					
18	Пшеница озимая	102,00	Пшеница озимая					
19	Пшеница озимая	112,00	Пшеница озимая					
20	Пшеница озимая	122,00	Пшеница озимая					

*Рисунок 3.3 – Данные по севообороту учебно-опытного хозяйства «Краснодарское» Кубанского ГАУ (сезон 2019 г.)*

Если в хозяйстве уже создана карта полей, то ее следует использовать при выполнении полевых работ (что удешевляет работу) и при подготовке картограмм агрохимических свойств почв (рис. 3.4).

Преимущество электронной векторной карты полей по сравнению с «бумажной» в том, что каждый ее объект полностью автономен. Он может редактироваться отдельно от других объектов, и к каждому из них может быть привязан широкий ряд характеристик. Структурированная таким образом информация (в специальном программном обеспечении) является основой для создания современной системы управления сельским хозяйством.

Электронная карта – это средство инвентаризации земель, определяющее ресурсный потенциал земель хозяйств и позволяющее точно рассчитать нормы расхода топливосмазочных материалов, нормы внесения удобрений и средств защиты растений (СЗР) в зависимости от площади. При составлении карт качества почв отдельных полей можно ввести дифференцированное внесение СЗР и удобрений в различных частях поля, что позволяет значительно сэкономить на этом агроприеме и не

перенасыщать почву. Карта дает возможность вести паспорта полей и севооборот хозяйства, подсчитать нужное количество семенного материала, осуществлять мониторинг техники и определять не только расход топлива, но и эффективность использования рабочего времени и др.



*Рисунок 3.4 – Карта полей учебно-опытного хозяйства «Краснодарское» Кубанского ГАУ с отмеченными треками отбора почвенных образцов*

Электронная карта полей определяет реальные границы и площади сельхозугодий, что, в свою очередь влияет на расчет необходимых удобрений и учет урожая. Разница между реальным размером сельхозугодий и размером, известным агроному или руководителю, может составлять до 20%.

## **3.2. Агрохимические обследования и законодательная база**

*Агрохимический анализ почвы* проводится с целью определения степени ее обеспеченности основными элементами минерального питания, установления ее механического состава, водородного показателя

теля и степени насыщения органическим веществом, т. е. тех элементов, которые определяют уровень плодородия. Он отражает состояние почвы по следующим основным показателям:

– *бактериологические*: индекс БГКП (бактерии группы кишечной палочки, количество на 1 г почвы), индекс энтерококков (количественное содержание бактерий рода энтерококки в 1 г почвы), патогенные бактерии, в том числе сальмонеллы;

– *макроэлементы*: подвижный фосфор, обменный калий, азот нитратов, азот аммонийный;

– *микроэлементы*: кобальт, марганец, медь, железо, молибден, цинк, никель;

– *токсичные элементы*: кадмий, свинец, хром, ртуть, мышьяк, бензапирен, нефтепродукты;

– *агрохимические*: рН-кислотность, органическое вещество, гранулометрический состав, гидролитическая кислотность, сумма поглощенных оснований, содержание нитратов.

Нормативно-правовой базой землепользования и управления плодородием почв является Федеральный закон № 101-ФЗ от 16 июля 1998 г. «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» Законом определяются основные направления государственного регулирования в области плодородия земель:

1) правила государственного учета показателей состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения;

2) правила представления собственникам, владельцам и пользователям земельных участков информации о состоянии плодородия их участков;

3) положение о государственном контроле воспроизводства плодородия земель сельскохозяйственного назначения;

4) порядок лицензирования деятельности по агрохимическому сервису;

5) порядок государственного нормирования состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения;

6) порядок подготовки национального доклада о состоянии плодородия земель сельскохозяйственного назначения, мерах государственной поддержки и государственного регулирования в области обеспечения плодородия земель этого типа.

В дополнение к этому принято Положение о государственной агрохимической службе Министерства сельского хозяйства Российской Федерации как о специализированной службе, обеспечивающей оценку состояния плодородия, государственный учет плодородия сельскохозяйственных угодий и государственный контроль за воспроизводством почвенного плодородия.

Целью агрохимического обследования почв является их оценка по кислотности, засоленности, содержанию подвижных форм фосфора и калия, а также составление картограмм.

Основными задачами агрохимического обследования почв являются:

- 1) своевременное выявление изменений состояния плодородия сельскохозяйственных угодий;
- 2) оценка, прогноз и принятие необходимых мер по сохранению и улучшению плодородия почв;
- 3) разработка рекомендаций по эффективному использованию земель с.-х. назначения, предупреждению и устранению последствий негативных процессов;
- 4) информационное обеспечение земельного кадастра и государственного контроля почвенного плодородия и охраны земель.

### **3.3. Методика проведения комплексного агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий**

#### **3.3.1. Подготовка к агрохимическому обследованию почв**

Картографической основой для проведения агрохимического обследования является план внутрихозяйственного землеустройства с нанесенными контурами земельных участков и с указанием их кадастровых номеров, типов, подтипов и гранулометрического состава почв. В Нечерноземной, лесостепной и степной зонах, а также в горных районах полевое агрохимическое обследование осуществляют в масштабе 1:10 000–1:25 000; в полупустынной и пустынной зонах – 1:25000; на орошаемых землях – в масштабе 1:5000–1:10 000.

Перед обследованием агрохимик-почвовед совместно с агрономом хозяйства или фермером проводит разведочный осмотр земельного

удобья, уточняет и наносит на план землепользования размещение сельскохозяйственных культур, их состояние; соответствие конфигурации и площади кадастровому номеру земельного участка, выраженность макро-, мезо- и микрорельефа, эродированность, закустаренность, залуженность, засоренность; отмечает поля, на которых проводилась химическая мелиорация почв и систематически вносились органические и минеральные удобрения. Все эти данные заносят в журнал агрохимического обследования почв и отмечают на плане землепользования. При подготовке картографического материала к полевым работам с уточненного плана землепользования делают выкопировку фрагмента, на который наносят сетку элементарных участков.

*Элементарный участок* – наименьшая площадь, которую можно охарактеризовать данными анализа одного смешанного образца почвы. Иначе говоря, с каждого элементарного участка для анализа берут один смешанный образец почвы.

*Смешанный почвенный образец* составляют из определенного количества индивидуальных проб. В зоне распространения дерново-подзолистых почв он состоит из 40 индивидуальных (точечных) проб; в зоне серых лесных почв – из 30; во всех остальных зонах – из 20 индивидуальных проб.

Площадь элементарного участка, а отсюда и частота взятия образцов зависят от пестроты почвенного покрова, климатических условий и удобренности полей (табл. 3.1; ГОСТ 28168-89).

*Таблица 3.1 – Площадь элементарных участков при агрохимическом обследовании почв*

Экономический регион	Максимально допустимая площадь, га			
	при ежегодном уровне применения фосфорных удобрений, кг/га			на орошаемых землях
	менее 60	60–90	более 90	
1	2	3	4	5
Северный, Северо-Западный	5	4	2	2
Центральный	8	5	3	2
Центрально-Черноземный: лесостепные районы с преобладанием серых лесных почв и оподзоленных черноземов	10	8	5	3

Продолжение табл. 3.1

Экономический регион	Максимально допустимая площадь, га			
	при ежегодном уровне применения фосфорных удобрений, кг/га			на орошаемых землях
	менее 60	60–90	более 90	
1	2	3	4	5
лесостепные районы с преобладанием выщелоченных и типичных черноземов	15	10	5	3
степные районы с преобладанием обыкновенных и южных черноземов Средне- и Нижневолжский:	25	15	10	5
лесостепные районы с преобладанием серых лесных почв, выщелоченных и типичных черноземов	20	15	10	5
степные и сухостепные районы с преобладанием обыкновенных, южных черноземов и каштановых почв Уральский:	40	20	15	5
таежно-лесные районы с преобладанием дерново-подзолистых и серых лесных почв	8	5	4	3
лесостепные и степные районы с преобладанием черноземных почв Западно- и Восточно-Сибирский:	15	10	5	3
таежно-лесные районы с преобладанием дерново-подзолистых почв	10	5	3	—
лесостепные и степные районы со слаборасчлененным рельефом	20	15	5	3
степные районы с равнинным рельефом	40	25	10	3
Северо-Кавказский:				
степные районы с преобладанием черноземов	20	15	10	5
равнинные сухостепные районы с преобладанием каштановых почв	40	25	10	5
предгорные районы с преобладанием черноземов	10	5	3	2
Дальневосточный	10	5	4	2

### 3.3.2. Отбор почвенных проб и их химический анализ

Основное требование к отбору почвенных проб – получение репрезентативного среднего образца. Неправильно отобранные образцы искажают агрохимическую характеристику почв и обесценивают рекомендации по применению удобрений и химических мелиорантов.

При отборе почвенных образцов немаловажное значение имеет срок, так как содержание подвижных форм элементов питания в почве имеет сезонную динамику. При разных сроках отбора проб одна и та же почва может оказаться в разных группах по обеспеченности ее элементами питания. Определяя срок взятия образцов, необходимо учесть время внесения удобрений (образцы берут до внесения удобрений), состояние поля (удобнее работать на поле без растительности), наличие рабочей силы. С учетом всего этого почвенные образцы отбирают ранней весной, как только почва достигает физической спелости, или осенью, сразу после уборки урожая. Если образцы не удалось взять до внесения удобрений, их отбирают спустя 2–3 мес. после проведения этого агроприема. При внесении в почву навоза или компоста весной в малых дозах образцы следует отбирать осенью, а при больших – на следующий год.

Работу в поле начинают с разбивки обследуемого поля на элементарные участки, т. е. с перенесения ранее выделенных участков на плане землепользования на поле. При наличии большого числа ориентиров в обследуемом поле его можно разбить на ряд крупных участков, включающих в себя несколько элементарных. Если на поле мало ориентиров, то его разбивку на элементарные участки проводят с помощью эккера, вешек, рулетки, саженя или выверенными шагами.

Отбор индивидуальных почвенных проб ведут «ходом по оси» элементарного участка вдоль длинной стороны (рис. 3.5).

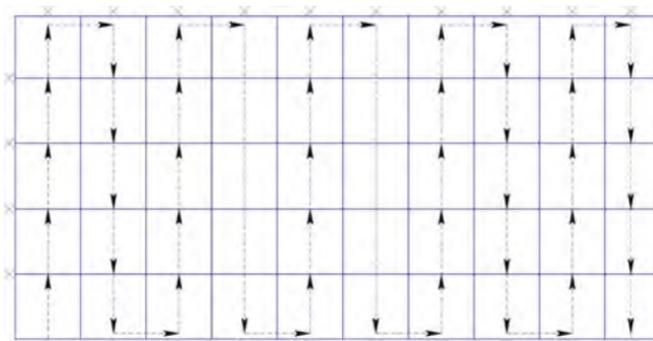


Рисунок 3.5 – Схема разбивки поля на элементарные участки и взятия смешанных почвенных образцов «ходом по оси»

На средне- и сильноэродированных почвах, расположенных на склоне длиной 200 м, маршрутные ходы прокладывают вдоль склона, на более коротких – поперек. На полях лесных питомников маршрутные ходы прокладывают по диагонали элементарного участка.

При отборе индивидуальных почвенных проб необходимо избегать нехарактерных мест. Отбор не допускается вблизи дорог, из-под оставшихся куч минеральных и органических удобрений, мелиорантов, со дна развалных борозд, перепаханных дорог, промоин, участков с нетипичным развитием растений.

Индивидуальные почвенные пробы отбирают буром на глубину пахотного слоя, на сенокосах и пастбищах – на глубину гумусового горизонта. Масса смешанного образца почвы должна быть не менее 300 г. Если она превышает это значение, то ее высыпают на полиэтиленовую пленку или клеенку, тщательно перемешивают и путем квартования (прием механического усреднения пробы почвы) отбирают пробу нужной массы.

Отобранную в пределах элементарного участка смешанную пробу помещают в специальный мешочек или картонную коробку. Туда же вкладывают этикетку, на которой простым карандашом должны быть указаны название хозяйства, севооборот, поле, культура, номер образца, дата его отбора, фамилия и инициалы взявшего пробу. Такую же запись делают в полевом журнале, в котором, кроме того, отмечают характеристику и особенности рельефа элементарного участка, тип почвы, виды и состояние агроценоза, наличие сорняков.

Смешанные образцы, отобранные с элементарного участка, отправляют в агрохимическую лабораторию, где их высушивают до воздушно-сухого состояния. Для этого каждый образец рассыпают двухсантиметровым слоем на плотной бумаге и оставляют в затененном от солнца проветриваемом помещении на 3–5 сут. За это время для ускорения сушки почву разминают руками, перемешивают и отбирают пинцетом корни, камни и другие посторонние включения. Высушенные пробы хранят в специальном контейнере, в который кладут этикетку с характеристикой смешанного образца. Снаружи контейнера на одной из стенок пишут номер смешанного образца. На высушенные образцы составляют приемосдаточный акт в двух экземплярах. Один из них передают в аналитический отдел лаборатории почвенно-агрохимических изысканий.

Поступившие для агрохимического анализа смешанные почвенные образцы размалывают и просеивают через сито с диаметром ячеек 1 мм. Из каждой размолотой смешанной пробы путем квартования отбирают образец массой 200 г, в котором определяют:  $\text{pH}_{\text{KCl}}$ , гидrolитическую кислотность, сумму поглощенных оснований, подвижные формы фосфора и калия. При этом используются методы, рекомендованные для конкретной почвенно-климатической зоны, на территории которой берутся образцы почв. Полученные результаты записывают в сводную ведомость анализов и в журнал агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий.

### **3.3.3. Составление почвенно-агрохимического паспорта поля**

По завершении работ агрохимического обследования почв хозяйству вместе со схемой участков передают паспорта полей или паспортные ведомости.

*Паспорт поля* (земельного участка) представляет собой блок данных о природно-хозяйственном, агрохимическом и экологическом состоянии поля, записанных на специальной карточке или электронном носителе. Кроме этого документа оформляется паспортная ведомость, которая отличается от паспорта тем, что все сведения об агроэкологическом состоянии поля (земельного участка) представлены в виде таблиц. Паспорта составляют на все типы угодий хозяйства: пашню, сенокосы, многолетние насаждения. Основными документами для составления паспорта поля служат полевые и аналитические ведомости агрохимического обследования почв.

Паспорт поля (земельного участка) включает адресную почвенно-агрохимическую, экологическую и оперативную составляющие. В адресной части паспорта указывают область, район, хозяйство, отделение (бригада), тип угодья, тип и номер севооборота, номер поля (участка) и его площадь. Почвенно-агрохимическая часть паспорта включает сведения о типе, подтипе почв, гранулометрическом составе, степени эродированности, кислотности почв, содержании элементов питания и другие показатели, характеризующие почвенно-агрохимические особенности этого поля (участка). Наименование почвы дается по преобладающей на участке. В экологическую часть паспорта

включены сведения о загрязнении участка токсикантами и радионуклидами. В оперативной части паспорта поля (участка) приводятся сведения о внесенных удобрениях, химических мелиорантах, пестицидах, возделываемых культурах и их урожайности.

Паспорт поля служит исходным документом для составления проекта внесения удобрений и химических мелиорантов, учета их количества для планирования урожайности, а также оценки экологического состояния почв.

### **3.4. Автоматизация аналитической оценки агрохимических данных**

Для взятия образцов почв используются автоматические почвенные пробоотборники, которые устанавливаются на трактора, автомобили, четырехколесные мотоциклы, мини-трактора и др. Кроме того, транспортное средство оснащается GPS-приемником и мобильным компьютером, что позволяет непосредственно в полевых условиях фиксировать на электронной карте координаты точек взятия проб для возможного восстановления маршрута обследования.

Методика обследования почв состоит из следующих этапов:

- создание контура поля с точностью GPS-приемника;
- разметка поля (контура) на элементарные участки заданной площади или размера;
- отбор и маркировка проб;
- агрохимический анализ в аккредитованной лаборатории;
- визуализация и анализ результатов в ГИС.

Отбор проб и образцов почвы необходим для экологически и экономически обоснованного применения удобрений с целью повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Этот метод используется для анализа почвы, при создании электронных карт распределения химических веществ и разработке рекомендаций по внесению основных и азотных удобрений. Мелкомасштабная неоднородность почв по глубине и площади является одним из основных ограничительных факторов получения точных результатов почвенных анализов. При этом важнейшей задачей является планирование отбора проб.

В некоторых странах регламентируют не только временной режим, но и методы отбора. В Германии, например, согласно требованиям закона каждые 3–6 лет проводят анализ почв на содержание основных элементов – фосфора, калия и магния, а также pH почвенного раствора. При этом используют следующие правила взятия почвенных проб:

- отбор проводится от всех единиц угодий, подвергающихся одинаковому хозяйственному использованию;

- с участка площадью от 1 до 3 га отбирают усредненную пробу, которая на пашне состоит из 15–30 отдельных проб, на лугах и пастбищах – из 25–40 отдельных проб. По объему проба должна включать 300 г свежей почвы, а если требуется проведение дополнительного анализа содержания микроэлементов, то плюс 400 г;

- выбранная схема обхода площади участка должна сохраняться при последующем обходе;

- глубина взятия проб на пашне обычно должна составлять 0–30 см, в специальных случаях (анализ подпочвы) – 0–60 см, а на лугах и пастбищах – 0–10 см.

Схема отбора проб для определения содержания в почве азота ( $N_{min}$ ):

- на небольшой по площади поля (менее 10 га) берут одну усредненную пробу, полученную из 15 отдельных проб. Во всех других случаях берут одну усредненную пробу на 3 га. По объему проба должна содержать не менее 500 г свежей почвы;

- глубина взятия проб на пашне для разных культур обычно составляет 0–30 и 30–60 см, а для некоторых культур – 60–90 см (табл. 3.2).

*Таблица 3.2 – Глубина отбора проб для определения содержания в почве азота, необходимого для выращивания разных культур*

Глубина взятия проб, см	Культура
0–30	Фасоль, шпинат
0–30 30–60	Яровой ячмень, ранний картофель, кормовые злаки Клеверно- и люцерно-злаковые смеси, хмель, плодовые, цветная капуста, огурцы, лук
0–30 30–60 60–90	Озимые рапс, ячмень, рожь Тритикале, пшеница, сахарная свекла Картофель, кукуруза на зерно, кукуруза на силос, капуста

Результаты многочисленных анализов, проведенных на участках, представленных различными почвами, показывают, что для учета неоднородности распределения питательных веществ в почвах при геокодированном растровом отборе следует отбирать 2–4 пробы на 1 га, чтобы после этого непосредственно интерполировать полученные данные на всю площадь. Экономически это очень невыгодно, поэтому обычно геокодированный отбор проб проводится в 3–7-гектарных рас-трах по относительно жестким, рандомизированным и равномерным схемам обхода площадей (рис. 3.6).

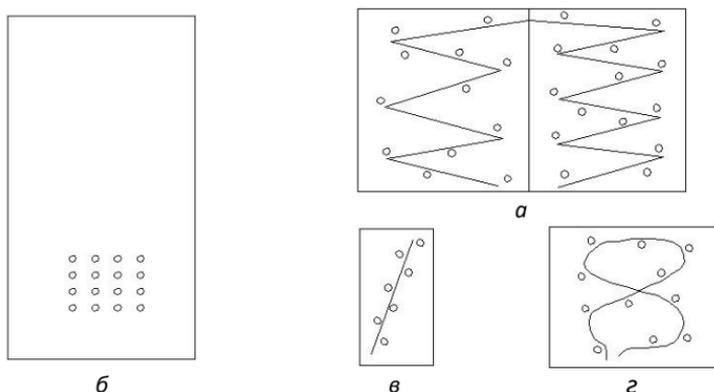
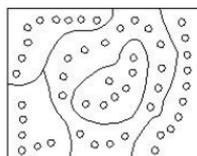
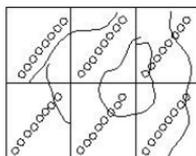


Рисунок 3.6 – Схемы обхода площадей для отбора проб почвы:  
 а – от соседних частей поля; б – от учитываемой части поля;  
 в – от узкой площади; г – с возвратом к исходной точке.

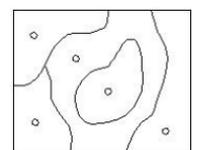
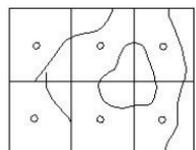
В системе точного земледелия используют геокодированную информацию, получаемую в процессе мониторинга и картирования урожайности, измерения электропроводности, составления электронных карт почвы. Применяются также многолетние данные дистанционного (спутникового) зондирования и другие источники информации, с учетом которых можно реализовать растровые и селективные схемы обхода поля (рис. 3.7а и б). С целью мониторинга почвы проводится также ежегодный отбор проб на специально выделенных постоянных местах (рис. 3.7в).

Планы и схемы обхода полей и выбора точек отбора составляют с помощью ГСП-приемников (ГСП – глобальная система позиционирования) и специального программного обеспечения.

### Линейные схемы

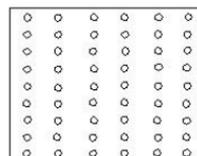
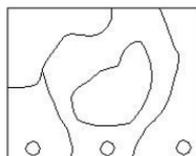


### Пунктирные схемы



*а*

*б*



*в*

*г*

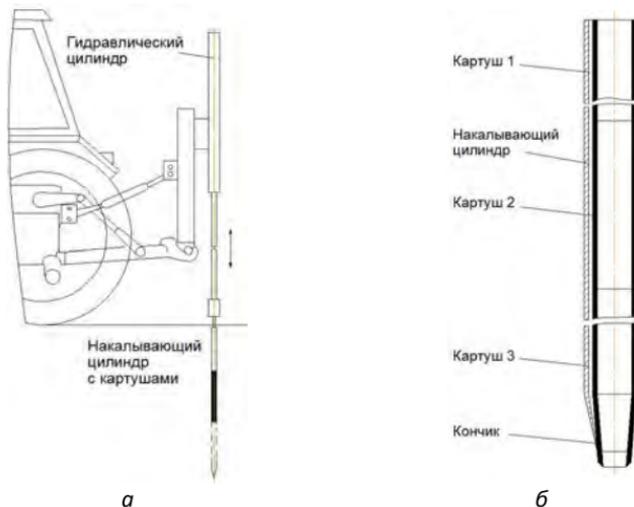
**Рисунок 3.7 – Разные схемы обхода полей и взятия проб:**  
*а* – растровая (проводится раз 6 лет); *б* – селективная (один раз в 6 лет);  
*в* – схема ежегодного мониторинга почвы;  
*г* – схема отбора проб и анализа в режиме реального времени  
(по необходимости).

При использовании растровых и селективных схем обхода полей частичные площади объединяют в пробные растровые. На практике приняты размеры этих пробных растровых площадей 1–5 га. На каждой из них отбирают 15–20 проб, которые объединяют в смешанную, представляющую частичную площадь. Однако полученные результаты анализов показывают, что реальное определение размера проб может давать результаты, приближенные к максимальной точности. С уменьшением размера раstra и увеличением диапазона выборки достоверность данных повышается.

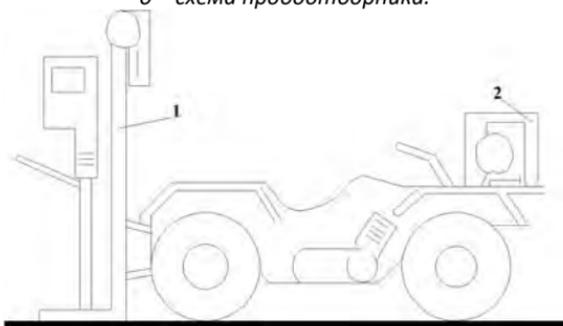
В настоящее время на различных мобильных средствах монтируют специальные пробоотборники. Это позволяет максимально ускорить рабочий процесс и снизить затраты благодаря механизации процесса отбора проб и частичной автоматизации.

На рынке сельскохозяйственной техники предлагаются разнообразные типы механизированных пробоотборников, работающих на основе

гидравлических набивающих цилиндров и цилиндров с картушами (рис. 3.8) либо буров с электропневматическими ударными механизмами (рис. 3.9), а также различных вариантов спиральных буров (рис. 3.10).

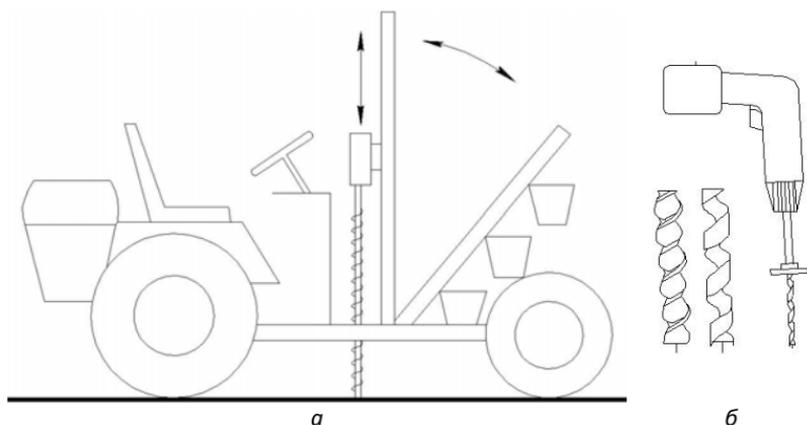


*Рисунок 3.8 – Схема механизированного пробоотборника, работающего на основе гидравлических набивающих цилиндров и цилиндров с картушами:  
 а – схема трактора с навесным пробоотборником;  
 б – схема пробоотборника.*



*Рисунок 3.9 – Схема механизированного пробоотборника, работающего совместно с бурильщиком на основе электропневматических ударных механизмов:*

*1 – мобильный носитель с пристроенным на задней части электробуром;  
 2 – генератор на передней стороне.*



*Рисунок 3.10 – Схема механизированного пробоотборника со спиральным буром:*

*а – мобильный носитель со спиральным буром;  
б – спиральные формы бура.*

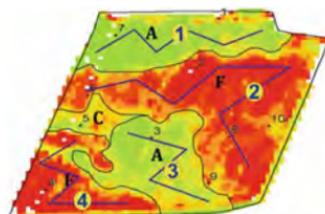
### **3.4.1. Разбивка поля на элементарные участки**

Электронная схема полей предприятия хранится и обрабатывается в ГИС-программах (например, «Аграр-Офис», AgroNet), в которых на каждое поле автоматически наносится растровая сетка или сетка элементарных участков прямоугольной формы. В дальнейшем при следующем агрохимическом обследовании необходимо использовать уже наложенную сетку элементарных участков, чтобы в динамике проследить изменение каждого элемента и оценить состояние плодородия каждого элементарного участка. Ему в программе присваивается уникальный номер для автоматического внесения результатов анализов из лаборатории и построения картограмм исследуемых элементов. Если имеются зональные карты поля (карты рельефа, биомассы, урожайности, электропроводности и др.), то целесообразнее разбить поле на полигоны с учетом его однородных зон (рис. 3.11).

Преимущества зонального отбора почвенных образцов по полигонам заключаются в том, что не происходит смешивания почвы из соседних зон. В данном случае каждый полигон представляет собой элементарный участок.



а



б

Рисунок 3.11 – Нумерация проб и разбивка поля на элементарные участки:  
а – геометрически; б – зонально.

### 3.4.2. Построение маршрута отбора проб почв с привязкой к координатам участка

Внутри каждого элементарного участка в программе прорисовывается трек движения пробоотборника по диагонали или зигзагом (рис. 3.12). Он представляет собой зигзагообразный маршрут отбора, двигаясь по которому специалист будет выполнять уколы автоматическим пробоотборником.



Рисунок 3.12 – Задание для зонального отбора с прорисовкой маршрутов и номеров почвенных образцов с привязкой к координатам

### 3.4.3. Отбор почвенных проб

Основное требование к отбору почвенных проб состоит в том, что они должны отбираться с четкой привязкой к координатам, по составленным маршрутам и с постоянной заданной глубины (30 или 60 см, на рисовых полях – 20 см).

Автоматизированные почвенные пробоотборники служат для повышения производительности труда. Такой пробоотборник, установленный на движитель (квадроцикл, внедорожник, прицеп или трактор), позволяет за день отобрать почвенные образцы для агрохимического обследования с площади до 1500 га, при этом исключается человеческий фактор некачественного отбора проб почв (рис. 3.13).



а



б



в



г

Рисунок 3.13 – Пробоотборники, установленные на:  
а – квадроцикл; б – внедорожник; в – прицеп; г – трактор.

Пробоотборник, установленный на квадроцикле, можно применять в течение всего сезона, он не оставляет следов при ранневесен-

нем отборе проб почв, маневрен и высокопроизводителен. Недостаток квадроцикла – отсутствие комфортных условий работы для специалиста и необходимость еще одного транспортного средства с прицепом для его транспортировки.

Установка почвоотборника на внедорожнике обеспечивает комфортные условия работы специалиста, маневренность при отборе проб с полей, расположенных на значительном расстоянии друг от друга, к недостаткам относится невозможность работы ранней весной и оставление колеи на увлажненной почве. Применение автомобильного прицепа и трактора нецелесообразно из-за их невысокой производительности и чрезмерного уплотнения почвы.

Пробоотборники по принципу взятия пробы бывают колющими и бурящими (рис. 3.14). У колющих (Wintex 1000) отбор осуществляется с помощью специально спроектированного зонда, который при прокалывании почвы поворачивается по спирали, уменьшая тем самым нагрузку на механизм и обеспечивая высокую скорость забора грунта. Внутренняя полость зонда имеет размер, позволяющий за 10–15 проколов набирать необходимое для лабораторного анализа количество грунта (около 300 г). Образцы почвы автоматически помещаются в коробочку, которую при заполнении достают вручную из пробоотборника, помечают и отправляют в лабораторию. Глубина отбора составляет около 30 см. Достоинства колющих пробоотборников – бесшумность, легкость установки, высокая производительность; к недостаткам относится невозможность работы по сухой, тяжелой и уплотненной почве, максимальная глубина отбора не может превышать 30 см.



*а*



*б*

*Рисунок 3.14 – Автоматические гидравлические пробоотборники:  
а – колющие; б – бурящие.*

Бурящий пробоотборник Nietfeld N 2005 оснащен гидравлической помпой, посредством которой бур погружается в почву и извлекается из нее. Для совершения одного прокола требуется 5 с без учета переезда с точки на точку. После осуществления 10–15 проколов в пределах элементарного почвенного участка оператор высыпает накопившуюся почву из металлического контейнера в подготовленный мешочек с номером.

Достоинствами бурящих пробоотборников являются гарантированное извлечение почвенного образца даже на очень твердых грунтах, высокая надежность и возможность взятия проб с разных глубин: 0–30 и 30–60 см; недостатками – сложность конструкции, более высокая цена, повышенный шум при работе и меньшая производительность в сравнении с колющими.

Для измерения агрофизических свойств почв может использоваться разработка Агрофизического НИИ (рис. 3.15).



*Рисунок 3.15 – Мобильный комплекс для измерения агрофизических свойств почвы*

Происходит измерение следующих характеристик пахотного слоя (на глубине от 15 до 35 см через каждые 5 см):

- диэлектрической проницаемости;
- электропроводности;
- показаний датчика температуры;
- сопротивления (давления) горизонтальной пенетрации;
- влажности почвы;
- динамики трансформации элементов минерального питания;
- плотности сложения и динамики уплотнения-разуплотнения.

### 3.4.4. Программное обеспечение

Отбор почвенных образцов выполняется согласно электронной карте, на которой обозначены элементарные участки, и по маршруту движения пробоотборника по каждому элементарному участку. Электронная карта с маршрутами отбора и номерами элементарных участков загружается в полевой компьютер со специальным программным обеспечением («Аграр-Офис», AgroNet и др.). Полевой компьютер должен быть пыле-, влагозащищенным, устойчив к тряске. К компьютеру через USB- или COM-порт подключается выносная GPS-антенна для позиционирования на местности (рис. 3.16).



*Рисунок 3.16 – Отбор проб почв, предварительно подготовленный в программе «Аграр-Офис»*

Программное обеспечение позволяет также осуществлять навигацию по отмеченному в бортовом компьютере маршруту отбора на поле. Специалист на пробоотборнике двигается строго по предварительно созданным трекам, которые отображаются на экране полевого компьютера, и выполняет отбор. Движение по треку корректируется с помощью GPS-антенны.

### 3.4.5. Анализ проб почвы в лаборатории

Отобранные и маркированные образцы (пробы) передаются в аккредитованную в соответствии с ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 (рис. 3.17) агрохимическую лабораторию для анализа (рис. 3.18).



Рисунок 3.17 – Пример аттестата аккредитации

Перечень определяемых в лаборатории параметров включает весь комплекс показателей, необходимых для оценки степени обеспеченности почв элементами питания растений (содержание азота, фосфора, калия, кальция, магния, натрия, бора, серы, алюминия, меди, цинка, кобальта, марганца, гумуса; гидролитическая кислотность, водородный показатель, емкость катионного обмена и т. д.).

Современные лаборатории европейского уровня выполняют анализ на высокоточном аналитическом оборудовании (Varian, FOSS, VELP, Hanna, WTW, HACH-LANGE, Binder), что позволяет увеличить точность измерений в несколько раз. В современных лабораториях высокопрофессиональный коллектив и использование системы менедж-

мента и функциональной организации позволяют максимально сократить время предоставления заказчику результатов анализа, имеющих высокий международный уровень достоверности результатов.



*Рисунок 3.18 – Пример агрохимической лаборатории*

#### **3.4.6. Обработка результатов анализа почв**

Из лаборатории после выполнения анализов предоставляется ведомость, где указаны агрохимические показатели, соответствующие номерам проб (рисунки 3.19, 3.20). Полученные данные из лаборатории обрабатываются специалистами-агрохимиками, которые рассчитывают норму вносимых удобрений для каждого элементарного участка в зависимости от плановой урожайности культур. При расчете учитываются параметры удобрения и цена, а также ограничения на внесение удобрений (например, максимально возможная доза). После расчета доз удобрений хозяйство получает карту-задание, в параметрах которой уже просчитано, какое количество удобрений потребуется для внесения на данное поле и сколько это будет стоить в рублях, а также сколько можно сэкономить удобрений в сравнении с равномерным внесением по всему полю (рис. 3.21). В специальных агро-



– смешанная проба почвы на анализ содержания питательных веществ отбирается с 1–5 га (по традиционной методике – с 25–40 га);

– отбор проб осуществляется автоматическим пробоотборником (прежде – ручным буром);

– картографической основой служит почвенная карта, план внутрихозяйственного землепользования, а также спутниковые изображения и аэрофотоснимки с точной географической привязкой;

– место отбора проб почвы определяется с помощью навигационного оборудования, координаты точки отбора фиксируются с точностью до 15–30 см (по традиционной методике место отбора точно не фиксируется);

– восстановление маршрута отбора проб на следующий год возможно с точностью до 30 см (по традиционной методике осуществить это весьма затруднительно);

– составление картограмм с помощью специализированного программного обеспечения в автоматизированном режиме (прежде – составление картограмм вручную);

– расчет доз удобрений выполняется дифференцированно для каждого участка поля (по традиционной методике дозы удобрений рассчитываются по средневзвешенному значению показателей плодородия);

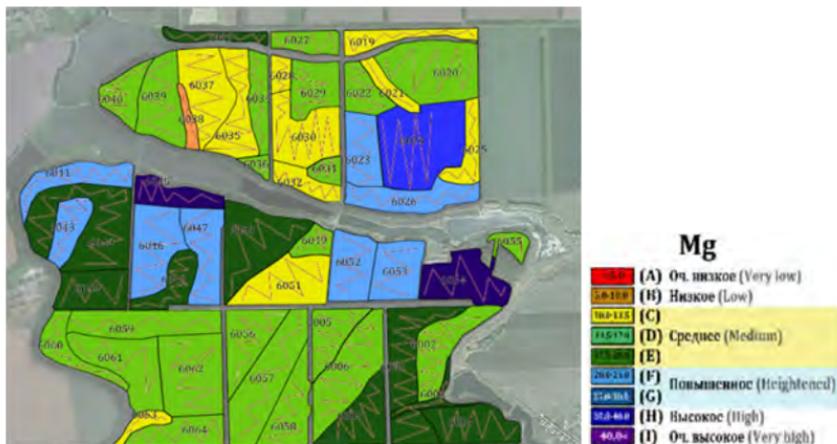
– на каждый участок поля удобрения вносятся по потребности растений в зависимости от обеспеченности почвы элементами питания (по обычной методике вносятся усредненные дозы NPK, что вызывает либо перерасход удобрений, либо их недостаток по участкам поля);

– расчет доз, норм, затрат на удобрения производится автоматически с помощью специализированного программного обеспечения (традиционно либо вручную по известным методикам, либо с помощью программ в учебно-научных учреждениях и консультационных центрах);

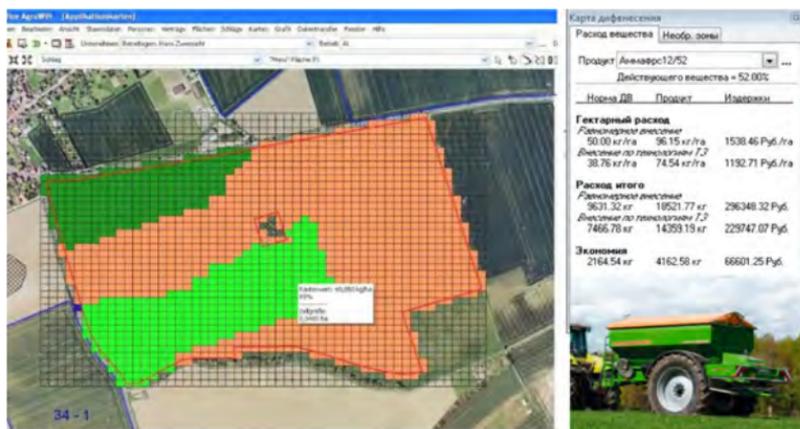
– снижение антропогенной нагрузки на окружающую среду за счет точного (адресного) внесения удобрений в соответствии с потребностями растений.

Таким образом, применение современного оборудования, программного обеспечения и новых методов позволяет осуществить принципиально иной подход к проведению агрохимического обследо-

дования полей, проводить отбор почвенных проб с большей точностью, автоматизировать рабочий процесс и в конечном счете повысить эффективность и экологическую безопасность использования дорогостоящих минеральных удобрений.



*Рисунок 3.20 – Результат почвенного обследования с.-х. площадей предприятия с целью определения содержания элементов с прорисовкой маршрутов и номерами проб почв*



*Рисунок 3.21 – Карта дифференцированного внесения удобрений, подготовленная на компьютере*

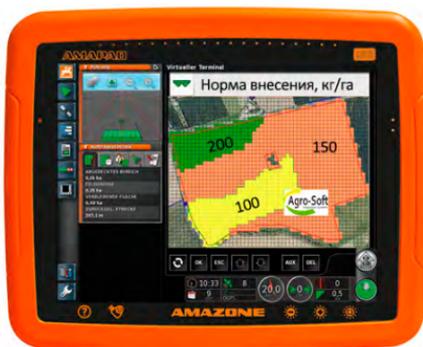


Рисунок 3.22 – Навигационная система для дифференцированного внесения удобрений

### **Вопросы для самопроверки**

1. Что представляют собой электронные карты полей?
2. Способы создания электронных карт.
3. Какой закон служит нормативно-правовой базой землепользования и управления плодородием почв в РФ?
4. Сформулируйте цель и задачи агрохимического обследования почв.
5. Какой документ служит картографической основой для проведения агрохимического обследования почв?
6. Дайте определение понятия «элементарный участок».
7. Какое основное требование предъявляют к отбору почвенных проб при агрохимическом обследовании?
8. Какие существуют типы пробоотборников почвы?
9. Использование навигационных систем при агрохимическом обследовании почв.
10. Как вносят удобрения в системе точного земледелия?

## 4. СИСТЕМЫ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВОЖДЕНИЯ

### 4.1. Системы параллельного вождения

При внедрении в сельскохозяйственное производство технологий точного земледелия наиболее востребованным направлением стало использование систем параллельного вождения.

По сравнению с обычным управлением машинно-тракторным агрегатом использование этих систем при выполнении технологических операций позволяет исключить повторные обработки соседних проходов (перекрытий) и пропуски необработанных участков, повысить производительность и комфортность работы, снизить утомляемость водителя, сократить расход топлива и технологических материалов. При этом обеспечиваются различные режимы вождения по прямым и криволинейным траекториям.

*Система параллельного вождения сельскохозяйственных машин – процесс управления направлением движения сельскохозяйственных машин по заданной траектории, в том числе с использованием курсоуказателя (рис. 4.1).*

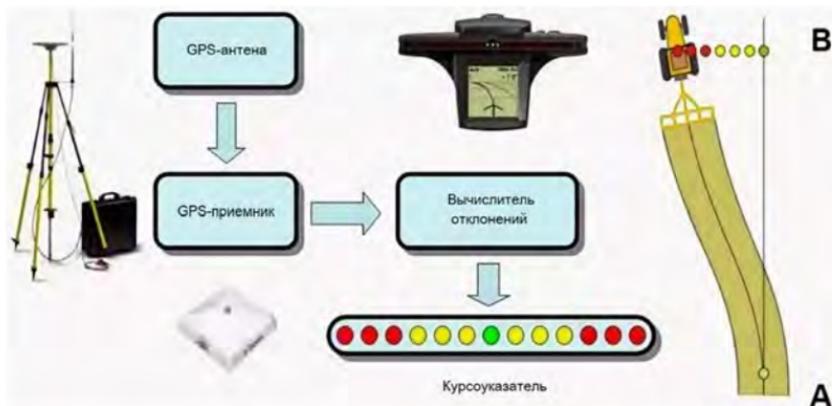


Рисунок 4.1 – Принцип функционирования системы параллельного вождения

*Курсоуказатель* сельскохозяйственных машин – устройство, используемое для индикации отклонений фактической траектории их движения от заданной при активном вождении объекта навигации.

Различают три варианта реализации системы параллельного вождения:

1) движение трактора корректируется водителем с помощью рулевого колеса, ориентирующегося на показания светодиодного или графического следоуказателя, расположенного в кабине;

2) направление движения трактора поддерживается подруливающим устройством с приводом от электродвигателя, который монтируется на рулевой колонке;

3) корректировку движения трактора осуществляет исполнительный механизм, подключенный к гидросистеме рулевого управления.

В системе параллельного вождения возможно использование космических навигационных систем после установки на транспортное средство специального приемника, постоянно получающего сигналы о местоположении навигационных спутников и расстояниях до них. В зависимости от требуемой точности (рис. 4.2) управление такой техникой осуществляется механизатором вручную по показаниям метки на экране дисплея (курсоуказателя) либо с использованием подруливающего устройства.

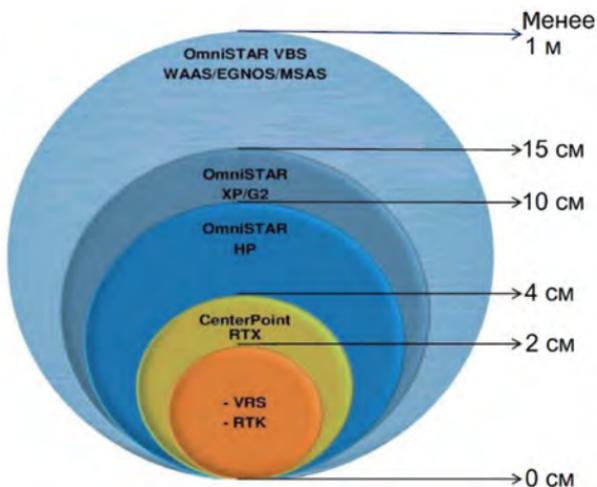


Рисунок 4.2 – Сервисы коррекции и точность выполнения технологических операций

*Подруливающее устройство* осуществляет автоматическое вождение сельскохозяйственной техники по сигналам, поступающим от системы параллельного вождения.

Рассмотрим некоторые примеры использования систем параллельного вождения.

Так, система CFX-750 с сенсорным управлением обеспечивает навигацию, рулевое управление и включает набор функций точного земледелия.

Встроенный двухчастотный приемник позволяет работать с высоким уровнем точности и совместим с системой ГЛОНАСС. К нему можно добавить подруливающее устройство или автопилот.

В дисплее также содержится набор компонентов, обеспечивающих действия, связанные с посевом, опрыскиванием, внесением удобрений и обработкой почвы, включая контроль затрат, связанных с полевыми работами.

Система Trimble CFX-750 состоит из компонентов, представленных на рисунке 4.3.



*Рисунок 4.3 – Компоненты системы:*

*1 – дисплей CFX-750; 2 – крепление RAM и винты; 3 – краткое руководство пользователя; 4 – компакт-диск; 5 – кабель GPS-антенны; 6 – шина питания / кабель CAN; 7 – кабель питания; 8 – антенна AG25; 9 – монтажная пластина антенны AG25.*

Благодаря сенсорному экрану дисплея можно управлять работой системы и просматривать навигационную информацию (рис. 4.4).

Кроме того, он оснащен USB-портом, через который можно загружать и сохранять полученные данные.



Рисунок 4.4 – Устройство дисплея:

а – вид спереди; б – вид сзади;

- 1 – сенсорный экран; 2 – динамики; 3 – встроенная световая панель с 27 светодиодами;
- 4 – кнопка питания; 5, 6 – регуляторы яркости; 7 – гнездо порта USB; 8 – разъем GPS; 9 – порт А; 10 – гнездо разъема питания;
- 11 – порт В; 12 – панель радиодоступа.

На экране навигации отображаются текстовая рабочая информация и значки, что обеспечивает доступ к ней и к различным функциям системы (рис. 4.5).



Рисунок 4.5 – Экран навигации

Терминал Track-Guide III предназначен для управления сельскохозяйственными устройствами, оснащенными вычислителями ISOBUS (рисунки 4.6, 4.7).



Рисунок 4.6 – Общий вид терминала Track-Guide III

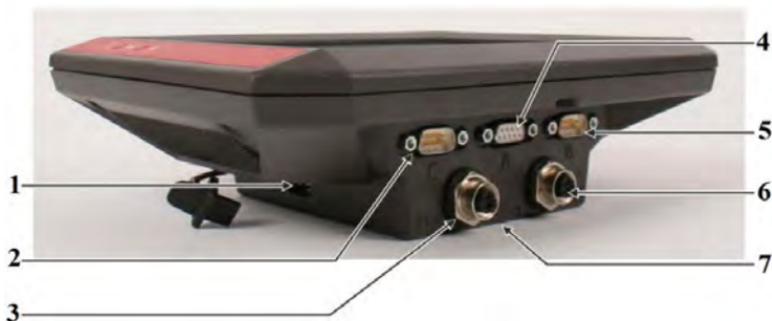


Рисунок 4.7 – Разъемы на терминале:

- 1 – USB-разъем для USB-накопителя; 2 – разъем для модуля GPS-приемника;  
 3 – разъем ETH; 4 – разъем CAN-Bus для основного оборудования ISOBUS, подключения к CAN-Bus трактора; 5 – 9-полюсный штекер D-Sub; 6 – разъем CAM для аналоговой камеры;  
 7 – разъем для SD-карты.

Элементы интерфейса представлены на рисунке 4.8.

Комплект оборудования (терминал, приемник, навигационный контроллер), устанавливаемый на трактор для обеспечения параллельного вождения, показан на рисунке 4.9.

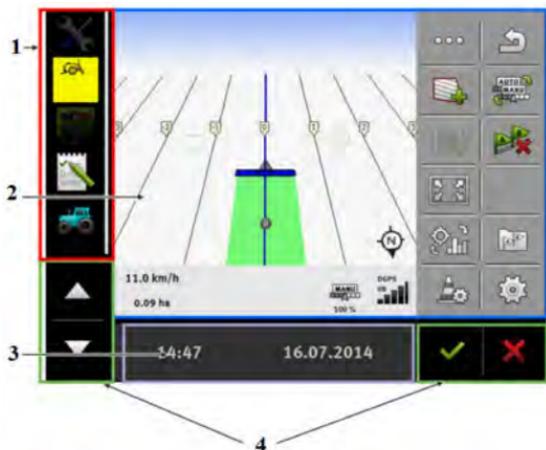


Рисунок 4.8 – Элементы интерфейса:

1 – меню выбора; 2 – главное окно; 3 – дополнительное окно; 4 – системные символы.



Рисунок 4.9 – Комплект оборудования для параллельного вождения на тракторе

## 4.2. Системы автоматического вождения

*Автопилот* – автоматизированная система, производящая управление рулевым колесом трактора или самоходной сельскохозяйственной машины при его движении по заданной траектории, в том числе с использованием географической навигационной системы (ГНСС). Различают автопилоты с *гидравлическим* и с *электрическим* исполнительным механизмами.

*Автопилотирование* отличается от *параллельного вождения* тем, что отклонения от заданной траектории, вырабатываемые ГНСС-приемником и навигационным контроллером, через специальные устройства (управляющий клапан) встраивается непосредственно в гидравлическую систему управления ходовой частью трактора, исключая инертность и люфт рулевого управления.

*Гидравлический клапан* (рис. 4.10) получает электрические сигналы от контроллера и преобразует их в гидравлические, которые система использует для удержания транспортного средства на заданном курсе.

В дополнение на трактор устанавливается специальный датчик угла поворота колес (рис. 4.11).



Рисунок 4.10 – Управляющий клапан



Рисунок 4.11 – Датчик угла поворота колес

В полный комплект оборудования для систем автоматического вождения входят:

- навигационный приемник;
- дисплей или светодиодная панель, контроллер для расчета отклонений на неровностях антенны приемника и корректировки направления движения;
- подруливающее устройство.

Есть несколько распространенных способов корректировки спутниковых навигационных сигналов для достижения высокой точности. Поправки могут быть получены как от геостационарных спутников, что повысит точность до  $\pm 10$  см, так и от контрольно-корректирующей станции дифференциальной подсистемы ГНСС (RTK-станция), часто называемой спутниковой базовой станцией.

*Контрольно-корректирующая станция дифференциальной подсистемы ГНСС* – расположенный в точке с известными координатами комплекс радиоэлектронных и технических средств, предназначенный для приема и обработки навигационных сигналов, вычисления поправок к пространственным координатам точки и передачи их по каналам связи потребителю для повышения точности определения его координат при нахождении потребителя в радиусе действия дифференциальных поправок.

Возможные варианты расположения оборудования на тракторе для параллельного вождения и автопилотирования показаны на рисунке 4.12.

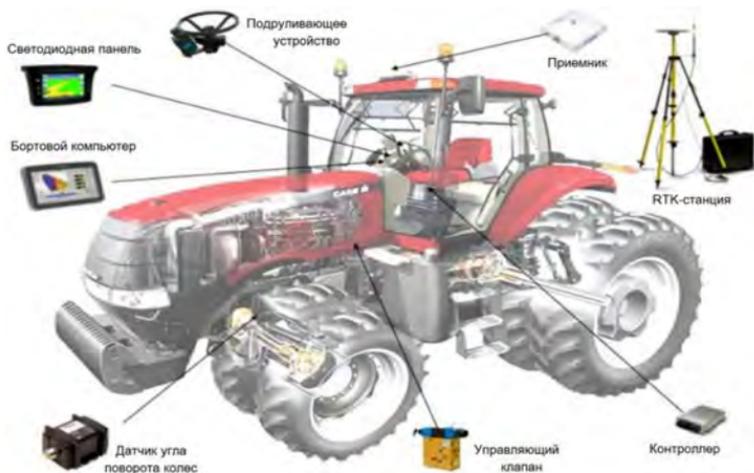


Рисунок 4.12 – Расположение оборудования на тракторе

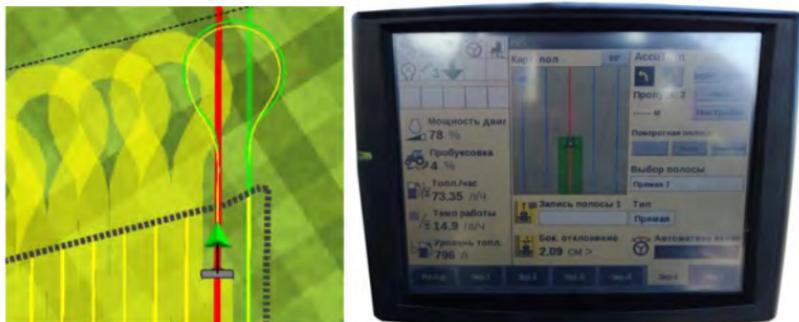
Обычная спутниковая навигация, широко применяемая на автомобильном транспорте, может дать максимальную точность только

около 2 м, что недопустимо для технологий точного земледелия. Применительно к системам навигации имеются понятия абсолютной и относительной точности.

*Абсолютная точность* – это фактические координаты, при помощи которых определяется местонахождение объекта, например трактора или комбайна.

Системы параллельного вождения и автопилотирования помогают точно соблюдать расстояния между проходами машин при выполнении полевых работ. При их использовании технологические операции выполняются с минимальными перекрытиями, экономятся рабочее и машинное время, топливосмазочные материалы, семена, удобрения и средства защиты растений. Навигация очень удобна для опрыскивания, которое лучше проводить ночью, когда температура воздуха ниже, чем днем, и отсутствует ветер. Таким образом, преимуществами систем параллельного и автоматического вождения являются точность движения агрегатов по междурядьям; снижение нагрузки на тракториста (машиниста); возможность работы в темное время суток и в условиях плохой видимости.

Существуют также системы автоматического разворота в конце прохода агрегата, которые позволяют транспортному средству рассчитать оптимальный маршрут разворота и выхода на следующий проход (рис. 4.13). В результате сокращаются пропуски и перекрытия в местах захода агрегата на линию прохода.



*Рисунок 4.13 – Система параллельного вождения с функцией автоматического разворота*

### 4.3. Испытания систем параллельного и автоматического вождения

Испытания навигационной системы в России, проведенные Центром «Геомир» в 2004 г. на площадях ООО «Интеко-Агро» в Белгородской области, показали, что установка системы на неподготовленный трактор John Deere занимает около 10 мин.

Бригадой механизаторов из 12 чел., ранее не работавших с системой параллельного вождения, было обработано поле культиватором «Хорш» (ширина захвата 18,3 м) по два прохода длиной около 800 м, при этом ошибка в расстоянии между рядами составила 25 см.

В РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева проводились трехлетние исследования величин стыковых междурядий при посевах различных культур по маркеру и с использованием системы «Автопилот» (рис. 4.14).

В ходе исследований наблюдалась неодинаковая ширина стыковых междурядий между смежными проходами сеялок при посеве зерновых культур и вико-овсяной смеси по маркеру и автопилоту. Так, в 2008 г. сеялкой Д9-30 высевали ячмень по варианту отвальной обработки почвы. При этом получены отклонения значений стыковых междурядий от стандартной ширины междурядий, предусмотренных конструкцией сеялки: в случае посева ячменя по маркеру – 3,4 см, с использованием автопилота – 1,5 см.



Рисунок 4.14 – Вид стыкового междурядья при посеве с использованием: а – маркера; б – автопилота.

Несмотря на сравнительно хорошие средние значения отклонений (0,63 и 2,98 см в первом повторении и 1,59 и 2,68 см во втором

соответственно), посев ячменя по маркеру показал большее расхождение в параметрах стыковых междурядий – от +13,75 до 9,0 см. Такая нестыковка междурядий может иметь негативное значение, особенно при выращивании пропашных культур. При использовании системы «Автопилот» таких существенных отклонений не наблюдалось. Что же касается работы автопилота на отвальном и минимальном фоне, то отклонения на последнем имеют меньшие значения, так как на более плотной почве управление трактором осуществляется легче.

Необходимо отметить еще одно важное достоинство системы «Автопилот» по сравнению с маркером. При работе по системе нулевой обработки почвы след от маркера, особенно в сумерки, не очень хорошо виден. «Автопилот» же позволяет работать в круглосуточном режиме. Это может существенно повысить эффективность работ в сельском хозяйстве: два механизатора могут работать по очереди на одном тракторе без перерыва 24 ч в сутки и проводить посевную в кратчайшие и лучшие агротехнические сроки.

На пропашных культурах помимо точной посадки требуется проведение междурядных обработок. Поэтому при использовании навигационных систем необходима высокая точность ведения агрегата.

В ходе испытаний была предпринята попытка адаптировать систему «Автопилот» под междурядную обработку картофеля. Был выбран участок на склоне, чтобы сделать работу автопилота более сложной (рис. 4.15).

Посадка картофеля осуществлялась картофелесажалкой GL-34T с использованием автопилота и маркера. Заданная с помощью системы GPS траектория движения агрегата повторялась на варианте точного земледелия в ходе проведения гребнеобразования по всходам картофеля. По традиционной технологии возделывания картофеля движением агрегата управлял механизатор. Ширина междурядий между проходами картофелесажалки при использовании маркера и автопилота отличалась по отдельным годам незначительно, составляя по традиционной технологии интервал в среднем от 60–65 до 80–85 см, т. е. отклонение от стандартного междурядья сажалки (75 см) находилось в пределах от –15 до +10 см. Применение системы «Автопилот» обеспечивало отклонение от прямолинейности смежных рядков от 2,8 до 3,0 см.



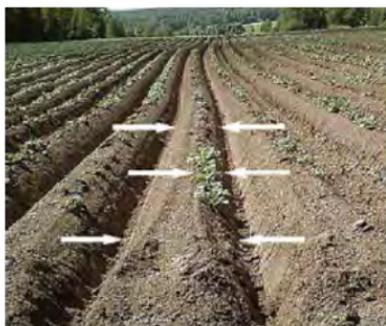
*Рисунок 4.15 – Посадка картофеля на склоне с использованием системы «Автопилот»*

Важным условием развития полноценного растения картофеля является его расположение по отношению к центральной части гребня, формируемое в ходе проведения гребнеобразования после появления всходов. В посадках картофеля, возделываемых по традиционной технологии, этот прием обеспечивал формирование растений картофеля с отклонениями от центра от 10 до 15 см (рис. 4.16). Это приводило к одностороннему изменению нарастания вегетативной части, неравномерности в образовании и развитии подземных клубней, а главное, к снижению качества продукции из-за появления в них большого количества соланина (ядовитого вещества, обуславливающего зеленый цвет клубней).

Проведение обработок с применением автопилота на основе системы GPS с корректировкой сигнала в режиме реального времени показывает высокую точность. Так, на вспашке критические отклонения свыше 8 см составили 7% случаев, на минимальной обработке – 2%. При посадке по маркеру и глазомерном гребнеобразовании критические отклонения встречаются чаще, соответственно в 39 и 26% случаев.



*а*



*б*

*Рисунок 4.16 – Возможные проблемы формирования гребней для картофеля при работе без автопилота:  
а – сужение гребня; б – отклонение от центра.*

### **Вопросы для самопроверки**

1. Что такое система параллельного вождения?
2. Для чего предназначен курсоуказатель?
3. Для чего предназначено подруливающее устройство?
4. Что входит в полный комплект оборудования для систем автоматического вождения?

## 5. ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

### 5.1. Двухэтапные технологии

#### 5.1.1. Дифференцированная обработка почвы

Цель *дифференцированной обработки почвы* в пределах одного поля заключается в том, чтобы за счет более эффективного расхода горючего и минимальных затрат времени сократить издержки производства в растениеводстве, избегая при этом разрушения структуры почвы и возникновения почвенных эрозий. Результаты опытов, проведенных на различных типах почв в Германии, показывают, что эта цель может быть достигнута без снижения показателей урожайности.

Дифференцированная обработка почвы стала возможной только в двухэтапном технологическом варианте с использованием данных цифровых почвенных карт (текстура, гидроморфность почв, содержание гумуса, электропроводность почвы, а также рельеф участка).

Эта информация необходима для подготовки технологических электронных карт-заданий, или чип-карт (рис. 5.1).

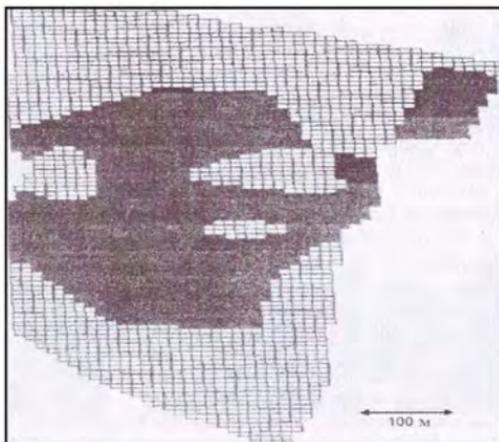


Рисунок 5.1 – Апликационная карта для основной обработки почвы: темные зоны – мелкая обработка; светлые зоны – глубокая обработка

На рисунке 5.2 приводится схема работы агрегата, предназначенного для дифференцированной обработки почвы. При этом исходят от

того, что возникает необходимость в более глубоком рыхлении почвы тех участков поля, где складываются неблагоприятные условия для роста корней растений, а именно:

- на песчаных почвах, склонных к переуплотнению;
- на почвах с неоднородной структурой;
- на сильногидроморфных почвах (глиевые и псевдоглиевые почвы);
- на бедных гумусом почвах.

В то же время хорошо аэрируемые (в достаточной степени структурированные), а также почвы с высоким содержанием илстых частиц и гумуса можно обрабатывать менее глубоко.

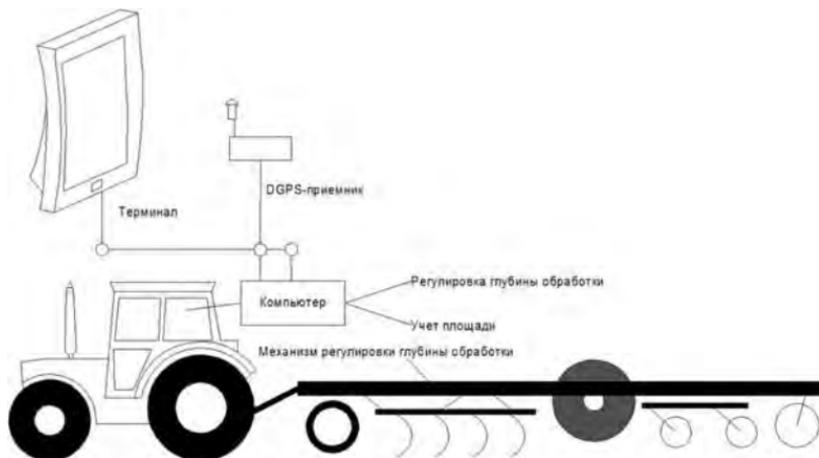


Рисунок 5.2 – Схема работы агрегата для дифференцированной обработки почвы

При этом глубина обработки не является постоянной, а определяется с учетом принятой глубины пахотного слоя конкретной почвы. Как правило, минимальный размер фракции зависит от доли илистой фракции.

Один из примеров таких машин представлен на рисунке 5.3.

Наиболее заметная тенденция на почвообрабатывающей технике – все большее применение элементов автоматизации при настройке и регулировке.



*Рисунок 5.3 – Стенд секции культиватора для дифференцированной обработки почвы*

Компанией Kverneland разработан навесной оборотный плуг ISOBUS Kv 2500 i-Plough, управление и настройки которого в зависимости от типа почвы или используемого трактора выполняются с помощью бортового компьютера (рис. 5.4): автоматическая настройка плуга под трактор; перевод плуга из транспортного положения в рабочее положение и наоборот; регулировка угла наклона плуга, ширины первой борозды, ширины захвата и глубины вспашки.



*Рисунок 5.4 – Навесной оборотный плуг Kverneland 2500 i-Plough*

На экране терминала отображаются четыре основные функции (рис. 5.5): вспашка (включены все основные регулировки); транспортировка (автоматическая последовательность выполнения операций для обеспечения безопасности транспортировки); указатели (работа на полях разной конфигурации); точная установка (безопасное и надежное агрегатирование).

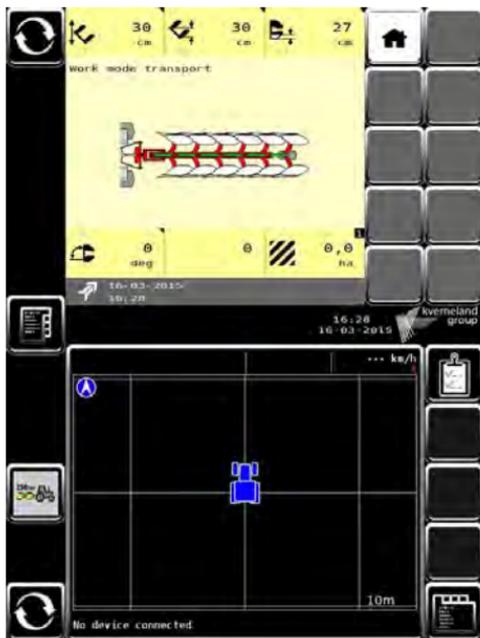


Рисунок 5.5 – Экран терминала бортового компьютера

### 5.1.2 Дифференцированное по площади внесение основного удобрения

Определение оптимального содержания питательных элементов (P, K, Mg, Ca) в почве является основным мероприятием в управлении посевами. Обеспеченность ими подвержена значительным колебаниям.

На основе многолетних исследований были определены классы обеспеченности этими элементами. В зависимости от содержания пи-

питательных веществ с помощью компьютерных программ рассчитывают нормы внесения основных удобрений. В странах с высоким уровнем накопления в почве питательных элементов, например в Германии, среднюю обеспеченность считают оптимальной. При этом удобрения вносят только для компенсации выноса элементов с урожаем. При более низкой обеспеченности дозы удобрений увеличиваются, при более высокой – снижаются. Для составления соответствующих компьютерных программ кроме требований к содержанию питательных элементов необходимы как минимум данные о типе почвы и о содержании в ней органической субстанции.

Таким образом, кроме данных о целевой урожайности, выносе питательных элементов и содержании их в почве при определении доз вносимых удобрений в компьютерных программах должен учитываться природоохранный фактор, т. е. в них аккумулируется большой объем данных (рис. 5.6).

Результаты почвенных анализов показывают значительные отличия в распределении отдельных питательных веществ по площадям. Поэтому различными получаются и карты удобрений (рис. 5.7).

Для обеспечения оптимальных результатов требуется не только равномерное внесение питательных веществ с однокомпонентным удобрением, но и его дифференцированное внесение с учетом мелко-масштабной неоднородности в пределах поля.



Рисунок 5.6 – Объединение информации для составления программ расчета доз вносимых удобрений

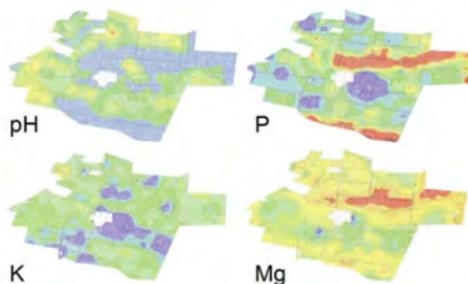


Рисунок 5.7 – Карты расчета доз вносимых удобрений с учетом неоднородности поля по содержанию питательных веществ

Способ дифференцированного внесения минеральных веществ — P, K, Mg и Ca (рис. 5.8) — имеет целый ряд экономических и экологических преимуществ по сравнению с равномерным:

- предотвращение вымывания и почвенной эрозии;
- повышение урожайности;
- эффективное использование удобрений.

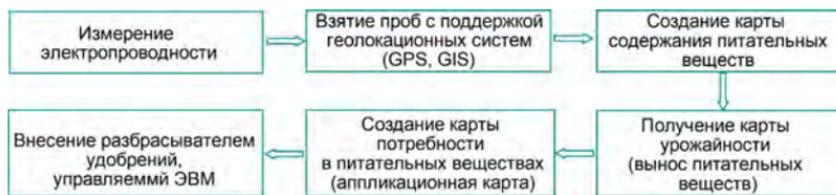


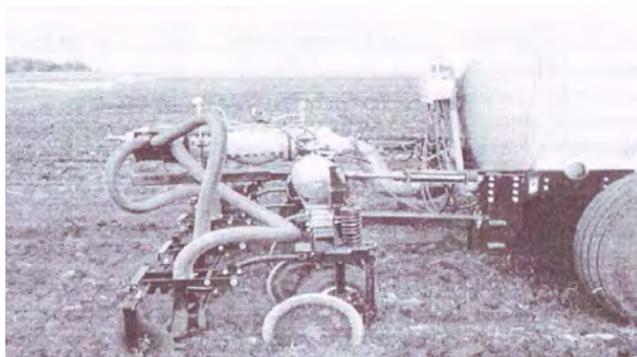
Рисунок 5.8 – Алгоритм дифференцированного внесения основных удобрений

Для обоснования дифференцированного внесения основного удобрения разница в содержании макроэлементов между отдельными участками поля (единицами хозяйствования) должна составлять по меньшей мере один класс (2,5 мг P/100 г почвы; 3,0 мг K/100 г почвы и 2 мг/100 г почвы), а в прогнозе урожайности 10 ц/га у зерновых и рапса, 100 ц/га у кукурузы на силос, картофеля и сахарной свеклы. Минимальный размер единиц хозяйствования обуславливается точностью исходных данных и возможности технической реализации в зависимости от применяемых тукоразбрасывателей, скорости их движения и

ширины захвата (расстояние между технологическими колеями). Обычно при определении размеров участков поля за основу берут исходные данные с наибольшим пространственным разрешением.

По скорости движения и эффективной ширине захвата можно вычислить обработанную площадь. Разбрасыватель удобрений, как правило, один раз в секунду получает заданное значение дозы внесения удобрений согласно карте-заданию. Это значит, что при рабочей скорости 10 км/ч агрегат переместится на расстояние 2,8 м, и в это время может измениться требуемая доза внесения. Например, при эффективной ширине захвата 18 м и скорости движения 10 км/ч получается пространственное разрешение  $2,8 \times 18 = 50,4 \text{ м}^2$ .

Все технические решения для внесения минеральных удобрений можно осуществлять и с помощью ГСП. На рынке доминируют центробежные разбрасыватели, причем большинство производителей предлагают различные модели для системы точного земледелия. Гораздо меньше выбор машин для внесения жидкого навоза (рис. 5.9).



*Рисунок 5.9 – Машина для дифференцированного внесения жидкого навоза*

Пневматические разбрасыватели работают с более высокой точностью, но для них существует опасность закупоривания, так что максимально возможная точность не всегда реализуется на практике. Намного точнее осуществляется внесение жидкого навоза с помощью опрыскивателей. Однако этот способ внесения для больших масс основного удобрения слишком дорог и окупается только при внекорневом

удобрении, при остром недостатке в удобрениях, а также для специальных культур.

Для применения разбрасывателей удобрений в системе точного земледелия необходимо их оборудовать приспособлением для дозирования с электронным управлением.

Максимально точная регулировка требует оборудования для постоянного контроля потока удобрений, такого как клетки взвешивания или датчики для измерения вращающего момента. С помощью этих контрольных приборов возможно и документирование внесенных количеств удобрений в виде карт применения удобрений (as-applied cards).

Разбрасыватели удобрений, которые применяются в системе точного земледелия, оборудованы терминалами и бортовыми компьютерами, при этом должен быть ISOBUS-интерфейс. В таком случае можно заменить специальные терминалы универсальным ISOBUS-терминалом. Кроме того, требуется ГСП-приемник для определения позиции и датчик для точного измерения скорости движения.

Точность внесения в большей степени зависит от качества удобрения. В то время как для минеральных удобрений существуют стандарты качества, для органических подобных стандартов не существует. Консистенция и содержание питательных веществ в них варьируют в значительной мере.

На точность дифференцированного внесения основных удобрений большое влияние оказывает правильный выбор размера растров и распределения точек отбора проб почвы. Наилучший размер раstra – 1 или 3 га.

В целом эффективность дифференцированного внесения основного удобрения в рамках системы точного земледелия зависит от точности затрат на исходные данные, алгоритмов внесения удобрений (функций урожайности), а также аппликации. При этом алгоритмы внесения удобрений целесообразно адаптировать для каждого хозяйства.

Машина для дифференцированного внесения жидких удобрений показана на рисунке 5.10.



*Рисунок 5.10 – Машина для дифференцированного внесения жидких удобрений*

### **5.1.3. Дифференцированный по площади посев**

В системе традиционного земледелия норма высева и густота стояния обусловлены почвенно-климатическими и погодными условиями, а также предшественником, сроком посева, сортовыми свойствами и качеством посевного материала. Однако при этом не учитываются неоднородность полей по плодородию, существенное различие почвенных показателей и рельефа. Для более эффективного использования производственных факторов в рамках управления посевами следует учитывать неоднородность по вышеуказанным показателям и адаптировать в соответствии с этим норму высева и густоту стояния (рис. 5.11).



*Рисунок 5.11 – Основные этапы использования дифференцированного посева*

При планировании посева максимально используют всю информацию, необходимую для характеристики незначительных различий в урожайности и качестве урожая на данном поле и представленную в виде почвенных карт. В интерпретировании этих карт помогают также аэрофотоснимки, карты урожайности и данные регулярных почвенных анализов.

В случае принятия решения о проведении дифференцированного посева в рамках отдельно взятого поля следует учитывать качество посевного материала и пригодность сеялок для этой цели.

Общими ориентирующими факторами для проведения дифференцированного посева зерновых могут служить следующие:

- между отдельными частями поля наблюдаются различия в урожайности по меньшей мере в 10–15 ц/га;

- принятое дифференцирование нормы высева составляет минимум 30–50 всхожих зерен на 1 м<sup>2</sup> (около 15–20 кг/га).

При более низких значениях этих показателей отсутствует значимое их влияние на экономическую и экологическую составляющие землепользования.

Разработка карт-заданий для дифференцированного посева требует специального программного обеспечения. Основопологающей при составлении таких карт, в частности для озимой пшеницы, является информация:

- о площадях, отличающихся урожайностью и уровнем целевой урожайности, обычно составленных в форме карт. Она является исходной для вычисления нормы высева;

- об урожайности отдельных колосьев и индексе колошения;

- о полевой всхожести и, следовательно, потребности в посевном материале. Полевая всхожесть, кроме как от качества посевного материала (всхожесть, размер семян и выравненность), зависит прежде всего от почвенных условий до и после посева, в том числе температуры почвы. Она может колебаться в диапазоне 50–100%. Для объективной оценки этого показателя требуются опыт хозяйствования в условиях данной местности и учет особенностей данного поля:

- потерь растений за период от первых всходов до начала вегетации весной;

- параметров качества посевного материала, например всхожести и других, которые, как правило, можно узнать из сертификатов качества семян.

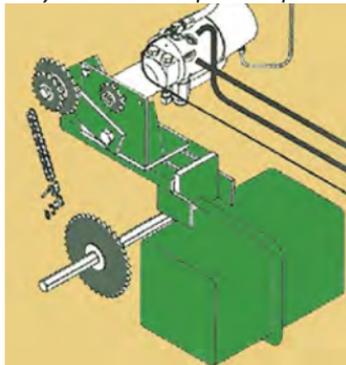
Эти данные представлены в виде специальных карт посева. В Германии соответствующее программное обеспечение создано для озимой пшеницы, его основные требования могут быть применены и при возделывании других видов зерновых.

Большое значение дифференцированный посев имеет также для выращивания кукурузы и сахарной свеклы. Приспособление густоты стояния этих культур к условиям водоснабжения позволяет, например, при возделывании кукурузы на силос повысить содержание энергии в уборочной массе.

Рассмотрим пример системы для дифференцированного посева, которая включает в себя гидравлический привод, процессор и датчик скорости движения. Гидромотор (рис. 5.12), приводимый в действие гидравликой трактора, закрепляется с возможностью привода вала высевающего аппарата (рис. 5.13).



*Рисунок 5.12 – Гидромотор системы для дифференцированного посева*



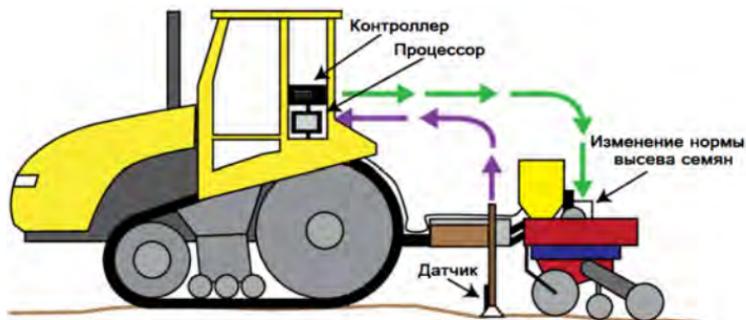
*а*



*б*

*Рисунок 5.13 – Гидромотор, установленный с возможностью привода вала высевающего аппарата:  
а – схема; б – фото.*

Некоторые датчики измеряют характеристику почвы (текстура, электропроводность, органические вещества и др.) перед посевом для дальнейшей корректировки нормы высева семян (рис. 5.14).



*Рисунок 5.14 – Датчик On-the-go измеряет характеристики почвы перед посевом для корректировки нормы высева*

Сеялка для дифференцированного посева пропашных культур, используемая в учебно-опытном хозяйстве Кубанского ГАУ «Краснодарское», показана на рисунке 5.15.



*Рисунок 5.15 – Сеялка Kverneland Optima TF Maxi для дифференцированного посева пропашных культур*

#### 5.1.4. Дифференцированное внесение гербицидов и фунгицидов

Основное требование концепции интегрированной защиты растений, изложенной в международных документах и национальных законодательных актах, заключается в том, что для снижения экотоксикологической нагрузки на внешнюю среду необходимо уменьшать расход средств, предназначенных для защиты растений, до необходимого минимума. Как показывает опыт, снижение доз применяемых средств защиты независимо от степени поражения посевов и посадок не решает эту проблему. Поэтому за основу целенаправленного применения средств защиты растений в рамках данной концепции принято понятие «экономический порог вредоносности» (ЭПВ, рисунок 5.16).

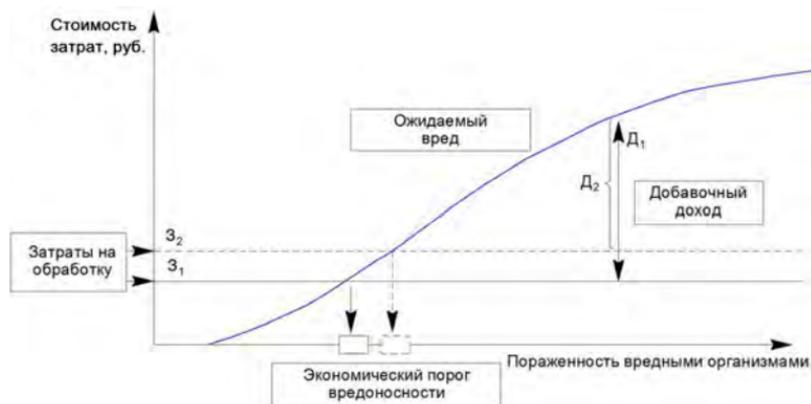


Рисунок 5.16 – Экономический порог вредоносности в системе защиты растений

Под ЭПВ понимают минимальное количество (плотность) популяции вредного организма или засорения, при которой затраты на борьбу окупаются доходом от сохранения урожая. Превышение этих показателей имеет отрицательные экономические последствия, если не проведены вовсе (или в недостаточном объеме) мероприятия по защите растений, т. е. когда потери от засоренности в денежном выражении выше, чем затраты, связанные с применением мер борьбы. Величина ЭПВ зависит от изменяющихся экономических факторов, например от цен на продукты и

средства защиты растений, а также от места выращивания (региона, поля).

Для конкретного поля ЭПВ определяется уравнением

$$\text{ЭПВ} = (Z_n + Z_{\text{об}} + Z_y) / (Y \cdot P \cdot C_{\text{эк}}) \times 100,$$

где  $Z_n$ ,  $Z_{\text{об}}$ ,  $Z_y$  – затраты (издержки) соответственно на средства защиты растений, обработку с их применением и уборку добавочного урожая (руб./га);

$Y$  – планируемая (фактическая) урожайность (ц или т/га);

$P$  – потери урожайности от воздействия вредных организмов (процент от урожайности);

$C_{\text{эк}}$  – закупочная цена культуры (руб./т или руб./ц).

Решение о борьбе с большинством вредных организмов, особенно возбудителей болезней, надо принимать еще до достижения ЭПВ.

### ***Дифференцированное внесение гербицидов***

Для принятия решения о внесении гербицидов на основе ЭПВ осуществляют учет засоренности полей сорняками, например, с помощью квадратной «геттингенской счетной рамки» со стороной 31,631 см (площадью  $\sim 0,1 \text{ м}^2$ ) с частотой 30 определений на 5 га. Число сорняков вычисляют по формуле

$$N = \frac{\sum N}{n} 10,$$

где  $N$  – число сорняков на  $1 \text{ м}^2$ ;

$\sum N$  – общее количество сорняков на всех учетных площадках;

$n$  – количество учетных площадок.

Решение о внесении гербицидов с учетом ЭПВ принимается на основе усредненных данных, полученных со всего поля, в большей или меньшей степени неоднородного по засоренности. С учетом взаимосвязи засорения и потерь урожайности (индексы конкурентности) применение гербицидов часто бывает экономически неоправданным.

С учетом экологического фактора это излишняя нагрузка ядохимикатами на те площади, где их применение не требуется.

Процесс дифференцированного внесения гербицидов с учетом неоднородности засорения включает: сбор данных, необходимых для принятия решения о внесении гербицидов; обработку этих данных и их оценку с точки зрения экологического и экономического факторов, непосредственное управление работой опрыскивателя.

Относительно постоянная по годам зона распространения большинства видов сорняков позволяет использовать карты их распределения, составленные для предыдущих лет. Таким путем можно реализовать дифференцированное внесение гербицидов в двухэтапном технологическом режиме. Благодаря геокодированному сбору данных получают карты засорения и после обработки геостатистическими методами, а также с помощью ГИС составляют цифровые карты. С помощью карты-задания управляют опрыскивателем, который оборудован контроллером (рис. 5.17).



Рисунок 5.17 – Основные этапы при дифференцированном внесении гербицидов в двухэтапном технологическом процессе

Двухэтапный технологический режим внесения гербицидов на практике показал достаточную результативность, однако его использование является относительно затратным и мало применяется в сельском хозяйстве.

Дистанционные методы с использованием спутниковых съемок не нашли широкого применения в дифференцированном учете засорения полей, так как геометрического разрешения недостаточно для определения сорняков в ранних фазах их развития. Кроме того, оптическая съемка возможна только в условиях безоблачной погоды. Альтернати-

вой является мониторинг засоренности полей сорняками с помощью самолетов или дистанционно управляемых сверхлегких летательных аппаратов, для которых требуется алгоритм анализа обработки многочисленных данных.

### *Дифференцированное внесение фунгицидов*

В начальной фазе эпидемиологического процесса заболевания проявляются на отдельно взятых растениях или очаге поля. Однако на основе ЭПВ фунгициды вносят равномерно с учетом усреднения показателей для всего поля, хотя на свободных от болезней участках внесение не требуется. Как и при обработке гербицидами, регулированием процесса внесения фунгицидов с учетом неоднородности поражения можно повысить его экономическую эффективность и снизить уровень экологического загрязнения внешней среды. Для этого необходимо знать особенности местного расположения очагов болезней по полю и размер пораженной площади.

Для картирования распределения болезней по полю необходимо придерживаться объективного методического подхода к мониторингу посевов. Однако его проведение и составление карт поражения растений путем объезда посевов слишком затратны. Поэтому они применяются только в экспериментальных работах. При борьбе с болезнями существует еще одна проблема, которая не позволяет на практике использовать концепцию двухступенчатого подхода: при благоприятных погодных условиях заболевания распространяются по посевам очень быстро. Если они достигают критических значений, то следует немедленно начинать опрыскивание. При этом составление карт распространения заболевания по полю и принятие решения об опрыскивании требуют определенных затрат времени. Таким образом, двухступенчатые технологии можно применять при ликвидации очагов почвообитающих возбудителей болезней и вредителей.

### **5.1.5. Дифференцированное орошение**

Реализация государственной программы развития сельского хозяйства и обеспечения продуктовой независимости предусматривает восстановление мелиоративного фонда за счет реконструкции и технического перевооружения оросительных и осушительных систем.

В России более 70% всех сельскохозяйственных угодий расположены в зонах недостаточного или неустойчивого естественного увлажнения, за счет их орошения может быть обеспечен высокий и стабильный уровень производства сельскохозяйственной продукции аграрной отрасли.

Отсутствие контроля над влажностью почвы и водопотреблением сельхозкультуры приводит к перерасходу подаваемой воды, увеличению энергопотребления, ухудшению структуры почвы и снижению урожайности.

При проведении водохозяйственных расчетов учитывают потери воды непосредственно на поле во время полива, которые достигают 30–35%.

Существуют системы, предназначенные для осуществления дифференцированного полива как при помощи дождевальных машин, так и стационарных оросительных систем (рисунки 5.18, 5.19).

Рассмотрим энергонезависимую информационную аппаратно-программную систему, в основе которой лежат концепция точного земледелия и объектно-ориентированный подход (ООО «Адаптивные инновационно-интеллектуальные технологии»).



Рисунок 5.18 – Пример установки комплекса на стационарной системе орошения террасного расположения (ООО «Адаптивные инновационно-интеллектуальные технологии»)



*Рисунок 5.19 – Вид террас, на которых устанавливается система дифференцированного полива*

Система позволяет осуществлять энерго- и водосбережение при поливе с.-х. культур, а также дифференцированный полив и внесение жидких удобрений с использованием данных о поливаемом поле, полученных при помощи ГИС-технологий.

Устанавливается система на дождевальные машины в виде дополнительного навесного оборудования, состоящего из центрального и исполнительных блоков, а также моторизованных кранов (рис. 5.20).



*Рисунок 5.20 – Дополнительное оборудование, устанавливаемое на дождевальные машины*

Входящее в состав системы программное обеспечение позволяет составлять цифровые карты полива и в соответствии с ними открывать или закрывать краны с форсунками (рис. 5.21).

При необходимости можно вручную вносить изменения в карты полива с помощью пульта дистанционного управления.

Центральный блок системы управляет работой исполнительных блоков и контролирует состояние системы в целом.

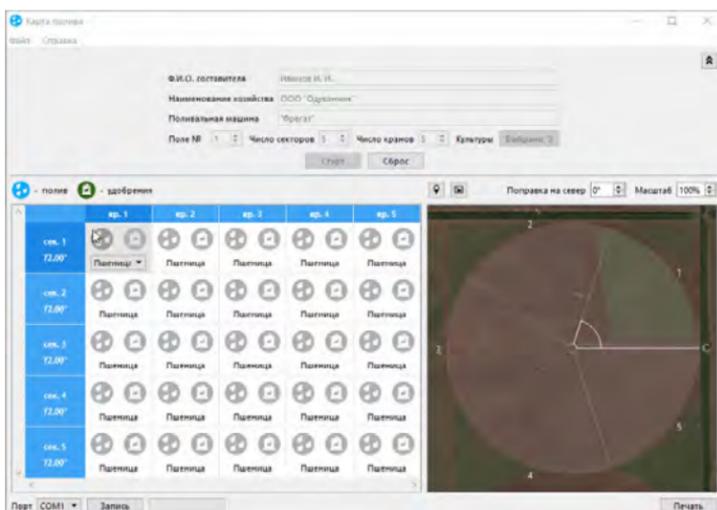


Рисунок 5.21 – Элементы интерфейса программного обеспечения

При наличии на поливаемом поле проблемных зон применяются датчики контроля влажности и температуры, регулярно передающие данные о состоянии почвы и окружающей среды на центральный блок (рис. 5.22). По результатам переданных данных происходит автоматическая корректировка карты полива.



Рисунок 5.22 – Датчики контроля состояния почвы

Состав комплекта оборудования представлен на рисунке 5.23.



Рисунок 5.23 – Состав комплекта оборудования

Элементы технологии пространственно-дифференцированного дождевания представлены на рисунке 5.24.

Для реализации технологии необходимы условия:

– использование данных дистанционного зондирования, метеопрогнозов;

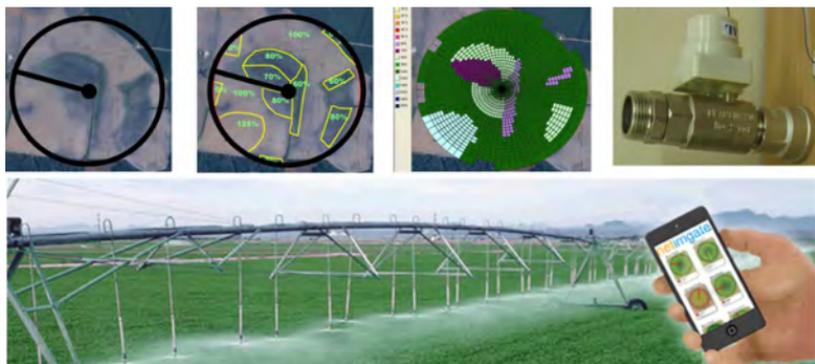
– наличие высококвалифицированного персонала.

Достоинства технологии:

– увеличение урожайности за счет проблемных зон;

– минимизация непроизводительных потерь поливной воды;

– долговременная устойчивость получения высоких урожаев.



*Рисунок 5.24 – Элементы технологии пространственно-дифференцированного дождевания*

### **5.1.6. Дифференцированные технологии возделывания риса**

Внедрение точного земледелия в рисовой промышленности создает определенные проблемы для тех, кто занимается выращиванием сельскохозяйственных культур на обширных территориях, однако оно дает и огромные возможности.

Использование точного земледелия предполагает развитие постоянной инфраструктуры – дорог и каналов (рис. 5.25).



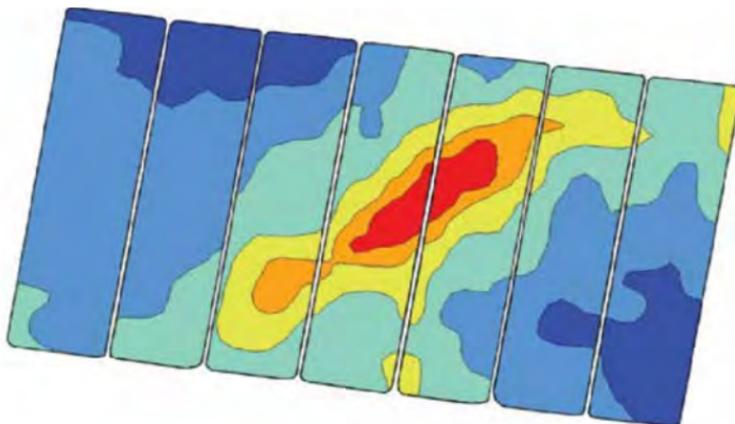
*Рисунок 5.25 – Инфраструктура рисовых чеков в Австралии*

На рисунке 5.26 представлены всходы риса без использования точного земледелия (слева) и с использованием (справа).

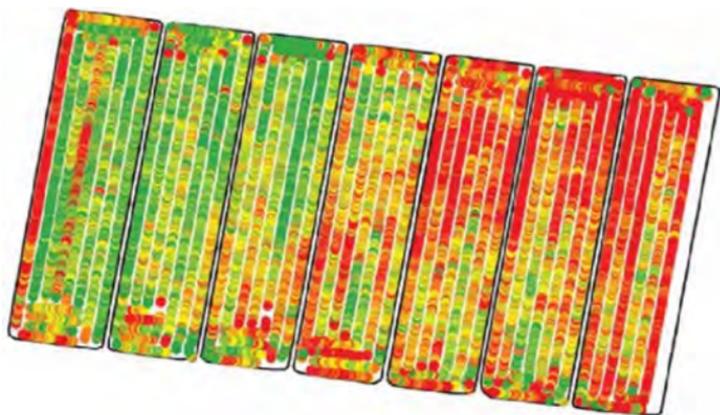


*Рисунок 5.26 – Развитие риса в Австралии:  
а – без использования элементов точного земледелия;  
б – с их использованием.*

Анализируя карты рисовых полей в Австралии, использующей систему точного земледелия в рисоводстве, можно заметить, что существует сильная корреляция между перепадами высот (рис. 5.27) и урожайностью (рис. 5.28).



*Рисунок 5.27 – Зоны заливки рисовых чеков*



*Рисунок 5.28 – Карта урожайности риса на чеках (2013)*

Исследования показали, что температура воды (измеренная на 20 мм выше уровня почвы) варьировалась в пределах чека до 3°C. Это изменение было главным образом связано с изменением глубины воды и близостью датчика к водоснабжению.

Плохая выровненность рисового чека может привести к значительному развитию сорняков и потерям урожая (рис. 5.29).



*Рисунок 5.29 – Фото плохо выровненного рисового чека*

Для выравнивания поля очень важно использовать на планировке приемник GNSS (рис. 5.30).



*Рисунок 5.30 – Агрегат для выравнивания поверхности:  
1 – приемник для автоматического управления трактором; 2 – приемник для управления высотой планирования; 3 – планировщик.*

Для обеспечения эффективности, особенно в вертикальной плоскости, рекомендуется, чтобы базовая станция находилась в пределах двух километров от агрегата.

При возделывании риса с использованием точного земледелия можно рекомендовать следующее.

1. Разработать план применения элементов точного земледелия в своем хозяйстве.

2. Проводить регулярное выравнивание поля, поскольку переменная глубина воды может значительно повлиять на производство риса и эффективность использования воды.

3. Проанализировать карты урожайности риса, что позволит увеличить прибыльность хозяйства. Действия каждого хозяйства должны соответствовать конкретной ситуации.

4. Необходимо использовать карты землепользования для определения зон управления и планов отбора проб почвы, учитывая, что карты перепада высот рельефа часто коррелируют с картами урожайности, это в конечном счете позволит разработать пакет агрономического управления для каждой зоны.

5. Использовать внутрихозяйственные испытания для проверки эффективности дифференцированного внесения удобрений.

## 5.2. Одноэтапные технологии

### 5.2.1. Дифференцированное по площади внесение азотных удобрений

Целью дифференцированного внесения азота с учетом мелкомаштабной неоднородности в пределах поля является оптимальное управление посевом для достижения в хозяйстве установленного урожая и специфического для данного сорта качества (содержание протеина в семенах зерновых, масла рапса). На практике оно реализуется в основном у зерновых. При этом используются разные стратегии внесения азотных удобрений, из которых для технологий точного земледелия характерны следующие:

– *двухэтапные технологии (offline)* – применение комплексных моделей баланса азота или динамических моделей азота и почвы для вычисления величины доз внесения азота, составления карт-заданий и дифференцированного внесения азота; составление на основе карт урожайности и других вспомогательных средств карт-заданий и дифференцированного внесения азота с помощью инжекторной технологии или в форме стабилизированного удобрения;

– *одноэтапные технологии (online)* – применение систем датчиков, с помощью которых в режиме реального масштаба времени оценивают состояние посевов, определяют необходимые дозы азота и осуществляют их внесение; использование датчиков в системе реального времени и дополнение данными цифровых тематических карт, например, касающихся почвенных свойств, учета охраны внешней среды и природных ресурсов урожайности (рис. 5.31).

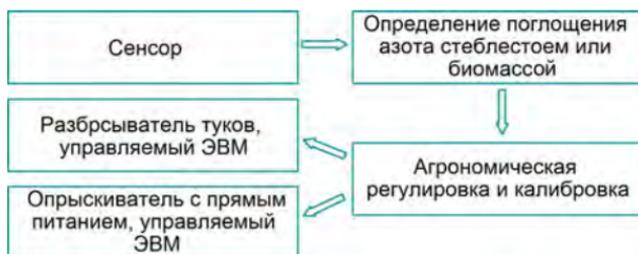


Рисунок 5.31 – Основные этапы при внесении азота в режиме реального времени

Двухэтапные технологии внесения азотного удобрения можно применять для любых доз азота. Однако в большей мере их используют у зерновых только при внесении первой его дозы, а внесение второй и третьей производят с помощью сенсорных технологий. Программы для вычисления дозы азота при двухэтапном подходе к его внесению в большинстве случаев основаны на балансе – из расчета потребления элемента растениями и с учетом находящегося в почве ( $N_{min}$ ) определяются необходимые дозы внесения. Основная концепция таких программ не отличается от компьютерных, используемых на практике для равномерного внесения азота по всему полю. Их применяют и при дифференцированном внесении для отдельных участков поля.

При этом в программы вводится пространственно-дифференцированная информация (почвенные условия, рельеф и др.) или информация об актуальном состоянии посевов.

Обычно такие программы разработают на основе данных:

- о предшественнике и использовании органических удобрений в севообороте, об изменениях в нем;
- о сорте, планируемой урожайности и качестве продукции;
- об ограничениях, устанавливаемых для охраны внешней среды;
- об актуальном состоянии почвы и посевов и уже внесенном количестве азота.

Величина оптимальных доз удобрения на каждом участке – это средние базисные показатели для нормального развития посевов. В зависимости от реального состояния посевов дозы снижают или увеличивают. Как правило, программы позволяют определить также минимальные и максимальные величины доз азота.

Теоретически дозы внесения азотного удобрения можно вычислить и на основе динамических моделей почвы и азота. Однако для этого необходимо учитывать множество очень точных исходных данных, в том числе погодных характеристик, что усложняет их практическое применение.

Программы, основанные на балансе азота, принципиально подходят для любых культур. Научными учреждениями и специализированными фирмами предлагаются разные варианты программного обеспечения с алгоритмами внесения удобрений для разных культур, прежде всего для озимой пшеницы, озимого ячменя, тритикале, ржи,

пивоваренного ячменя и сахарной свеклы. При наличии соответствующей компьютерной техники, достаточных знаний о конкретном поле и точных исходных данных такие программы можно использовать в хозяйствах в качестве экспертных.

На основе таких программ составляют карты-задания, с помощью которых производится дифференцированное внесение азотных удобрений.

Дифференцированное внесение второй и третьей доз азота при выращивании озимой пшеницы осуществляют с помощью сенсорных технологий с учетом возрастающей нормы и мелкомасштабной неоднородности полей.

### **5.2.2. Дифференцированное внесение регуляторов роста**

Применение регуляторов роста – составная часть агротехнологических приемов возделывания многих сортов зерновых культур. Например, внесение регуляторов роста позволяет получать более короткие стебли, и таким образом снижается опасность полегания растений. Стабилизация роста стеблей, в свою очередь, свидетельствует об эффективности внесения азотных удобрений и в итоге – о повышении урожайности культуры.

Все регуляторы роста, применяемые в настоящее время при возделывании зерновых, включаются в систему действия гормона роста гиббереллина, вырабатываемого растениями. В процессе развития возникают сложные взаимосвязи в активности всех ростовых гормонов, поэтому регуляторы роста следует использовать очень осторожно с учетом сортовых особенностей, почвенных и погодных условий и степени развития стеблестоя. Например, значительное снижение концентрации гиббереллина в растении во время кущения чрезмерно усиливает этот процесс. Если это наступает поздно, то у злаковых образуется подгон. Кроме этого, снижаются средняя масса зерен и число колосков. Применение регуляторов роста в определенной мере приводит к подавлению роста корней. Ошибки в использовании регуляторов роста приводят к снижению урожайности.

Срок оптимального действия регуляторов роста у зерновых достаточно ограничен. При этом важную роль играет состояние посевов, которое в большей степени зависит от факторов и условий роста.

Посевы, как правило, отличаются выраженной в разной степени неоднородностью роста и развития стеблестоя, поэтому на практике рекомендуется дифференцированное по площади внесение регуляторов роста в режиме реального времени (рис. 5.32).



*Рисунок 5.32 – Основные этапы дифференцированного по площади внесения регуляторов роста в режиме реального времени*

### **5.2.3. Дифференцированное внесение гербицидов и фунгицидов**

#### ***Внесение гербицидов***

Для дифференцированного внесения гербицидов практическое значение имеют системы, работающие в режиме реального времени. Все технологические этапы в них проводятся одновременно, т. е. сбор данных, их обработка и управление опрыскивателем производятся в одном рабочем проходе (рис. 5.33). Для реализации этого технологического подхода на рынке предлагаются различные системы датчиков и электронно-регулируемые опрыскиватели с прямым и мультикамерным питанием.



*Рисунок 5.33 – Основные этапы дифференцированного внесения гербицидов в режиме реального времени*

## ***Внесение фунгицидов***

В рамках концепции интегрированной защиты растений с учетом экологических и экономических факторов целесообразно применять фунгициды лишь в тех местах поля, где встречаются грибковые болезни. Составление карт, отображающих распределение очагов болезней на поле, связано с трудоемкими ручными бонитировками, поэтому создание таких карт нецелесообразно.

В настоящее время отсутствуют практические технологии непосредственного сенсорного обнаружения грибковых, бактериальных и вирусных заболеваний растений. Поэтому фактор «заболеваемость растений» в качестве критерия для целенаправленного применения фунгицидов не учитывается.

Хозяйства стараются сэкономить на фунгицидах, снижая нормы расхода по сравнению с рекомендованными фирмами. Однако постоянное применение пониженных норм расхода одного и того же препарата может вызвать резистентность к данному действующему веществу. Даже использование пониженных норм расхода может привести к излишней нагрузке на внешнюю среду на площадях с низким уровнем поражения, без поражения или вообще без растительного покрова.

Целью точного применения фунгицидов является нанесение примерно одинаковой концентрации фунгицидной субстанции на единицу растительной поверхности. Однако поскольку эти поверхности в значительной степени варьируют в зависимости от густоты стояния посевов, то при внесении фунгицидов с одинаковой нормой расхода по всему полю на поверхность растений попадают неодинаковые количества препаратов, причем значительные их объемы попадают и в места, на которых отсутствуют культурные растения.

Поэтому на участках поля с редким стеблестоем и слабо развитыми посевами требуется меньший расход рабочей жидкости, чем на более развитых и густых посевах.

Практичным, экономическим и экологическим обоснованием целенаправленного внесения фунгицидов является дифференцирование норм расхода в неоднородных посевах зерновых, рапса или других культур в зависимости от величины растительной поверхности. При этом преследуется цель: с учетом различий в росте и развитии расте-

ний в разных местах одного и того же поля обеспечивать по всей площади равномерное покрытие поверхности фунгицидами. Мерой растительной поверхности является *индекс листовой поверхности* (ИЛП), который выражает отношение *площади поверхности растений* ( $m^2$ ) к *площади поверхности почвы* ( $m^2$ ). Его можно определить с помощью оптических измерительных приборов. На практике для дифференцированного внесения фунгицидов с учетом неоднородности посевов на поле в режиме реального времени рекомендуется применение устройства Crop Meter (рис. 5.34).



Рисунок 5.34 – Основные этапы дифференцированного внесения фунгицидов в режиме реального времени

Элементы технологии обнаружения заболеваний для дифференцированного применения пестицидов на виноградниках показаны на рисунке 5.35.

Технологический процесс состоит из следующих составляющих:

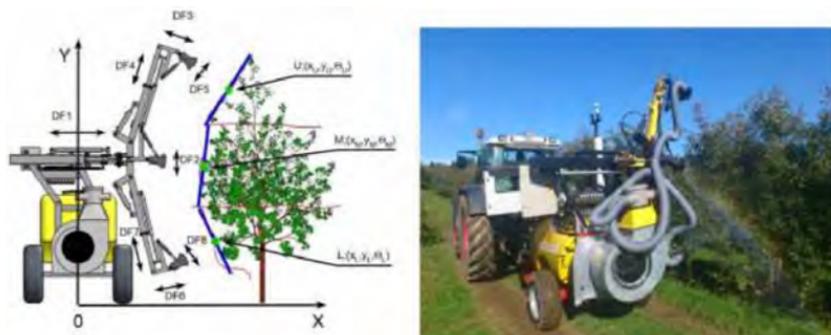
- сканирование очагов заболевания;
- обработка полученных данных и выявление очагов заболевания;
- обновление порядка обработки;
- отправка роботу информации о порядке обработки;
- дифференцированная обработка очагов заболевания;
- дальнейшее перемещение машины.

При использовании ультразвуковой измерительной системы для управления распылителями садовых опрыскивателей экономия расхода пестицидов составляет от 28 до 52%.

Новое устройство с интегрированной системой зондирования заболеваний на основе мультиспектральной визуализации было протестировано в условиях теплицы. Робот способен автоматически обнаружить от 85 до 100% пораженных участков (рис. 5.36).



*Рисунок 5.35 – Технологический процесс дифференцированной обработки виноградников*



*Рисунок 5.36 – Устройство с восемью распылителями, расположенными по форме кроны дерева*

Схема дифференцированного опрыскивания в режиме реального времени представлена на рисунке 5.37.

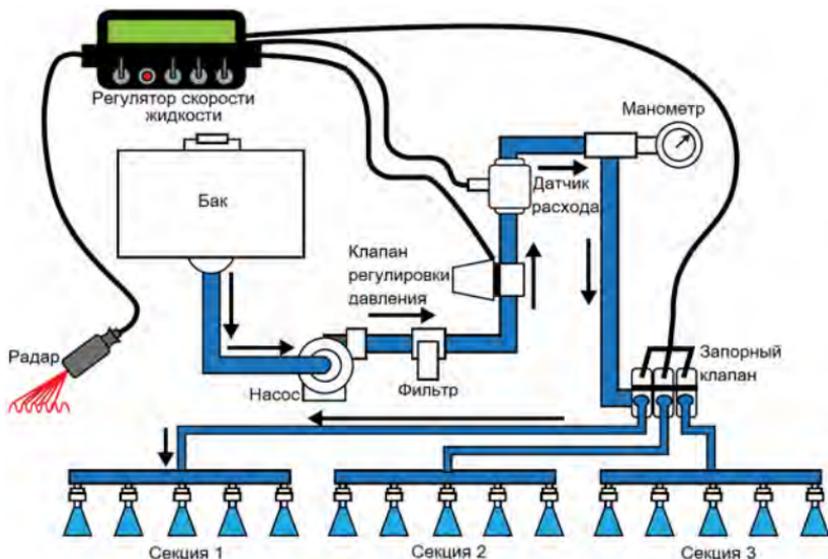


Рисунок 5.37 – Дифференцированная система опрыскивания растений

Система дифференцированного опрыскивания WeedSeeker использует оптические и компьютерные системы для обнаружения сорняков. При попадании сорняка в поле обзора датчика система сигнализирует форсунке о необходимости внесения необходимого количества гербицидов.

Каждый датчик состоит из источника света и оптического датчика (рис. 5.38).



Рисунок 5.38 – Принцип работы системы WeedSeeker

#### **5.2.4. Дифференцированное определение качества убираемого урожая**

В результате неоднородности поля по плодородию получают разные показатели не только урожайности, но и качества убранный продукт. Выравнивания посевов по качеству посредством целенаправленных мер управления возможно добиться не при любых условиях, а, например, в случае, когда в силу засухи внесение третьей дозы азота не обеспечивает повышения качества урожая.

В настоящее время лабораторный анализ качества убранный продукт проводится лишь после уборки взятием выборочных проб, обычно уже в лабораториях закупочных организаций. Так как зерно пшеницы и пивоваренного ячменя можно реализовать на рынке по более высоким ценам, то для хозяйств целесообразно предлагать на продажу партии продукции с одинаковым требуемым качеством.

Разделение партий по качеству непосредственно перед загрузкой в хранилища было бы неоправданным, так как при этом происходит перемешивание продукции разного качества. Поэтому в хозяйствах проводят мониторинг не только урожайности, но и качества продукции в режиме реального времени при комбайновой уборке зерновых, зернобобовых и масличных культур, чтобы можно было разделить партии по этому показателю. С такой целью ведутся исследования и практическое испытание сенсорных систем на основе спектроскопии в ближней инфракрасной области (NIRS), размещенных на элеваторах зерноуборочных комбайнов.

Возможна также уборка зерновых по двухступенчатой технологии на основе предварительного составления карт содержания протеина в зерне. Однако такой подход дорог и не находит применения на практике.

### **5.3. Дифференцированное управление посевами**

Процесс образования сухой массы у культурных растений включает различные фазы, в течение которых накопление вегетативной массы и индекс листовой поверхности, а значит, и возможная урожайность достигают различных величин.

Большинство факторов, воздействующих на эти процессы, могут снижать или повышать урожайность. В первую очередь это почвенно-климатические условия конкретной местности и погодные условия определенного года. Кроме того, в посевах культурных растений наблюдаются конкурентные проявления разного уровня – между органами, растениями культуры и видами (сорняки, вредители, возбудители болезней).

Учитывая состояние всходов, необходимо планировать мероприятия по управлению посевами таким образом, чтобы уменьшить (по возможности – исключить) проявления вредной конкуренции, а также нивелировать отрицательное и усиливать положительное воздействие тех или иных факторов на формирование урожайности.

Под управлением посевами понимается совокупность согласованных агротехнических мероприятий, которые целенаправленно проводятся с учетом места выращивания, погодных условий и состояния посевов для получения оптимальной структуры посевов, достижения высоких показателей урожайности и, следовательно, реализации потенциальной урожайности сорта при оптимальной интенсивности возделывания, без пагубного влияния на внешнюю среду.

Управление посевами предусматривает выполнение следующих мероприятий: применение удобрений, регулирование роста растений, борьбу с сорняками, болезнями и вредителями. Эти мероприятия, по существу, являются элементами технологии возделывания зерновых, рапса и других с.-х. культур. Учитывая взаимную обусловленность компонентов урожайности зерновых и других сельскохозяйственных культур, проведением мероприятий по управлению посевами можно в определенной мере компенсировать недостаточное развитие отдельных ее элементов.

Из разнообразия конкретных почвенно-климатических и погодных условий вытекает, что посевами невозможно управлять по одной и той же схеме. Даже в одном хозяйстве для каждого поля в зависимости от меняющихся в разные годы условий необходимо принимать разные решения.

Тактику управления посевами для достижения высоких показателей урожайности определяют на основе знаний о компонентах урожайности культуры, сорта, особенностей формирования растений в разные фазы развития, исходя из их состояния на конкретном поле.

Таким образом, управление посевами – это комплекс мероприятий, основанных на знании и опыте хозяйствования в определенных природных условиях.

Как правило, управление посевами упрощается при оптимальной густоте стояния посевов после всходов или в начале вегетации. Доступность влаги и длительный период вегетации тоже оказывают влияние на возможность управления посевами.

Мероприятия по управлению посевами зерновых проводятся с целью обеспечения образования оптимальной биологической массы при меньшем потреблении влаги и снижении опасности развития болезней, исходя из оптимальных норм высева для данной местности, умеренной первой дозы внесения азота с учетом  $N_{min}$  в почве и состояния посевов на начальной фазе развития.

Обеспеченность азотом растений в фазе выхода в трубку способствует развитию хорошо сформированных репродуктивных органов.

Излишне раскутившееся злаковое растение требует дополнительно до 30% влаги для образования единицы зерна по сравнению с растениями, имеющими меньшее количество продуктивных стеблей. Конкуренция за влагу между большим количеством стеблей на ранних стадиях приводит к отрицательным результатам в засушливых регионах.

Оптимальный для конкретной местности срок посева и целенаправленные мероприятия по защите растений, исходящие из показателя порога вредоносности, должны быть такими, чтобы они за вегетационный период максимально воспользовались этим для формирования компонентов урожайности.

Конкретные этапы (тактика) управления посевами зависят не только от почвенно-климатических и погодных условий. Проблема современных систем управления посевами заключается в том, что при принятии решения о проведении того или иного мероприятия исходят из условия гомогенности посевов. Неоднородность посевов и условия роста в пределах поля не учитываются. Для такого учета требуется реализация дифференцированного по площади поля управления посевами (рис. 5.39).



Рисунок 5.39 – Схема дифференцированного управления посевами

В настоящее время известны используемые на практике технологии дифференцированного проведения отдельных мероприятий управления посевами, такие как обработка почвы, посев, внесение азота, регуляторов роста, применение гербицидов и фунгицидов. Однако общая модель для упрощения принятия решений о проведении отдельных мероприятий, которая связывала бы воедино отдельные модули, описывала бы их взаимосвязи с использованием эффектов синергизма и повысила бы эффективность дифференцированного управления посевами, пока не создана.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Сущность дифференцированной обработки почвы.
2. Дифференцированное по площади внесение основного удобрения.
3. Особенности дифференцированного по площади посева.
4. Дифференцированное внесение гербицидов и фунгицидов при технологиях online и offline.
5. Сущность дифференцированного по площади внесения азотных удобрений.
6. Пять основных правил при использовании точного земледелия для возделывания риса.
7. Сущность дифференцированного управления посевами.

## **6. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕНСОРНЫХ ДАТЧИКОВ В ТОЧНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ**

### **6.1. Основы применения сенсоров**

Важным элементом технологии точного земледелия, как для работы в режиме реального времени (on-line), так и в режиме off-line, является использование различных датчиков (сенсоров). В то время как датчики, предназначенные для управления и контроля режима работы двигателей и сельскохозяйственных машин, уже давно относятся к стандартам современной аграрной техники, датчики для управления и контроля технологических параметров в настоящее время еще мало применяются на практике.

Датчики предназначены для измерения свойств почвы, растений или животных по электрическим и электромагнитным, оптическим, оптоэлектрическим и радиометрическим, механическим, лазерным, акустическим, пневматическим и термическим параметрам.

Наибольшее практическое применение при измерении и определении различий в отражении и абсорбции солнечного света растительной массой или почвой получили датчики, использующие спектральный анализ.

Применение датчиков, работающих по принципу измерения абсорбции и отражения спектра света, основано на том, что каждая субстанция и органическая часть растений, если их облучают светом, имеет характерные свойства. Специфичность этих свойств такая же, как у отпечатка пальца человека. Это означает, что по спектру света, который растительная проба отражает при облучении, при соответствующей калибровке можно узнать, какие вещества она содержит и в каком количестве. Поэтому спектрометрический анализ находит многостороннее применение, причем чаще всего он проводится в ближней области инфракрасного света.

Во многих датчиках, которые предлагают на рынке для определения содержания азота в посевах культурных растений и оценки качества продуктов, предусмотрено именно измерение отражения.

У растений и почвы при определенной длине волны отражения в значительной степени различаются. Это явление используют также для установления с помощью оптоэлектронных датчиков покрытия

почвы культурными растениями и ее засоренности, а также для определения содержания гумуса.

С помощью лазерных датчиков, помимо отражения растениями солнечного света, измеряют также отражение лазерных лучей. Однако эти датчики в сельском хозяйстве, по сравнению с другими отраслями, пока мало применяются. Некоторые фирмы снабжают зерновые комбайны лазерными датчиками (лазерный пилот), предназначенными для определения расстояния, например до края травостоя.

Датчики для измерения электрических свойств почвы применяют в сельском хозяйстве с целью определения содержания в ней влажности, концентрации ионов солей, а также текстуры и сопротивления переноса.

Для измерения свойств растений, таких как упругость и устойчивость травостоя к полеганию, служат механические датчики.

Большинство датчиков могут использоваться как в режиме реального времени, так и при двухэтапном режиме работы.

Датчики, предназначенные для систем, работающих в режиме реального времени, служат для измерения, диагностики и распознавания свойств почвы и растений, их интерпретации и реализации результатов в технологических процессах в одном рабочем проходе. При двухэтапном режиме работы системы данные измерений датчиков передаются для обработки, накопления и вывода решений (команд) на внешние компьютеры, а команды – исполнительным устройствам с помощью карт-заданий (чип-карт).

## **6.2. Датчики для определения свойств почвы**

Знание свойств почв, определяющих их плодородие, таких как плотность, текстура, влажность, содержание гумуса, питательных веществ и кислотность, является важной предпосылкой для принятия объективных решений в технологии точного земледелия.

**Определение плотности почвы.** Плотность, т. е. масса твердой фазы определенного объема почвы ненарушенной структуры, достаточно легко определяется в полевых условиях. Ее можно использовать в качестве обобщенного показателя физического состояния почвы, характеризующего ее пригодность для возделывания сельскохозяй-

ственных культур. Плотность характеризует структуру почвы; ее увеличение указывает на уплотнение почвы, возрастание сопротивления пенетрации и росту корней растений. Ее величина сказывается на всем комплексе почвенно-физических свойств в водном, воздушном и тепловом режимах.

С плотностью почвы связан важный агрофизический показатель – *сопротивление пенетрации почвы (грунта)  $P_{pen}$* , под которым понимают сопротивление почвы внедрению в нее металлического зонда цилиндрической или конусообразной формы небольшого диаметра (обычно 1–5 мм). Этот показатель измеряют специальными приборами – *пенетрометрами (плотномерами)*. При внедрении зонда (рис. 6.1а) происходят разнообразные процессы: уплотнение почвы, деформации сдвига, а также трение металла о почву.

Поэтому этот параметр отражает разнообразную информацию, но в большинстве случаев представляет интерес как самостоятельная величина – сопротивление пенетрации. Датчики для ее измерения могут иметь конический (рис. 6.1а и б) либо цилиндрический штамп (рис. 6.1в), а по принципу работы, т. е. измерению силы, которая необходима для внедрения штампа, различают пружинный (рис. 6.1б) и ударный (рис. 6.1в) типы пенетрометров.

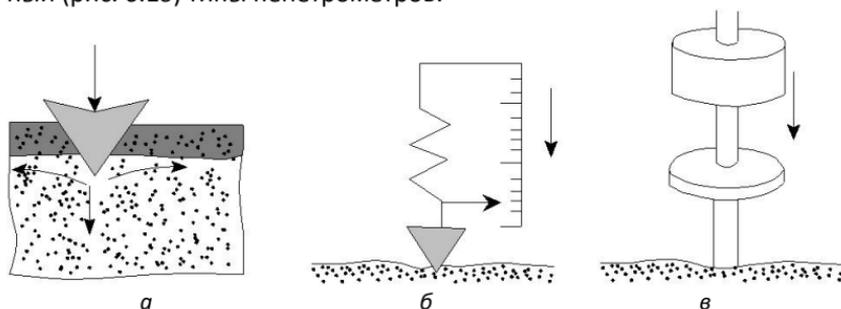


Рисунок 6.1 – Схема внедрения конического штампа пенетрометра (а) в почву и основных типов пенетрометров: пружинного (б) и ударного (в)

Сопротивление пенетрации для плотнометров ударного типа рассчитывают по массе скользящего груза, высоте и количеству падений. Для расчета *сопротивления пенетрации (кг/см<sup>2</sup>)* используют следующую формулу:

$$P_{pen} = n (mg \cdot h_1) / (S \cdot h_2), \quad (6.1)$$

где  $P_{pen}$  – сопротивление пенетрации;

$n$  – количество падений груза;

$m$  – масса;

$h_1$  – высота;

$S$  – площадь погружаемого в почву стержня;

$h_2$  – глубина внедрения стержня.

Сопротивление пенетрации зависит от разнообразных почвенных свойств. Прежде всего это влажность, при которой производятся полевые измерения. Кроме того, оно зависит от таких свойств почвы, как гранулометрический и агрегатный состав.

Определение показателя сопротивления пенетрации почвы в хозяйствах важно не только для общей характеристики почвы как среды и места обитания растений, но особенно для ее оценки как предмета механической обработки. Измеряя сопротивление расклиниванию, определяют вредные деформации почвы при обработке ее в пересушенном и переувлажненном состояниях и чрезмерное уплотнение в отдельных генетических горизонтах, которое создается в результате обработки или протекающих в ней естественных процессов. Этот показатель отличается значительными колебаниями из-за мелкомасштабной неоднородности почвы в пределах поля.

При высоких значениях этого показателя часто заметно снижается полевая всхожесть семян и проявляется значительное механическое сопротивление развивающейся корневой системе растений, изменяются водный, воздушный и тепловой режимы почвы, что отрицательно сказывается на развитии посевов.

Именно поэтому измерение сопротивления пенетрации является обязательным при агрофизическом обследовании почвенного покрова. Однако при этом следует учитывать содержание влаги в почве, ее влажность, а также метод (прибор), с помощью которого производится измерение этой важной характеристики. Критическим значением сопротивления расклиниванию, при котором проникновение корней в почву затруднено и растения начинают заметно страдать от этого, для почв среднесуглинистого состава считается величина 2–3 МПа (20–30 кг/см<sup>2</sup>).

Измерение  $P_{\text{реп}}$  для учета неоднородности почв в рамках поля весьма затратно. Поэтому применяют разного рода мобильные пене-трометры, которые облегчают работу и повышают производительность измерений.

Наличие соответствующего оборудования позволяет использовать системы глобального позиционирования, что очень важно для выбора участков при неоднородности поля.

**Определение влажности, содержания солей и гранулометрического состава почвы по ее электропроводности.** При возделывании культурных растений необходима разносторонняя информация о почве, которая используется при закладке посевов и управлении ими, например данные о гранулометрическом составе, плотности, ионообменных свойствах почвы, о доступной растениям влаге и о воздухоемкости почвы.

Гранулометрический состав влияет на плотность залегания почвы и на ее ионообменные свойства. Чем меньше механические частицы, тем больше плотность почвы и тем значительнее ее обменная способность. Объем и распределение пор в почве влияют на содержание и формы связи влаги, на воздушный режим, а благодаря этому – и на тепловой. Следовательно, гранулометрический состав характеризует важные свойства почвы, которые, как и обусловленное ими плодородие поля, отличаются большой неоднородностью. Для дифференцированной системы проведения агротехнических мероприятий необходимо определять ее с помощью соответствующей измерительной техники, работа которой основана на учете различий физических свойств почвенной текстуры. Для этой цели на практике получило распространение измерение *электропроводности* или обратной ей величины – *электрического сопротивления почвы*.

*Электропроводность* является функцией плотности почвы, определяющей гранулометрический состав, содержание влаги, электропроводность почвенного раствора и температуру.

Для определения электрической проводимости измеряют либо постоянный ток, либо электромагнитные поля переменного тока (электромагнитную индукцию). Об измерении свидетельствует интегрированный сигнал, поступающий из почвы с определенной глубины. Он коррелирует с содержанием солей и ила, влаги и органических веществ в почве.

На практике наиболее распространенными являются прибор Veris 3100 американской фирмы Veris Technologies, работающий на основе измерения постоянного тока (рис. 6.2), и прибор EM38, который основан на измерении электромагнитной индукции.

Измерение электропроводности – относительно трудоемкое мероприятие. При определении электропроводности почвы измерительный прибор EM38 движется на пластмассовых санях на расстоянии 7–10 м от движителя (обычно автомобиля или трактора) по технологическим колеям поля или ручным способом. Это расстояние необходимо для устранения влияния магнитных полей от автомобиля или трактора (прибор особенно реагирует на все металлические предметы).



*Рисунок 6.2 – Общий вид прибора Veris 3100*

Измерение электропроводности почвы применяется в сельском хозяйстве для определения содержания солей в сильнозасоленных почвах. При этом электроды устанавливаются в почву и измеряют величину тока на месте либо отбирают пробы почвы и измеряют их электропроводность в условиях лаборатории. Для упрощения этого дорогостоящего метода при определении влажности и концентрации солей в почве разработана бесконтактная техника измерения электрической емкости, или электромагнитной индукции. Например, для непрерывного измерения содержания солей и влажности почвы на разных

глубинах почвенного профиля используют датчики типа Triscan (рис. 6.3) австралийской фирмы Sentek sensor technologies.

Электрическое поле в датчике распространяется через стенки пластмассовой трубы в почву, и после соответствующей калибровки он позволяет получить точные данные о влажности почвы и содержании в ней солей.



Рисунок 6.3 – Датчик Triscan для измерения электрической емкости почвы

Однако на глинистых почвах эти датчики не функционируют. Специальное программное обеспечение (IrriMax) позволяет проследить развитие засоления почв, изменение влажности почвы и «движение» солей при орошении и внесении удобрений, а также сопоставлять их с данными распределения осадков и изменения уровня стояния грунтовых вод.

С помощью соответствующих интерфейсов датчики можно интегрировать в разные системы.

Система Cairpos беспроводного мониторинга влажности почвы и погоды представлена на рисунке 6.4, она состоит из базовой станции, датчиков и веб-приложения. К базовой станции можно подключить до 32 датчиков с помощью кабеля и до 64 беспроводных.

На рисунке 6.5 представлен принцип работы системы.

Система мониторинга влажности почвы состоит из станции влажности почвы и веб-приложения (рис. 6.6).

Датчики влажности почвы можно подключить прямо к станции и через беспроводные сенсорные узлы.



Рисунок 6.4 – Система Cairros беспроводного мониторинга влажности почвы и погоды

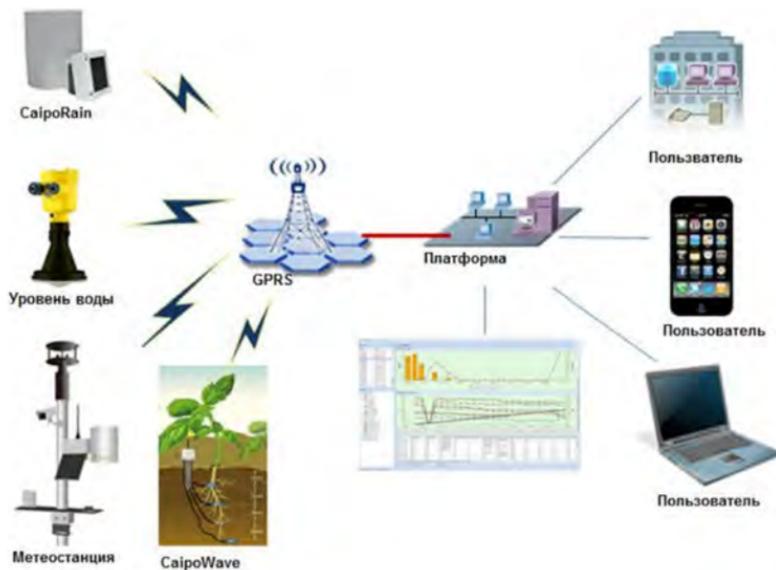


Рисунок 6.5 – Принцип работы системы Cairros

**Определение содержания гумуса (органической субстанции) в почве.** Важным показателем плодородия почвы является содержание гумуса.

Так как во многих регионах почвы по содержанию гумуса характеризуются значительной мелкокомасштабной неоднородностью, в пределах одного поля требуется проведение дифференцированных мероприятий по его воспроизводству. Поэтому точное определение содержания гумуса проводится в относительно мелких растрах. Однако оно требует проведения дорогостоящих лабораторных анализов, связанных с озолением при температуре около 800°C либо с окислением почвы горячей хромистой серной кислотой.

Чтобы обойтись без проведения дорогостоящих лабораторных анализов в системе точного земледелия, содержание гумуса определяется дистанционно с помощью спектрометров с использованием различий в отражении солнечного света органическими веществами, преимущественно в ближней инфракрасной части спектра.

### **6.3. Датчики для измерения свойств растений и травостоев**

Для бесконтактного измерения параметров, характеризующих рост и развитие растений (образование биомассы), а также других параметров травостоев применяют системы отражения дневного света и излучений искусственных источников (рис. 6.6).

Чаще всего работы проводят с использованием лазерных датчиков (рис. 6.7).

**Датчики для определения доз азота (N-датчики) и регуляторов роста.** Первые имеют большое практическое значение для дифференцированного внесения второй или третьей дозы азотных удобрений. На рынке представлены системы датчиков, работающие на основе рефлексии видимого света, лазерных лучей и сопротивления травостоев изгибу.

В основу работы датчика положен следующий принцип: в достаточной степени богатые азотом посевы, благодаря более высокому содержанию хлорофилла, имеют иной спектр рефлексии, чем менее обеспеченные. Они функционируют на основе измерения интенсивности пада-

ющего на посев естественного света либо искусственного источника излучения и отражения неабсорбированной доли излучения. Такие датчики могут работать как в системах реального времени (on-line), так и в двухэтапных системах (off-line).

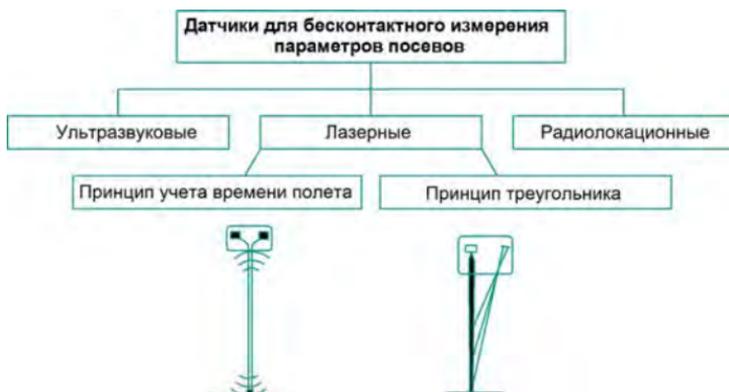


Рисунок 6.6 – Датчики для бесконтактного измерения параметров посевов и определения их свойств

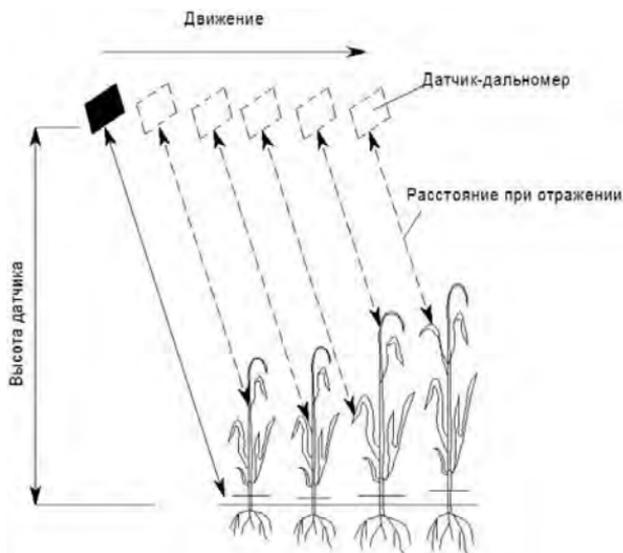


Рисунок 6.7 – Использование лазерных датчиков

*Датчики, работающие на основе отражения света или лазерных лучей. Среди подобных систем YARA N-датчик (фирма AgriCon) представлен на рынке достаточно давно (с 1999 г.).*

Прибор с датчиком (фотодиодами) устанавливают на крышу трактора (рис. 6.8), и он на ходу измеряет интенсивность падающего на посев света и отражение абсорбированной его части. С помощью добавочного датчика инфракрасного света определяют биологическую массу. В кабине трактора монтируется агрономический терминал для обслуживания датчика.



*Рисунок 6.8 – Система YARA N-датчик для определения доз азота: а – установленная на тракторе; б – элементы системы.*

Одновременно происходят измерение и обработка данных, полученных с двух полос (справа и слева от трактора) площадью 25–35 м<sup>2</sup> каждая.

Для измерения требуется в достаточной степени развитый посев, так как чем меньше растение, тем более искажены результаты измерения из-за влияния отражения лучей почвой. Поэтому датчик можно применять только после фазы кущения растений.

Предпосылкой эффективной работы этих систем является отсутствие у посевов симптомов недостатка хлорофилла, которые вызваны дефицитом не азота, а других элементов, например серы и магния. Чрезвычайное засорение посевов так же ограничивает работу датчика, как и наличие увядших листьев после засухи. Повреждение листовой поверхности болезнями, вызывающими листовую пятнистость,

тоже искажает результаты измерения. Проблемы в работе датчика вызывает и избыток влаги на листовой поверхности, например роса на листьях.

По показателю отраженного посевого света рассчитывают спектральный индекс (содержание азота и биомасса). В зависимости от степени изменения поглощения азота и биомассы доза азота варьирует от 0 до 120 кг/га.

Для приспособления датчика к полевым условиям – конкретной ситуации местонахождения – требуется его калибровка. При этом определяют диапазон регулирования между минимальными и максимальными дозами удобрения, в пределах которого система самостоятельно рассчитывает необходимое количество азота на основе алгоритма приложения. Калибровку проводят на основе измерения отражающей способности посевов и соответствия каждому ее показателю определенного количества азота.

На основе многолетних анализов и многочисленных опытов на посевах озимых зерновых установлено, что применение YARA N-датчика позволяет:

- повысить урожайность на 3–7%;
- снизить затраты азотных удобрений на 10–15%;
- повысить содержание сырого протеина у озимой пшеницы на 0,2–0,5%.

Принцип действия системы MiniVeg N фирмы Georg Fritzmeier GmbH & Co.KG основан на возбуждении молекул хлорофилла внешним источником лазерных лучей. Вызванную благодаря этому флуоресценцию измеряют совместно с природной и на этой основе рассчитывают индекс флуоресценции. Этот индекс при незначительном обеспечении посевов азотом или при других стрессовых факторах (болезни, засуха) снижается, а при высоком уровне снабжения – возрастает.

Прибор установлен на тракторе фронтально (рис. 6.9) и имеет ширину 6 м. Он состоит из четырех независимо работающих датчиков, которые расположены вертикально по отношению к посеву.

Система MiniVeg измеряет флуоресценцию верхних листьев и частей стеблей. Для его функционирования необходима точная установка по высоте благодаря двум ультразвуковым датчикам с соответствующей гидравлической регулировкой. В процессе работы получают

информацию о флуоресценции и высоте посева, а также о равномерности освещенности листьев растений. Частоту измерений регулируют в зависимости от скорости движения в диапазоне 5–20 кгц, это обеспечивает точность учета количества растений.



*Рисунок 6.9 – Система MiniVeg N для определения доз азота*

Так как система измеряет абсолютную обеспеченность посева азотом, то при этом не требуется калибровка. Система калибруется автоматически с помощью встроенного стандарта флуоресценции. Доза азота рассчитывается по данным измерения на основе модели потребности растений в азоте в зависимости от культуры, планируемой урожайности и характера использования убранный продукт. В бортовом компьютере для этого сохраняются соответствующие функции (кривые) регулирования.

По принципу определения интенсивности абсорбции света посевами в видимой и близкой к ней инфракрасной частях работает датчик Crop Circle Sensor. Измерения проводят с помощью двух собственных источников света, так что система может работать и в ночное время. На основе различий в интенсивности абсорбции определяют разнородность в обеспеченности растений азотом. Данная система работает лишь в двухэтапном режиме, т. е. данные измерений накапливаются на PDA и переносятся на компьютер в офисе для составления аппликационной чип-карты. Таким образом, требуется два объезда поля: для измерения и для внесения доз азота на основе чип-карт.

С собственным источником излучения и измерением рефлексии по принципу NDVI работает система сенсоров GreenSeeker. Этот принцип можно выразить с помощью формулы

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}, \quad (6.2)$$

где *NIR* – отражение в ближней инфракрасной области спектра;  
*RED* – отражение в красной области спектра.

Согласно формуле (6.2) плотность растительности (NDVI) в определенной точке изображения равна разнице интенсивности отраженного света в красном и инфракрасном диапазонах, деленной на сумму этих показателей.

Расчет NDVI базируется на двух наиболее стабильных (не зависящих от прочих факторов) участках спектральной отражательной способности высших сосудистых растений. В красной области спектра (0,6–0,7 мкм) расположен максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом растений, а в инфракрасной области (0,7–1,0 мкм) находится область наибольшего отражения клеточных структур листа. Таким образом, высокая фотосинтетическая активность (связанная, как правило, с густой растительностью) приводит к меньшему отражению в красной области спектра и большему – в инфракрасной. Отношение этих показателей друг к другу позволяет четко отделять и анализировать растительные объекты от прочих природных. Использование не просто отношения, а нормализованной разности между минимумом и максимумом показателя отражения увеличивает точность измерения, позволяет уменьшить влияние таких явлений, как различия в освещенности снимка, облачность, дымка, поглощение радиации атмосферой и др.

GreenSeeker могут присоединяться к отдельным форсункам или в разном количестве к частям опрыскивателя или тукоразбрасывателя (рис. 6.10). Прибор может регулировать внесение азотных удобрений в твердой или жидкой форме. Его используют и для дифференцированного внесения регуляторов роста.

Датчики для измерения отражения лазерных лучей травостоями также можно использовать с целью определения потребности растений в азоте. Они работают по принципу измерения длительности движения света или методом триангуляции. У датчиков, работающих по принципу триангуляции, сенсором направляется лазерный луч, который на определенном расстоянии попадает на поверхность (например, часть растения

или почву) и диффузно отражается. Через линзу отраженный свет попадает на приемник, который обеспечивает подачу сигнала, пропорционального расстоянию. Поэтому такие сенсоры используют для измерений на незначительных расстояниях (несколько метров), в то время как сенсоры, работающие по принципу измерения длительности движения света, пригодны для ограниченных и дальних расстояний.



*Рисунок 6.10 – Датчики GreenSeeker RT200*

### **Датчики для компьютерного мониторинга и составления карт урожайности**

Мониторинг и картирование урожайности культур, убираемых зерноуборочными и кормоуборочными комбайнами, являются важным и полезным источником информации о неоднородности урожайности на отдельных участках полей. Компьютерный мониторинг урожайности не позволяет установить причины возникновения различий в ней, но показывает, на каких участках поля следует проводить дальнейший анализ, чтобы выяснить, чем вызвана эта разница.

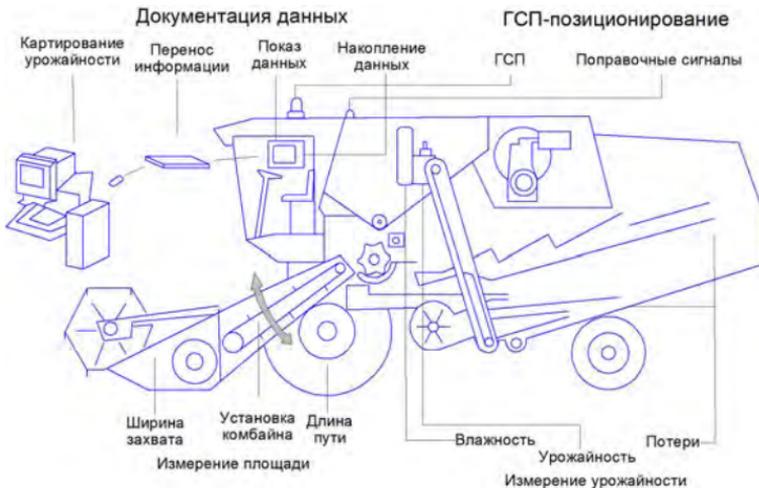
Проведение такого мониторинга на протяжении нескольких лет способствует выявлению зон с разным потенциалом урожайности в пределах одного поля. Накопленные данные можно использовать прежде всего для:

- контроля эффективности растениеводческих мероприятий;
- идентификации проблемных зон;

- выявления и установления границ зон управления;
- определения стратегии хозяйствования на данном поле;
- проведения экономического анализа.

Картирование урожайности в настоящее время проводится для всех культур, которые убирают зерноуборочными комбайнами (зерновые, зернобобовые, кукуруза на зерно, рапс и другие масличные культуры), а также кормоуборочными комбайнами. Предпосылкой для этого стало оснащение уборочной техники ДГСП-приемниками и датчиками для измерения урожайности. Накопление и обработка данных измерения осуществляются с помощью электронно-вычислительного модуля, информационной системы и программы картографирования, заложенной в бортовых компьютерах (рис. 6.11).

При картировании урожайности производят ДГСП-позиционирование комбайна (координаты и время), геокодирование измерительных данных и их накопление в бортовом компьютере. Такими системами оборудованы зерноуборочные комбайны всех ведущих фирм. На рынке предлагают также первые кормоуборочные комбайны с соответствующими датчиками.



*Рисунок 6.11 – Схема оснащения уборочного комбайна для картирования урожайности*

Помимо датчиков урожайности зерноуборочные комбайны оборудованы приборами, предназначенными для измерения влажности

зерна, а также определения рабочей скорости и ширины захвата, а в некоторых случаях – датчиками наклона.

Датчики урожайности на зерноуборочных комбайнах выдают отдельные измерительные показатели (пропускная способность зерна), по которым урожайность вместе с данными об уборанной площади вычисляют с помощью формулы

$$У = [(п \cdot Т) / (м \cdot ш)] \cdot [(1 - В_1) / (1 - В_2)], \quad (6.3)$$

где У – показатель урожайности, ц/га;

п – пропускная способность комбайна (выраженная в показателях объема или массы), т/ч;

Т – интервал между измерениями, с;

м – путь, пройденный между двумя измерениями, м;

ш – ширина захвата, м;

В<sub>2</sub> – требуемая влажность зерна, %;

В<sub>1</sub> – влажность зерна при уборке, %.

Помимо данных об урожайности, бортовой компьютер в картолке урожайности (банке данных) накапливает дополнительные сведения (как правило, 300–500 точек на 1 га). Каждая строка данных в ней соответствует одной точке измерения. Картолка включает следующие данные: географическая широта, долгота, высота и точность их определения; сведения о культуре, калибровке системы; показатели датчика урожайности; дата, время измерения.

Датчики урожайности измеряют поток зерна в головке элеватора зерноуборочного комбайна. По принципу работы различают системы прямого измерения, которые определяют объем (массу) потока зерна или число импульсов, создаваемых зерном при прохождении по головке элеватора, и системы косвенного измерения, которые фиксируют абсорбцию зерном лучей от внешнего источника излучения.

В системах прямого измерения датчики работают по принципу определения:

– объема (массы) проходящего зерна с помощью фотоячейки;

– импульсов усилий, которые проходящий поток зерна вызывает на измерительном щупе или при ударе об отбойный щиток.

В первом случае в головке зернового элеватора находятся фотоячейки, которые измеряют период, в течение которого свет не достигает фотодатчика (рис. 6.12а).

Чем больше этот временной отрезок, тем выше уровень наполнения ячеек элеватора или объем протекающего зерна. Для определения проходимости зерна (масса на единицу времени) необходимо знать его насыпную плотность. Она считается во время уборки постоянной величиной. Урожайность вычисляют из объема конуса насыпки и насыпной плотности.

Для компенсации влияния склона на показатель урожайности при работе уборочного комбайна в наклонном положении системы измерения объема дополнительно оборудуются датчиками наклона.



Рисунок 6.12 – Схема измерения объема проходящего зерна в элеваторе:

*а – фотоячейкой; б – измерительным щупом; в – отбойным щитком.*

По этому принципу на практике работают, например, системы Ceres 2, Ceres 8000 фирмы RDS Technology Ltd и зерноуборочные комбайны фирмы Claas, оборудованные системой Quantimeter 2 фирмы Agrosom.

У систем, которые работают по принципу определения усилий и вызванных ими импульсов, в головке зернового элеватора помещают либо измерительный щуп (рис. 6.12б), либо отбойный щит (рис. 6.12в).

В первом случае измерительный щуп фиксирует импульс, который вызывает проходящее зерно. Чем интенсивнее этот поток, тем больше импульс. Во втором случае проходящие зерна ударяются об отбойный щиток. При этом измеряют импульс, который при постоянной скорости движения элеватора пропорционален убранной массе зерна. С использованием дополнительных показателей можно вычислять также и урожайность зерна, полученного с данной площади. На этом принципе измерения урожайности основана работа, например, систем

Greenstar фирмы John Deere, Advanced-Fanning Systems фирмы Case, N-Net-системы фирмы Massey Ferguson и Fieldstar-системы фирмы Fendt.

У датчиков, которые измеряют количество зерна в элеваторе косвенным способом, слабый радиоактивный источник излучения имитирует гамма-лучи, поступающие от радиоактивного элемента к детектору (рис. 6.13).

Зерно, проходящее через головку элеватора, поглощает определенное количество этого излучения. Сравнивают интенсивность гамма-излучения, которое имитирует источник с одной стороны элеватора, с интенсивностью излучения, которое принимает радиодетектор с другой стороны элеватора. При проходе большого объема зерна абсорбция гамма-излучения также увеличивается и показатель радиодетектора становится относительно низким. При проходе меньшего количества зерна получают, наоборот, высокие показатели радиодетектора.



*Рисунок 6.13 – Схема косвенного определения импульса прохода зерна в зерновом элеваторе измерением интенсивности гамма-лучей радиоактивного элемента в радиодетекторе*

В этой системе работают, например, зерноуборочные комбайны фирм Massey Ferguson (Flow-Control-система) и Fendt (Dronningborg).

Все системы определения урожайности в современных зерноуборочных комбайнах включают также датчики для измерения влажности зерна. Они расположены у входа в элеватор или в зерновом баке и работают по принципу измерения электропроводности: чем более влаж-

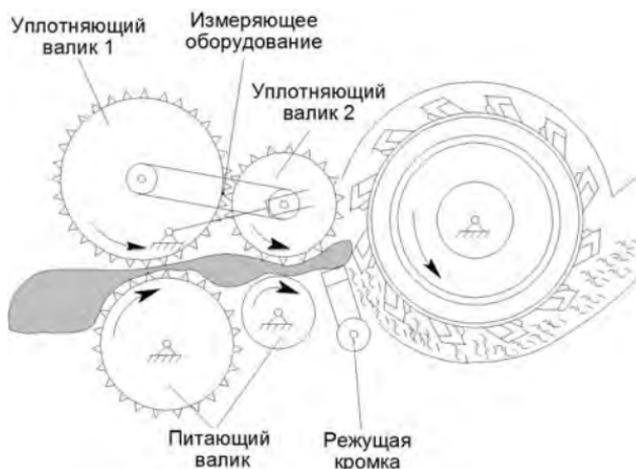
ное зерно, тем она выше. Определив влажность зерна, можно пере- считать убранный его объем в стандартную сухую массу либо отнести его к базисной влажности, благодаря чему достигается сравнимость результатов измерения.

**Принцип работы датчиков на кормоуборочных комбайнах.** Дат- чики, предназначенные для определения урожайности зеленой массы при работе кормоуборочных комбайнов, измеряют давление питаю- щих валиков и отклонение валиков предварительного прессования, а также скорость потока зеленой массы (рис. 6.14).

Чем больше зеленой массы принимается, тем выше давление ва- ликов. При помощи соответствующей калибровки на основе данных давления рассчитывают показатели проходящей массы.

Фирмы John Deere и Claas предлагают на рынке уборочную тех- нику, оборудованную такими системами компьютерного мониторинга урожайности.

Кормоуборочные комбайны фирмы John Deere дополнительно оборудованы датчиками для бесконтактного определения сухой массы (Harvest Lab) при уборке. Они работают по принципу абсорбции инфракрасного света.



*Рисунок 6.14 – Схема работы датчика для определения урожайности зеленой массы в кормоуборочном комбайне*

**Датчики для определения засоренности, пораженности болезнями и вредителями.** Совершенствование методов мониторинга засоренности посевов и степени их поражения вредными организмами для дифференцированного внесения средств защиты растений с учетом мелкомасштабной неоднородности их распределения по полю весьма актуально. На протяжении многих лет ведутся интенсивные работы по использованию с этой целью системы датчиков.

*Датчики для определения засоренности.* Процесс дифференцированного внесения гербицидов с учетом неоднородности засорения включает следующие этапы:

- сбор данных, необходимых для принятия решения о внесении гербицидов с учетом мелкомасштабной неоднородности засоренности поля;
- обработка данных и их оценка с точки зрения экологического и экономического факторов;
- управление работой опрыскивателя с учетом неоднородной засоренности поля.

Двухэтапные технологические решения весьма затратны, на практике преимущественное значение приобретают системы, работающие в режиме реального времени, когда сбор данных, их обработка и управление опрыскивателем проводятся в одном рабочем проходе. Компьютер оперативно передает сигналы управления опрыскивателю. При этом большое значение имеет расстояние между датчиком и штангой опрыскивателя, а также достаточный размер площади обследования для системы датчиков, чтобы достоверно оценить порог вредоносности. Из всех таких испытанных систем наибольшее практическое значение имеют две:

- на основе оптических или оптоэлектронных датчиков;
- на основе цифровой расшивки снимков.

Эффективность системы зависит от того, достаточно ли определение общей засоренности или необходимо учитывать отдельные виды сорняков. Системы оптических или оптоэлектронных датчиков лишь определяют общий объем сорняков, не различая их видов, а с помощью системы, предназначенной для цифровой расшивки снимков, можно также определить их состав.

**Оптические или оптоэлектронные датчики** работают по принципу отражения света, при этом необходимо учитывать, что у почвы и рас-

тений оно разное. Красный свет (600–700 нм) интенсивно поглощается хлорофиллом, а близкий к инфракрасному (750–1000 нм) в значительной степени им отражается. Отражение почвой или мертвыми растительными частями возрастает постепенно по всему спектру.

По величине отношения отражения в инфракрасной области к красной ( $Q$ ) можно четко различать зеленые растения. Величина  $Q$  для почвы составляет 1,1–1,5, а для зеленых растений – 6–15.

С 1992 г. подобная система под названием Detectspray представлена на рынке в Австралии. Она применяется при внесении неселективных гербицидов на парах, в плодовых садах и виноградниках, при консервирующей обработке почвы, на лугах и пастбищах для уничтожения очагов сорняков, а также на насыпях железной дороги. Эта система была усовершенствована в конце 1990-х гг. в Германии и теперь известна под названием «система SBB».

В усовершенствованной системе ослаблена калибровка благодаря введению датчика дневного света, что снизило объем времени, затраченного на измерение (с 3,3 до 2 мс). В связи с этим стала возможной работа с достаточной точностью в диапазоне рабочей скорости опрыскивателя 0,4–8 км/ч.

Эта система обнаруживает сорняки на площади более 1 см<sup>2</sup> и с достаточной точностью работает на участках, занятых техническими культурами (кукуруза, сахарная свекла). В зависимости от типа опрыскивателя она может управлять отдельными форсунками или определенной секцией штанги с насадками.

В США запатентована система WeedSeeker, которая работает так же, как и GreenSeeker, с собственным источником света, определяя величину NDV-индекса (рис. 6.15).

*Технические возможности опрыскивателей для дифференцированного внесения гербицидов.* Для их внесения и применения других средств защиты растений с учетом неоднородности распределения вредных объектов на участках поля кроме достаточно точно работающих датчиков необходимо располагать техникой, позволяющей производить опрыскивание с переменным регулированием расхода. Она должна обеспечивать точное дозирование расхода препарата на конкретных участках поля в зависимости от их засоренности в доли секунды.



Рисунок 6.15 – Система WeedSeeker:  
 а – общий вид; б – принцип действия.

Современные опрыскиватели обладают целым рядом технических возможностей для точной реализации мероприятий по защите сельскохозяйственных растений при работе в режиме реального времени и в двухэтапном технологическом режиме. К ним относятся: выключение всей системы опрыскивания или отдельных распылителей, изменение ширины захвата с помощью быстродействующих электромагнитных, шариковых или других клапанов. Необходимый объем расходуемых препаратов регулируют с помощью бортовых компьютеров изменением скорости движения и давления.

У гидравлически регулируемых распылителей изменение расхода рабочей жидкости при работе в режиме реального времени производится в малом диапазоне, так как при постоянной скорости движения опрыскивателя их регулировка возможна лишь за счет варьирования давления. Однако при этом изменяется размер капель, который, в свою очередь, влияет на распределение препарата по поверхности объекта и на качество опрыскивания.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Особенности использования для режимов работы online и offline различных датчиков (сенсоров).
2. Датчики для определения свойств почвы.
3. Сущность процесса определения электропроводности почвы.

4. Особенности определения содержания органической субстанции (гумуса) в почве.
5. Датчики для определения доз азота и регуляторов роста.
6. Датчики, работающие на основе отражения света или лазерных лучей.
7. Датчики для определения сопротивления стеблестоев изгибу.
8. Принцип работы датчиков для компьютерного мониторинга и составления карт урожайности.
9. Принцип работы датчиков на кормоуборочных комбайнах.

## 7. МОНИТОРИНГ СЕЛЬХОЗУГОДИЙ И ПОЛЕВЫХ РАБОТ

### 7.1. Методы и технические средства мониторинга сельхозугодий и полевых работ

Классификация способов сбора данных для мониторинга состояния посевов представлена на рисунке 7.1. Следует отметить, что методы и технические средства сбора измерительной информации одинаковы для обоих направлений – наземных и дистанционных. Отличия возникают на дальнейших этапах – при обработке, анализе и интерпретации данных.



Рисунок 7.1 – Способы мониторинга посевов

Схема отражает классификацию способов мониторинга как по методу получения информации – дистанционно или непосредственно в поле, так и по технологии выполнения измерений – с помощью приборов либо визуально (с фиксацией данных вручную). При этом предполагается, что дистанционные средства, как воздушные, так и космические, являются беспилотными, т. е. управляются с земли.

К наземным техническим средствам, используемым при реализации инструментальных полевых методов мониторинга, относятся метеостанции, мобильные агрохимические лаборатории, системы высева семян, влагомеры, спектрометры и др.

### **Метеостанции**

С их помощью производят измерение температуры и относительной влажности воздуха, скорости и направления ветра, атмосферного давления, количества осадков за различные периоды времени, ультрафиолетовой и солнечной радиации и др. (рис. 7.2). Эти измерения можно использовать для прогнозирования заболеваний растений, расчета коэффициентов испарения и т. д.



*Рисунок 7.2 – Метеостанция беспроводная Davis Instruments Vantage Pro2*

### **Влагомеры**

Используются разных типов – термостатно-весовые, тензометрические, радиоактивные, электрические, оптические.

Принцип действия прибора Wile 55 (рис. 7.3) основан на определении емкостного сопротивления зерна. Прибор одновременно проводит несколько десятков измерений, а потом выдает на дисплей усредненный результат.



*Рисунок 7.3 – Влагомер зерна Wile 55*

**Ручные спектрометры** (например, GreenSeeker) – датчики азота (рис. 7.4).



*Рисунок 7.4 – Система GreenSeeker*

Устройство оснащено оптическими датчиками, каждый из которых имеет свой источник света и может использоваться при любых погодных условиях и времени суток. Излучение этих источников света в красном и ближнем инфракрасном диапазоне отражается от растений и попадает на фотодиод, расположенный в головной части датчика. Таким образом, измеряется индекс NDVI, характеризующий объем биомассы, по значениям которого в режиме реального времени может быть рассчитана доза азотных удобрений для конкретного участка посевов.

## Мобильные агрохимические лаборатории

Их оборудование позволяет определять основные параметры химического состава почвы непосредственно в поле (рис. 7.5).



*Рисунок 7.5 – Мобильная агрохимическая лаборатория*

## Системы контроля посева

Многие современные посевные комплексы оснащены аппаратно-программными системами, регистрирующими в реальном времени данные о процессе посева (расход семян, расстояние между соседними точками посева и др.). Так, универсальная система высева семян (рис. 7.6) контролирует процесс работы посевного комплекса и представляет оператору информацию по измеряемым технологическим параметрам и исправности оборудования, что позволяет своевременно принимать необходимые меры для обеспечения качества посева и предотвращения выхода из строя оборудования.

Аппаратно-программные системы, разработанные итальянской фирмой MC Elettronics (рис. 7.7) позволяют своевременно обнаруживать забивание сошников, отключать их при проезде по уже засеянной зоне, контролировать уровень посевного материала и удобрений в бункерах; управлять нормой высева, управлять блокировкой рядов во время посева.

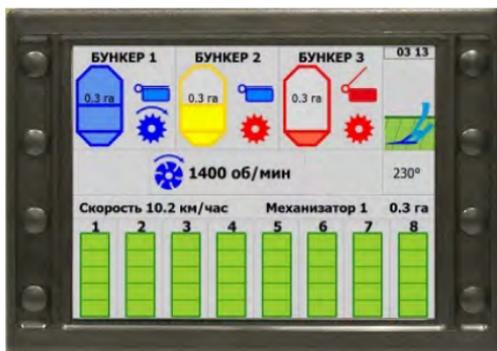
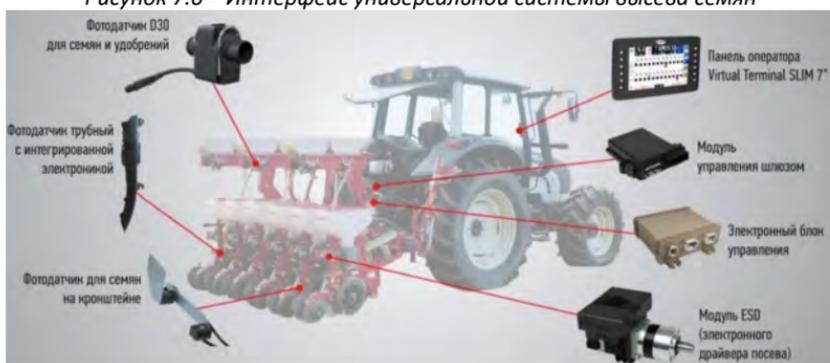
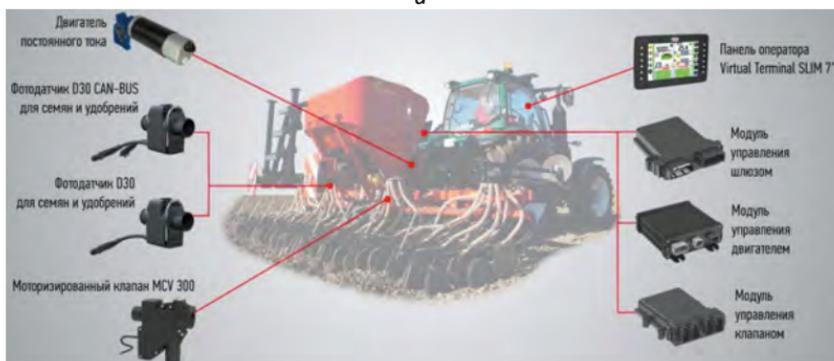


Рисунок 7.6 – Интерфейс универсальной системы высева семян



а



б

Рисунок 7.7 – Система контроля высева MC Elettronics: а – сеялка для пропашных культур; б – зерновая сеялка.

Такая система, устанавливаемая на оборудовании американской фирмы Precision Planting, обеспечивает наиболее полный контроль и управление процессом посева: правильную раскладку семян; равномерное заглубление без переуплотнений; увеличение скорости посева; полный контакт семени с почвой; автоматическое отключение рядков при проезде по уже засеянной зоне; контроль и управление посевом из кабины (рис. 7.8).



Рисунок 7.8 – Оборудование фирмы Precision Planting

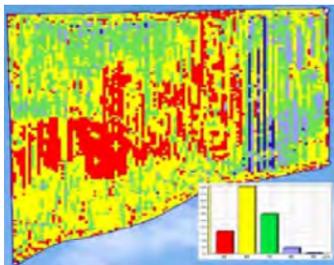
### Системы картирования урожайности

Это аппаратно-программная система, измеряющая и фиксирующая объем и влажность зерна, собранного с каждой единицы площади поля (рис. 7.9).



Рисунок 7.9 – Система картирования урожайности комбайна Claas

В результате система создает карту урожайности, позволяющую определить общую массу собранного с конкретного поля зерна, а также выявить вариации урожайности в пределах одного поля (рис. 7.10). Схема системы картирования и карта урожайности могут служить основой при планировании агрохимического обследования почв и для создания аппликационных картограмм внесения удобрений.



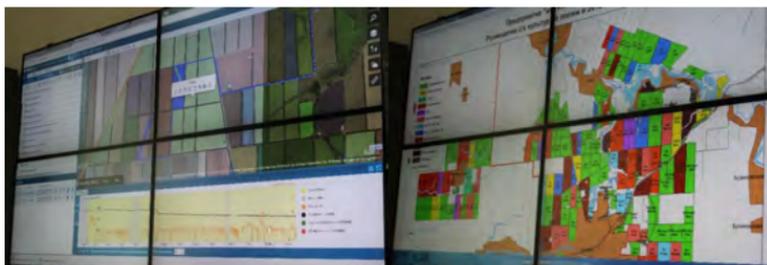
*Рисунок 7.10 – Карта урожайности*

### **Системы мониторинга транспорта**

Система мониторинга сельхозтехники представляет собой автоматический комплекс, состоящий из бортового контроллера и набора датчиков, устанавливаемых на транспортное средство, а также программного обеспечения на офисном компьютере, на котором будет осуществляться контроль расхода топлива и перемещения сельхозтехники в режиме реального времени. Помимо решения задачи контроля выполнения производственного задания система позволяет измерять и регистрировать ряд важных для оценки качества полевых работ параметров: скорость и траекторию движения сельскохозяйственного агрегата по полю и др.

На рисунке 7.11 представлен пример дистанционного мониторинга техники и сельскохозяйственных угодий (рис. 7.11).





*Рисунок 7.11 – Центр мониторинга техники и сельскохозяйственных угодий в агрохолдинге*

### **Космические**

Методы мониторинга основаны на регистрации бортовой аппаратурой излучения участка поверхности Земли, отраженного (в видимой или сверхвысокочастотной части спектра электромагнитных волн) либо собственного (в тепловом инфракрасном диапазоне).

Космические методы ДЗЗ имеют ряд преимуществ по сравнению с наземными:

- возможность съемки за короткий промежуток времени большого участка земной поверхности;
- отсутствие необходимости перемещения по посевам людей и техники с целью контроля их состояния.

Однако ряд обстоятельств, обусловленных спецификой сельскохозяйственного производства, затрудняет их применение:

- съемки посевов необходимо выполнять в сравнительно короткие (несколько суток) промежутки времени, они «привязаны» к вегетационным фазам, поскольку именно в эти периоды могут быть приняты и реализованы решения о проведении, например, пересева, подкормки, обработки гербицидами и т. п. Однако полностью быть уверенными в получении данных с космических аппаратов ДЗЗ нельзя, так как невозможно гарантировать, что в заданный отрезок времени соответствующий космический аппарат пройдет над обследуемым районом либо, что особенно вероятно для хозяйств средней полосы России, интересующий участок не будет закрыт облачностью;

- изображения Земли в общем случае позволяют определить только некие условные относительные характеристики состояния посевов – цветовые либо тоновые контрасты, вегетационные индексы и тому

подобное; для получения физических величин этих характеристик – объема биомассы, количества сорняков, типа вредителей и прочего – необходимо проведение наземных калибровочных обследований;

– вследствие чрезвычайного разнообразия факторов, влияющих на спектральные и геометрические характеристики получаемых с космических аппаратов ДЗЗ изображений посевов, не создан архив параметрических (тип и сорт возделываемой культуры, фаза вегетации, освещенность, т. е. высота солнца над местным горизонтом на момент съемки, и пр.) эталонных образцов, сравнение с которыми позволило бы идентифицировать состояние посевов без наземных обследований.

Актуальную проблему облачности при съемках из космоса пытаются решать с помощью локаторов бокового обзора, облучающих поверхность Земли в сверхвысокочастотном диапазоне, с последующим синтезированием изображения. Однако эти изображения имеют минимальную ценность для сельского хозяйства, поскольку содержат ограниченную специфическую информацию о полях (влажность почвы, рельеф местности).

В последние годы развивается новое перспективное направление исследования растительного покрова Земли – гиперспектральная съемка.

Основная идея этого подхода состоит в измерении интенсивности отраженного сигнала в большом (100÷200 и более) количестве узких спектральных интервалов. В результате удастся получить гораздо более детальный (построенный по сотням точек) спектральный образ посевов. Однако, помимо чисто технических проблем (достижение высокого пространственного разрешения, необходимость передачи на Землю весьма большого потока информации и др.), отсутствует библиотека эталонных гиперспектральных образов растений. В России, так же как и за рубежом, ведется разработка и испытание гиперспектральной аппаратуры, в том числе путем ее установки и опытной эксплуатации над тестовыми участками полей.

В целом космические методы мониторинга посевов в настоящее время достаточно широко применяются для:

- создания электронных карт сельхозугодий;
- обнаружения и картирования районов засухи, затоплений, поражений вредителями и др.;
- качественной оценки состояния озимых;

– расчета индексов типа NDVI с последующим пересчетом в биомассу.

При этом идет интенсивная работа по исследованию и практическому применению результатов измерения спектральных характеристик растений, посевов, определению их состояния и выработке рекомендаций по внесению удобрений и др.

В таблице 7.1 приведены основные характеристики ряда космических аппаратов ДЗЗ, используемых для мониторинга сельскохозяйственных угодий.

*Таблица 7.1 – Сравнительные характеристики космических аппаратов*

Название космического аппарата	Пространственное разрешение, м	Периодичность съемки	Ширина полосы съемки, км
Landsat-8	15	16 дней	183
Sentinel-1 A	10	3 дня	80
Sentinel-2	10	10 дней	290
ASTER	15	16 дней	60
RapidEye	6,5	24 часа	77
Modis	250	2 дня	2330

### **Воздушные**

Воздушные средства имеют ряд важных преимуществ перед космическими:

– высокое разрешение снимков (с точностью до сантиметров), недостижимое при съемках из космоса;

– возможность проведения съемок при любой облачности, так как обычно полеты выполняются на высоте нескольких сотен метров, т. е. ниже границы облаков.

Однако БПЛА сильно уступают космическим аппаратам ДЗЗ по производительности – площади съемки поверхности Земли за единицу времени.

Использование беспилотников как средств мониторинга посевов и контроля выполнения полевых операций сельскохозяйственной техникой зависит от их типа (самолетные и вертолетные). БПЛА самолетного типа летают с гораздо большей скоростью, чем дроны (так же как

и пилотируемые самолеты по сравнению с вертолетами), и применяются для наблюдения больших площадей сельхозугодий.

В таблице 7.2 приведены некоторые характеристики ряда приборов аппаратуры наблюдения, устанавливаемой на БПЛА.

Таблица 7.2 – Характеристики используемой съемочной аппаратуры

Прибор	Масса, кг	Разрешающая способность с высоты 200 м, см
Фотоаппарат	0,5	2
Видеокамера	0,5	10
Спектрометр	0,1	10
Гиперспектрометр	0,1	30
Тепловизор	0,5	30

Устанавливаемые на БПЛА современные фото- и видеокамеры (типа Sony а6000, Sony Next 7, Sony RX1) позволяют получать цветные и черно-белые изображения поверхности земли с разрешением несколько сантиметров и довольно высокого качества.

Однако они имеют один общий весьма существенный недостаток: основное предназначение этих камер – получение синтезированных изображений объектов с последующим их визуальным просмотром. При этом отдельные каналы, из которых синтезируются цветные изображения (как правило, это красный, зеленый и синий) не проходят калибровку, точно определяющую их ширину и чувствительность. Более того, во многих случаях эти каналы частично накладываются друг на друга. Эти обстоятельства сильно затрудняют количественный анализ изображений, основанный на цифровых методах обработки. Поэтому в настоящее время актуальны проблемы разработки методик цифрового анализа данных с фото- и видеокамер, а также формулирования требований к их техническим характеристикам, основанных на опыте обработки этих данных.

Применение спектрометров и гиперспектрометров в качестве бортовой аппаратуры наблюдения, устанавливаемой на БПЛА, упрощает проблему использования методов цифровой обработки изображений. Однако получение практически значимых результатов, в частности рас-

познавание состояния растений, затруднено так же, как и при использовании космических аппаратов ДЗЗ, вследствие отсутствия библиотек параметрических эталонов спектральных образов растений.

В то же время можно отметить, что на этом направлении уже достигнуты конкретные результаты: накоплены цифровые модели состояний озимых культур (пшеница, рапс), распознавание которых позволяет корректно планировать операции подкормки и др.

Анализируя совокупность достоинств и недостатков всех описанных методов мониторинга, можно сделать достаточно очевидный вывод: целесообразно их совместное применение в задачах мониторинга, что в итоге позволит минимизировать недостатки и, напротив, получить синергический эффект.

## **7.2. Составление карт урожайности**

Мониторинг урожайности сельскохозяйственных культур позволяет выявить ее неоднородность по каждой культуре в пределах поля и представить ее в формате цифровых карт. В них документируется, какие обеспечены показатели урожая на тех или иных участках поля и каков диапазон различий внутри одного поля. Практическое применение составления карт урожайности получило при выращивании зерновых.

Система картирования урожайности заключается в дифференцированном измерении урожайности в пределах поля в режиме реального времени и обработке данных на персональном компьютере.

Данные, которые записывает бортовой компьютер на комбайне во время уборки, переносятся на компьютер для создания карты урожайности. Существующее программное обеспечение в большинстве случаев позволяет не только составлять карты, но и экспортировать данные в различных форматах. Эти показатели находят разностороннее применение, например в программах расчетов для таблиц и в банках данных.

Карта урожайности не предоставляет информации о причинах появления различий в урожайности в пределах поля. Однако она содержит данные о тех местах поля, на которых необходимо проводить дальнейший анализ, чтобы понять причины различий. Оценка таких данных, в особенности многолетняя, помогает определить зоны с разным потенциалом урожайности. Если в процессе измерения урожайности не

допущено технических ошибок, то цифровые карты могут эффективно использоваться в деятельности с.-х. предприятий, в том числе:

- в ходе контроля эффективности агротехнических мероприятий;
- при составлении карт-заданий для двухэтапных технологических решений;
- для идентификации проблемных зон в рамках отдельно взятого поля;
- в оценке собственных полевых опытов и экономических результатов предприятий;
- при определении стратегий дифференцированного хозяйствования.

Карты урожайности составляются как изокарты либо как точечные, растровые, карты относительной урожайности.

Участки поля с разной урожайностью окрашиваются в соответствии с ее уровнем. При классификации показателей измерений для составления карт урожайности нельзя выбирать слишком узкий диапазон классов. Например, у озимой пшеницы при точности показателей измерения 0,4 т/га (5% от средней урожайности 8 т/га) нецелесообразно брать класс 0,5 т/га. Число образуемых классов зависит от планируемого использования карт урожайности. Обычно от минимальных до максимальных ее значений урожайности классов ограничивают число до 5–7, а в большинстве случаев достаточно 3–5.

**Точечные карты урожайности** являются первоначальным этапом в составлении карты урожайности, на них указывают отдельные точки ее измерения. По степени окрашенности участков поля можно определить, на каких собран максимальный или низкий урожай. Точечные карты позволяют производить быстрый визуальный контроль урожайности по полю и получить информацию о тех местах, где совершены технические ошибки при измерении урожайности, так как такие точки в значительной степени отличаются по окраске от соседних. После визуального контроля ошибочные показатели измерения можно исключить из данных для программы составления карт урожайности.

Такие карты представляют лишь данные об урожайности в точках измерения. Для ее оценки на определенной площади поля необходимо интерполировать эти данные, т. е. связать показатели из разных

точек измерения в процессе расчета. Для этого производят растровую разбивку площади (рис. 7.12).

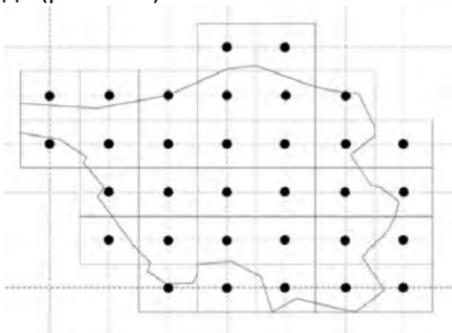


Рисунок 7.12 – Схема растра для составления интерполированных карт урожайности

Расстояние между центрами растровых клеток можно выбирать произвольно, но не менее ширины захвата уборочной техники. Для каждого центрального пункта растровой клетки оценивают урожайность по соседним показателям измерения. У точек, расположенных ближе к центру растровой клетки, они имеют большее значение, чем показатели более удаленных точек. Результаты оценки урожайности в каждом центральном пункте растровой клетки распространяются на всю окружающую площадь до следующего растра. Таким образом составляются растровые карты урожайности. Квадраты вокруг центральных пунктов растровых клеток заполняют разными красками с помощью программного обеспечения. Размер растра выбирают в зависимости от цели использования карт. С его увеличением возрастает и число учтенных показателей измерения, следовательно, карта будет более «гладкой» и отдельные ошибочные значения станут неважными.

**Изокарты урожайности** также составляют с помощью интерполяции показателей урожайности. Изолинии на этих картах ограничивают площади с одинаковой урожайностью, что позволяет наглядно представить, какие участки конкретного поля различаются по урожайности и какова степень этих отличий.

Для максимальной точности сравнения карт урожайности разных лет или выращиваемых культур составляют карты относительной урожайности. При этом средний показатель урожайности поля

соответствует показателю 100%. Площади с более высокими или более низкими показателями урожайности окрашивают по-разному.

В зависимости от набора датчиков уборочной техники накопленные во время уборки данные измерений используют для составления других карт, например влажности зерна, содержания протеина или сухой массы.

Составление карт урожайности является важным элементом управления хозяйством. Оно помогает получить достаточный объем знаний о конкретном поле для того, чтобы:

- проанализировать наиболее слабые места и найти причины их возникновения;
- решить растениеводческие и агротехнические проблемы;
- составить карты выноса питательных веществ;
- подготовить и провести землеустроительные работы;
- установить границы полей для эффективного управления ими.

Однако, как показывают практика и результаты опытов, проведенных в полевых условиях в разных европейских странах, на основе данных многолетних карт урожайности невозможно предсказывать будущие показатели урожая с распределением по полю и проводить такие мероприятия, как дифференцированное внесение азотных удобрений, регуляторов роста, гербицидов, фунгицидов, т. е. в конечном счете планировать урожайность.

### **7.3. Системы мониторинга урожайности специальных сельскохозяйственных культур**

По сравнению с полевыми культурами – зерновыми и техническими, специальные культуры – плодовые и овощные, обычно более чувствительны к условиям роста, их продукция имеет относительно высокую стоимость. В связи с этим специальные культуры предпочтительно возделывать в системе точного земледелия. До настоящего времени наиболее полные исследования были сосредоточены на зерновых культурах, а система применения точных методов к выращиванию специальных культур разработана неудовлетворительно. Это особенно касается мониторинга урожайности, который считается логически первым шагом в разработке системы точного земледелия.

Мониторинг урожайности сельскохозяйственных культур является одной из основных составляющих точного земледелия. Информация об урожайности сельскохозяйственных культур необходима для успешного внедрения точного сельского хозяйства. Она позволяет количественно определить величину изменчивости урожайности в пределах поля. Разработанные системы контроля урожая зерна экономически приемлемы для хозяйств, но для специальных культур такие же системы малодоступны. Отсутствие системы контроля урожайности является одним из основных узких мест, сдерживающих применение точного сельского хозяйства к специальным культурам. Большое разнообразие типов и методов их уборки, а также более ограниченный рынок реализации по сравнению с зерновыми и пропашными культурами – слабый стимул вкладывать средства в разработку систем мониторинга урожая для специальных культур. Для большинства их производителей наличие данных об урожайности в начале сезона так же важно, как и контроль урожая при уборке. Точная оценка урожайности в начале сезона имеет большое значение для заключения контракта с перерабатывающими заводами. Это также помогает им более точно корректировать свой бюджет на основе реалистичной оценки доходов.

Оценка урожайности осуществляется либо через модель, либо через системы прямого счета. Модели, которые используются для этого, обычно включают в себя несколько факторов, таких как история урожайности, общее количество деревьев и (или) площадь поверхности кроны. *Мониторинг урожайности* – это процесс измерения урожайности для данного места и его интеграции с полученной GPS-координатной информацией.

Монитор урожайности состоит из нескольких датчиков, основным является массовый, или объемный, датчик расхода (подачи массы). В зависимости от типа этот датчик измеряет объем или фактическую массу (вес) плода. Датчики рассчитывают урожай путем деления его массы (объема), прошедшей через механическую уборочную машину в течение определенного времени, на покрытую площадь, с которой урожай был собран во время периода отбора проб. Для расчета площади, покрываемой машиной в течение заданного времени, монитор урожайности использует информацию от наземных датчиков скорости и показатель фактической рабочей ширины машины. С этими данными

интегрируется информация о широте и долготе, получаемая от приемника GPS, она обычно собирается и хранится на карте памяти с частотой 1 Гц или более. Помимо динамики данных урожайности мониторы содержат очень полезную информацию, которую можно применять для других целей. Данные об урожайности можно использовать для получения информации, связанной с управлением машиной, например эффективности использования поля, производительности оператора машины, общего времени простоя и фактического времени уборки. Информация о производительности машины может быть очень полезной в принятии подходящих управленческих решений для снижения затрат и повышения эффективности работы.

Массовые или объемные измерения механически собранного урожая специальных культур обычно производятся непосредственно перед его поступлением в тележку с ленточного конвейера.

Типичным примером таких систем является разработанный Пеллетье и Упадхаей монитор урожая томатов, который измерял вес помидоров на ленте конвейера томатуборочного комбайна. Датчик массового расхода этого монитора состоял из приводного ролика в центре и двух опорных, по одному с каждой стороны от весового ролика. Каждый комплект был установлен на шасси, а конвейерная лента располагалась над ними (рис. 7.13). Эти датчики были установлены вдоль конвейерной ленты.

Cerri DGP и Magalhães PG (2005) разработали монитор урожайности сахарного тростника, состоящий из весовой платформы, поддерживаемой весоизмерительными ячейками. Монитор урожайности был установлен в элеваторе комбайна. Для измерения наклона конвейера и его скорости использовались датчики. Максимальная погрешность измерений урожайности в поле составила 6,4%.

Оценка урожайности в широком диапазоне измерения поступающей массы винограда показала, что сенсорная система позволяет получать хорошую информацию во всем диапазоне. Показания монитора урожайности подвергаются некоторому временному сдвигу, что при измерении в разные дни сбора урожая может приводить к абсолютным ошибкам  $\pm 15\%$ . Следовательно, для достижения оптимальных результатов при уборке суммарная суточная точность должна быть скорректирована относительно общей массы ягод, взвешенных после раздавливания. В отдельно взятом комбайне эта зависимость относительно

прямолинейна, но при использовании в винограднике нескольких комбайнов (датчиков) могут возникать трудности с отслеживанием массы на одной машине. Это потенциальное ограничение для использования мониторов урожайности винограда (МУВ) в больших виноградниках с несколькими уборочными комбайнами. На рисунке 7.14 показаны данные, собранные с помощью монитора урожайности винограда (поддерживающего GNSS), по оценке урожайности в середине сезона и при операции прореживания.

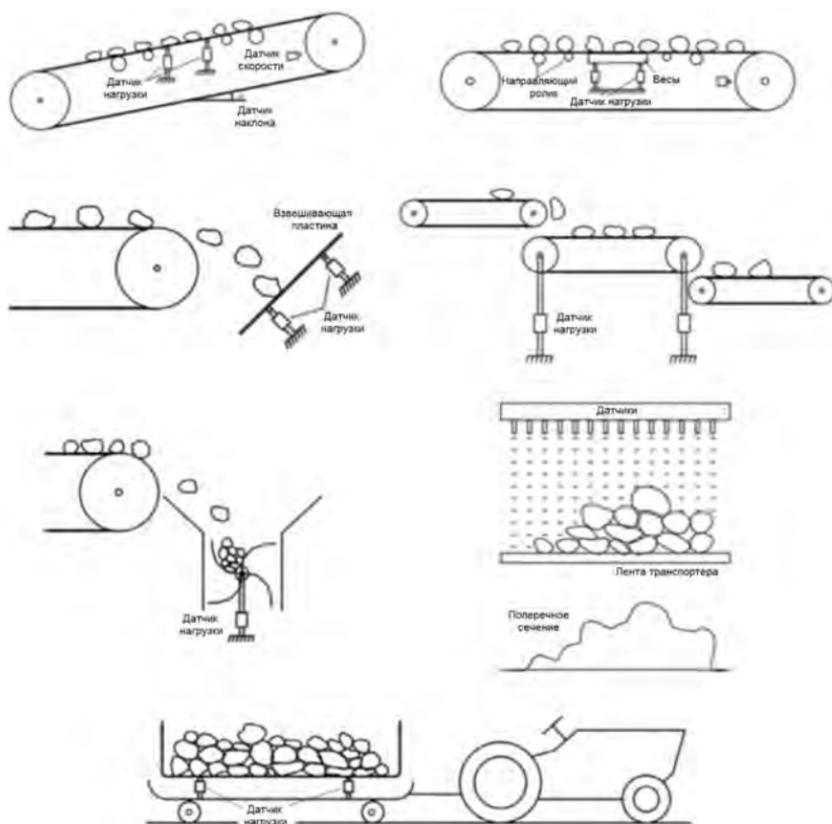
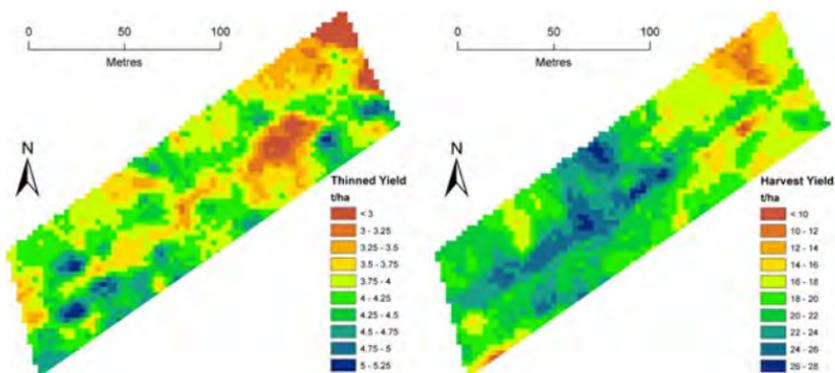


Рисунок 7.13 – Схема общих систем мониторинга урожайности для специальных культур



*Рисунок 7.14 – Сравнение результатов применения моделей контроля урожайности винограда во время прореживания посевов в середине сезона (слева) и при сборе урожая (справа) на винограднике CLEREL Concord (Портленд, Нью-Йорк)*

Другим направлением оценки урожайности специальных сельскохозяйственных культур, таких как виноград, является использование съемки высокого разрешения с получением снимков насаждений. Так, с помощью дистанционного зондирования 52 отдельных лоз сорта Каберне-Совиньон была обнаружена значительная корреляция за двухлетний период между характеристиками кроны виноградников, полученными из пространственных изображений высокого разрешения.

В частности, скорость роста кроны, характеризуемая отношением ее плотности, сильно коррелировала с урожайностью винограда в конце следующего сезона. Лозы, которые в начале каждого сезона развивали листву быстрее и раньше, имели относительно меньшие размеры кроны в конце каждого сезона и относительно низкий урожай винограда в силу изменений в степени корреляции и ее типе (отрицательных или положительных). Эти измерения можно интерпретировать по растительному индексу в зависимости от времени получения изображений.

Существует также метод оценки урожайности виноградников на основе анализа изображений с высоким разрешением, полученных при искусственном освещении в ночное время.

Снимки дистанционного зондирования используются для отслеживания динамики зрелости винограда в пределах виноградника.

Эти данные были собраны, проанализированы и загружены в комбайн для выборочной уборки урожая (рисунки 7.15).



*Рисунок 7.15 – Комбайн New Holland для выборочной уборки урожая*

Мониторинг урожайности специальных сельскохозяйственных культур является одной из основных составляющих точного земледелия. Получаемая информация необходима для количественного определения величины изменчивости урожайности в пределах поля.

#### ***Вопросы для самопроверки***

1. Методы и технические средства мониторинга сельхозугодий и полевых работ.
2. Сравнение космических и воздушных методов ДЗЗ.
3. Что такое мониторинг урожайности?
4. Составление карт урожайности.
5. Системы мониторинга урожайности специальных сельскохозяйственных культур.

## 8. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ПРОГРАММИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

*Программируемая урожайность* – уровень продуктивности культуры, который планируется получить на конкретном поле в соответствии с технологическими картами и основными агротехническими мероприятиями.

Планируемая урожайность характеризует продуктивность растений, под которую планируются все агротехнические мероприятия.

Следовательно, программируемая урожайность – категория хозяйственно-экономическая, и методика ее определения должна строиться с учетом хозяйственной стороны дела.

Задача программирования урожаев состоит в том, чтобы с учетом складывающихся погодных условий и материально-технических ресурсов хозяйства сформировать посевы, которые при минимальных затратах труда и средств обеспечивали бы наивысшую продуктивность.

На рисунке 8.1 приведены основные принципы программирования урожая.



Рисунок 8.1 – Основные принципы программирования урожая

*Физиологические* принципы программирования урожаев предусматривают формирование посевов с оптимальными показателями площади листьев, чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ), фотосинтетического потенциала (ФП) и продуктивности ассимилирующей поверхности, обеспечивающих получение заданного урожая. Каждому его уровню присущи свои фитометрические показатели, которые заблаговременно закладываются в программу. На их основе составляются графики формирования площади листьев и фотосинтетического потенциала, в течение периода вегетации контролируют их нарастание и принимают оптимальные решения по регулированию с помощью факторов, непосредственно влияющих на рост и развитие ассимилирующих органов, динамику накопления ФП.

*Биологические* принципы связаны с оптимизацией водного, воздушного, теплового и пищевого режимов почв, с созданием автоматизированных систем регулируемого земледелия, с управлением факторами среды обитания растений и реализацией потенциальной продуктивности современных сортов сельскохозяйственных культур.

*Агрохимические* принципы предусматривают обоснование экономически оправданных доз удобрений для посевов заданной продуктивности с учетом агрохимических показателей почв, выноса питательных веществ урожаем, коэффициентов использования элементов питания из почвы и удобрений, получения продукции высокого качества при одновременном повышении плодородия почв, а также применение листовой и тканевой диагностики для контроля над питанием растений в агрофитоценозах.

*Агрофизические* принципы предусматривают оптимизацию физических и физико-химических свойств почв (плотность, удельное сопротивление, пористость, влагоемкость, водопроницаемость, теплоемкость и др.)

*Агрометеорологические* принципы – это правильное использование климатических показателей для обоснования продуктивности посевов, прогнозирования условий вегетационного периода, полегания растений, а также появления вредителей и болезней.

*Агротехнические* принципы заключаются в разработке и внедрении оптимальных технологий (сетевых графиков) возделывания культуры, обеспечивающих своевременное и высококачественное проведение всего комплекса работ с учетом биологических особенностей

сорта. При этом необходимо учитывать нормы высева, густоту стояния растений, сроки и способы посева, режимы орошения или осушения, т. е. факторы, придающие агрофитоценозу характер регулируемого и управляемого объекта.

К настоящему времени разработано множество математико-статистических моделей для прогнозирования урожая зерновых, кормовых и других культур в зависимости от основных факторов – показателей плодородия почвы, норм удобрений и орошения, приемов обработки почвы и ухода за посевами, климатических факторов, характера распределения осадков по периодам вегетации и т. д. Хотя для этих функций характерны определенные ограничения (нельзя выйти за пределы той информации, которая заложена в исходной статистической выборке), они еще имеют широкое применение на практике.

*Программирование урожая* – это составление научно обоснованных технологических рекомендаций, обеспечивающих максимальный выход сельскохозяйственной продукции высокого качества. Как направление в агрономической науке оно объединяет достижения растениеводства, земледелия, агрохимии, почвоведения, физиологии растений, защиты растений, сельскохозяйственного машиностроения, физики, кибернетики, экономики сельского хозяйства и других сфер, предполагает развитие интегрированного системного подхода к оценке роли и значимости различных факторов среды и их взаимодействия в процессе формирования урожая.

Закладка полевых опытов по программированию урожая, позволяет выявить влияние регулируемых факторов на получаемую продукцию. Работу по программированию урожая проводят на специальных полигонах, экологических площадках, с использованием фитотронов, лизиметров, средств вычислительной техники и др.

*Первый этап* программирования урожая – установление для определенной почвенно-климатической зоны лимитирующего комплекса факторов и обоснование величины возможного урожая на основе его моделирования.

*Второй этап* – обоснование комплекса агротехнических мероприятий. При этом выбирается конкретный количественный критерий эффективности производства (максимально возможная урожайность, максимальный выход или минимальные затраты для получения заданной урожайности).

*Третий этап* – обеспечение оперативных наблюдений за ходом формирования урожая и внесение необходимых уточнений в систему запланированных агротехнических мероприятий в соответствии со складывающейся агрометеорологической обстановкой. Благодаря оборудованию комбайнов бортовыми компьютерами учета урожая с привязкой к карте появилась возможность программирования урожая в производственных условиях (исходя из потенциальной урожайности, рассчитанной на полигонах, и конкретных условий – бонитета почвы, основных среднесуточных климатических показателей и др.). Разрабатываются модели множественной линейной регрессии зависимости урожайности от условий производства.

В России информатизация и компьютеризация земледелия и растениеводства на региональном уровне происходили в несколько этапов.

Информационные технологии для точного земледелия предусматривают математическое моделирование продукционного процесса, использование в агромониторинге агрофизических методов, проведение системного анализа полученных моделей и создание информационно-справочных систем по оптимизации землепользования, применению ГИС-технологий при проектировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия, разработке сельскохозяйственных баз данных.

Развитые информационно-управляющие системы (ИУС, IMS – Information Management Systems) являются обязательным атрибутом технологий точного земледелия. ИУС интегрирует все средства получения информации и управления в единую систему, обеспечивающую поддержку управленческих решений.

Информационные технологии в земледелии используются:

- для программирования урожая, основанного на учете обобщенных почвенно-климатических показателей;
- для разработки динамических имитационных моделей.

В таблице 8.1 представлены уровни применения информационных технологий в земледелии.

Учесть все факторы, влияющие на формирование урожая в полевых условиях, очень трудно, а порой и невозможно. Выходной параметр такой функции – урожайность, обобщающая действие всех факторов; это произведение числа растений на единице площади на продуктивность

одного растения. Максимальная урожайность достигается при оптимальном сочетании этих показателей. Таким образом, все сводится к выбору оптимальной величины и конфигурации площади питания для разных с.-х. культур с учетом зон их возделывания.

*Таблица 8.1 – Уровни применения информационных технологий в земледелии*

Уровень технологии	Точное земледелие	Программирование урожаев
Первый	Традиционные технологии	Традиционные технологии
Второй	Использование компьютеров и программ для экономических расчетов и информации от внешних источников	Использование обобщенных почвенно-климатических показателей, дифференцирование агротехнологий
Третий	Использование моделей и информации как из внешних источников, так и получаемой непосредственно в хозяйстве	Использование динамических моделей

Используя предложенный коэффициент равномерности распределения (отношение среднего фактического расстояния между семенами к оптимальному при идеальном размещении), пришли к выводу, что для рядовых посевов урожайность есть функция коэффициента равномерности и нормы высева, причем последняя характеризует абсолютную площадь питания, а коэффициент равномерности – ее конфигурацию. Очевидно, для конкретных условий наивысшая урожайность получается при максимальном коэффициенте равномерности и оптимальной норме высева семян. В этом случае можно найти разумные пределы коэффициента равномерности ( $< 1$ ), чтобы, не снижая существенно урожайности, излишне не усложнять технологию посева и конструкцию сеялки.

При малых междурядьях с увеличением интервала между семенами на 1 см урожайность сначала растет, потом снижается, а при ширине междурядий свыше 14 см (20,4 и 23 см) – сразу начинает уменьшаться, сначала постепенно, а затем – более резко. Такая же закономерность наблюдается и при малых интервалах (1, 2 и 3 см) с увеличе-

нием ширины междурядий, а при больших интервалах – сразу снижается, причем при ширине междурядья выше 7,6 см – более резко. При изменении конфигурации одной и той же площади питания урожайность снижается при очень большом расхождении длины и ширины (1,8 × 14 и 1,1 × 23 см). Наибольшее значение урожайности достигается при коэффициенте равномерности 0,77 и в дальнейшем не увеличивается. Одного и того же уровня урожайности можно достичь в достаточно широком диапазоне норм высева и площадей питания растений.

Система приемов для нахождения оптимального решения с помощью определения последствий отдельного решения и организации оптимальной стратегии для дальнейших решений – это вид математического программирования, которое называется *динамическим*.

Процессы принятия решений, которые базируются на таком принципе, принято называть многошаговыми. Оптимизационная задача в рамках математического знания строится посредством последовательно связанных друг с другом соотношений. Так, определенный результат по отношению к одному году используется в уравнении для года предыдущего или следующего. Это позволяет определить с помощью ЭВМ результаты решения задачи для любого конкретного момента. Динамическое программирование используется для решения задач, не только связанных со временем, но и статических, которые также могут быть многошаговыми, например, в области распределения ресурсов.

Характерной особенностью динамического программирования является пошаговое исследование переменных. Создается такая вычислительная схема, когда предпочтительнее большое количество задач с малым числом переменных, а не одна задача с множеством переменных. В результате процесс вычисления представляется не таким объемным. Но следует отметить, что для этого необходимо соблюдение двух условий:

- оптимальные решения отдельных шагов создают общее оптимальное решение;
- будущие результаты не предполагают использования предыстории того положения системы, при котором принимается решение.

Такие условия производны от принципа оптимальности Беллмана. На этом принципе базируется теория динамического программирова-

ния, а также главный метод определения правил доминирования, последний, в свою очередь, подразумевает осуществление сравнения примеров будущего развития на каждом этапе, при этом бесперспективные варианты сразу же исключаются.

Метод может быть использован для двух видов задач:

- планирование деятельности экономического объекта в соответствии с изменением во времени потребности в выпускаемой продукции;

- поиск наиболее приемлемого способа распределения ресурсов между различными направлениями во времени. Например, задача оптимального распределения ежегодного урожая зерна на продукцию и семена с целью получения большего количества товарного хлеба.

В мировой практике давно разработаны различные многофакторные модели урожая, основанные на математических формулах. Они позволяют рассчитать нарастание биомассы с учетом динамики использования воды, тепла и многие другие факторы. Модель должна быть адекватной, учитывающей только основные регулируемые и прогнозируемые факторы, влияющие на урожай.

Производство сельхозпродукции на основе законченной модели системы дистанционного мониторинга (СДМ), обеспечивающей информацией для принятия оптимальных управленческих решений, требует практического решения следующих типовых задач:

- мониторинг состояния и планирования использования земель;
- слежение за процессами развития негативных почвенных процессов;

- определение территорий оптимального ведения сельскохозяйственного производства на основе данных о почвах, климате, рельефе и др.;

- контроль проведения технологических операций;
- мониторинг фитосанитарной и карантинной обстановки;
- точное определение площадей пашни, пастбищ и сенокосов;
- ведение и контроль севооборотов и др.

Существуют разные подходы к организации производственных процессов, рассчитанной на программируемую урожайность культур.

## **8.1. Организация производственных процессов, нацеленная на получение программируемой урожайности**

Организация производственных процессов, имеющая целью получение программируемой урожайности культур, предусматривает проведение следующих этапов.

1. Внутрихозяйственное проектирование землеустройства.
2. Проектирование севооборотов и полевой инфраструктуры.
3. Планирование урожайности сельскохозяйственных культур.
4. Проектирование технологий возделывания полевых культур.
5. Проектирование систем обработки почвы в системе севооборота.
6. Проектирование систем удобрения сельскохозяйственных культур.
7. Проектирование систем защиты растений.
8. Проектирование адаптивно-ландшафтной системы земледелия (АЛСЗ) для земель различных агроэкологических групп.
9. Проектирование технологий возделывания полевых культур с использованием ГИС-технологий.
10. Техническое обеспечение проектируемых технологий.
11. Определение экономической эффективности проектируемого производства сельскохозяйственных культур.
12. Прогнозирование изменения регулируемых факторов на экономическую эффективность производства сельскохозяйственных культур.

Каждый раздел включает собственные элементы инновационных исследований.

1. Внутрихозяйственное проектирование землеустройства:
  - анализ производственной деятельности сельскохозяйственного предприятия;
  - обоснование специализации производства, соотношения и структуры сельскохозяйственных угодий;
  - определение организационно-производственной структуры хозяйства.
2. Проектирование севооборотов и полевой инфраструктуры:
  - оптимизация структуры пашни и севооборотов;

– проектирование полей севооборотов и производственных участков с учетом их длительности;

– паспортизация полевых и производственных участков.

3. Планирование урожайности сельскохозяйственных культур:

– расчет потенциальной урожайности;

– определение КПД фотосинтеза;

– расчет климатически обеспеченной урожайности;

– расчет действительно возможной урожайности;

– выбор уровня планируемой урожайности.

4. Проектирование технологий возделывания полевых культур:

– выбор агротехнологий;

– выбор сорта;

– расчет потребности в элементах питания на планируемую урожайность;

– формирование оптимальной плотности продуктивного стеблестоя;

– управление развитием элементов продуктивности полевых культур;

– сроки и способы уборки урожая.

5. Проектирование систем обработки почвы в севообороте:

– оптимизация плотности почвы и структурного состояния;

– регулирование водного баланса почв;

– предотвращение эрозии и дефляции почв;

– регулирование режима органического вещества и биогенных элементов;

– регулирование фитосанитарных условий;

– энергосбережение и экономичность.

6. Проектирование систем удобрения сельскохозяйственных культур:

тур:

– применение органических удобрений;

– применение минеральных удобрений;

– известкование почв;

– расчет потребности в элементах питания на планируемую урожайность.

7. Проектирование систем защиты растений:

– определение основных вредителей и болезней сельскохозяйственных культур;

- экономическая оценка вредоносности и целесообразности применения защитных мероприятий;
- выбор принципов формирования и возможности экологизации систем защиты растений.

8. Особенности проектирования для земель различных агроэкологических групп:

- эрозионно опасные земли;
- дефляционно опасные земли;
- засоленные земли;
- солонцовые земли.

9. Особенности проектирования технологий возделывания полевых культур с использованием ГИС-технологий:

- подбор и размещение сельскохозяйственных культур с использованием ГИС-технологий;
- дифференцированное внесение удобрений и средств защиты растений по полю.

Техническое обеспечение проектируемых технологий:

- определение потребности в системе машин;
- определение потребности в технике;
- оценка технико-экономических показателей МТА и технологий.

## **8.2. Методы прогнозирования и программирования урожая**

**Прогнозирование и программирование урожайности зерновых культур по структурной формуле урожая.** Основные элементы структуры урожая, из которых складывается его величина, – количество растений на 1 м<sup>2</sup> при уборке, продуктивная кустистость, число колосков в колосе, число зерен в колоске, число зерен в колосе, масса 1000 зерен. Они составляют биологическую основу урожайности. Исходя из этого, величину урожая определяют по структурной формуле Савицкого:

$$y = \frac{(P \cdot K)(3 \cdot A)}{10\,000},$$

где  $У$  – урожай зерна, ц/га;

$P$  – среднее количество растений на 1 м<sup>2</sup> при уборке;

- $K$  – продуктивная кустистость;  
 $Z$  – среднее число зерен в колосе;  
 $A$  – масса 1000 зерен, г.

В более сокращенном виде формулу можно записать соотношением

$$y = \frac{C \cdot B}{10},$$

где  $C$  – густота продуктивных растений (стеблей) на  $1 \text{ м}^2$ ;

$B$  – средняя продуктивность одного растения (стебля).

Структурная формула урожайности как в полном, так и в упрощенном виде наглядно показывает, как складывается любая величина урожая, позволяет определять виды на урожай в поле и оценивать эффективность различных агротехнических приемов. Эта формула дает возможность установить оптимальные показатели густоты стояния растений и числа продуктивных стеблей, а также массы зерна с одного растения (колоса или метелки), обеспечивающие максимально возможный в конкретных условиях среды урожай. Так, по структурной формуле на основе многолетних данных было установлено, что в Белоруссии оптимальная густота продуктивного стеблестоя зерновых при уборке урожая составляет 500–600 колосьев на  $1 \text{ м}^2$  в зависимости от культуры, сорта, плодородия и типа почвы. При средней массе 0,5 г зерна в колосе такая густота может обеспечить 25–30 ц/га.

Элементы структуры урожая являются в известной степени отображением комплекса условий внешней среды, который может быть учтен количественно через элементы структурной формулы урожайности и урожая в целом. Знание закономерностей формирования урожая зерновых культур в поле позволяет прогнозировать его величину. Однако этот метод не обеспечивает точного расчета необходимых элементов питания, влаги и других факторов среды для получения запланированных урожаев.

Проводимый в течение ряда лет анализ структуры урожая позволил установить, что наиболее устойчивыми ее показателями являются полевая всхожесть, продуктивная кустистость, масса 1000 зерен и выход зерна по отношению к общей массе урожая. Средними

по устойчивости показателями урожая являются число колосков и зерен в колосе, процент перезимовавших растений (для озимых культур). Наименее устойчивыми показателями являются урожай зерна, количество растений и число продуктивных стеблей на 1 м<sup>2</sup> при уборке урожая и процент сохранившихся к уборке растений.

**Метод, разработанный в Белорусском НИИ почвоведения и агрохимии (БелНИИПА)**, позволяет прогнозировать возможную величину урожая ( $У$ ) с учетом эффективного плодородия почвы по комплексным показателям – баллу бонитета почвы ( $Б_n$ ) и цене балла бонитета пашни ( $Ц_б$ ).

$$У_B = \frac{Б_n \cdot Ц_б \cdot 100}{100 - П_{уд}},$$

где  $Б_n$  – балл бонитета почвы;

$Ц_б$  – цена балла бонитета пашни;

$П_{уд}$  – прибавка урожая от удобрений, %.

Цена балла бонитета – величина непостоянная и меняется в зависимости от почвенной разности, агрохимических свойств почвы. Для их учета применяются поправочные коэффициенты к цене балла бонитета пашни. Произведение балла бонитета пашни на его цену дает представление об уровне урожая, который может быть получен за счет эффективного плодородия почвы без применения удобрений на фоне высокого уровня агротехники.

Определение прибавки урожая за счет удобрений в производственных условиях ведется исходя из того, что оплата 1 кг NPK урожаем зерна в среднем равна 5,1 кг; 1 т органики окупается 33 кг зерна.

Между показателем балла бонитета пашни и долей урожая, получаемого за счет удобрений, существует зависимость: чем выше эффективное плодородие почвы, тем ниже доля урожая, получаемая за счет удобрений. Так, при балле 30 доля урожая, получаемая за счет удобрений, составляет 70–75%, а при 45 и более 60 – соответственно 55 и 35–40%.

Расчет возможного урожая ячменя по показателю эффективного плодородия почвы. Исходные данные: почва суглинистая, pH = 5,7; содержание подвижного фосфора – 15,5 мг/100 г почвы; обменного калия – 14,5 мг/100 г почвы; гумуса – 1,7%; балл пашни равен 45. По данным БелНИИПА, для этой почвы цена балла равна 39 кг зерна, поправочный коэффициент к ней – 0,94. Следовательно, уровень урожайности, обеспечиваемый эффективным плодородием почвы, равен:  $45 (39 \cdot 0,94) = 1649,7$  кг.

Балл бонитета пашни 45 позволяет получить за счет удобрений долю урожая, равную 55%. Прогнозируемый урожай, определяемый по уравнению, составит

$$Y_6 = \frac{16,5 \cdot 100}{100 - 55} = 36,7 \text{ ц/га.}$$

На этот уровень урожая (36–37 ц/га) следует вести расчет удобрений и разрабатывать агротехнику.

**Балансовый метод программирования** урожайности позволяет учитывать комплексное влияние на растение основных факторов жизни. Характеристика этих факторов, их роль в формировании урожая сформулированы И. С. Шатиловым в виде 10 научных принципов программирования урожайности (рис. 8.2).

**Первый принцип** состоит в определении величины урожая по приходу фотосинтетической активной радиации и определении коэффициента использования ФАР посевами. В практической работе необходимо стремиться к увеличению этого коэффициента за счет подбора культур, повышения уровня агротехники, внедрения новых высокопродуктивных сортов и постоянного совершенствования технологии возделывания сельскохозяйственных культур.

**Второй** основан на определении величины урожая по тепловым ресурсам. Для этих целей проводится определение гидротермического или биоклиматического показателя продуктивности. Определение возможного урожая биомассы по величине этих показателей имеет практическое значение при подборе культур и сортов в севооборотах в целях наиболее полного использования вегетационного периода, максимальной аккумуляции солнечной энергии и получения максимальных сборов продукции, особенно в южных зонах страны. При этом часто в

каждом конкретном случае приходится решать: возделывать два скороспелых сорта или один позднеспелый, более продуктивный, с целью наиболее полного использования вегетационного периода. В зонах с коротким вегетационным периодом преимущество имеют скороспелые высокопродуктивные сорта.



*Рисунок 8.2 – Балансовый метод программирования урожайности*

**Третий принцип** программирования урожайности заключается в необходимости учета водного баланса растений с целью определения возможной величины урожая по влагообеспеченности посевов. Следует учитывать, что величина урожая определяется не только общей суммой выпавших осадков, но и характером их распределения в течение вегетационного периода. Необходимо добиваться увеличения эффективности использования растениями запасов почвенной влаги и атмосферных осадков путем повышения влагоемкости почвы, улучшения ее физических свойств, уменьшения поверхностного стока, правильного применения органических и минеральных удобрений.

**Четвертый принцип** заключается в определении величины урожая по фотосинтетическому потенциалу (ФП). Величина биологического урожая зависит от размера фотосинтезирующей поверхности и степени преобладания скорости фотосинтеза над интенсивностью дыхания. Чем больше эта разница, тем продуктивнее работает фотосинтезирующий листовой аппарат, тем выше будет показатель чистой продуктивности фотосинтеза.

Сумма ежедневно измеряемых показателей площади листьев в посевах за весь вегетационный период (или определенную его часть) называется фотосинтетическим потенциалом растений и измеряется в метрах квадратных в сутки на гектар ( $m^2$ -сут/га). ФП – обобщающий показатель, включающий в себя биологические особенности культуры и сорта, действие агротехнических приемов (срок и способ посева, норма высева, удобрений и т. д.), а также влияние почвенных и погодных условий.

Каждая тысяча единиц фотосинтетического потенциала обеспечивает получение 2,5–3 кг зерна. Следовательно, задача заключается в том, чтобы сформировать посева, фотосинтетический потенциал которых обеспечил бы запланированный уровень урожайности. Для этого необходимо прежде всего выдержать заданную густоту стояния растений, обеспечивающую оптимальную структуру посева.

**Пятый принцип** программирования урожайности состоит в выявлении потенциальных возможностей культуры и сорта. Необходимо учитывать, что сорта по-разному реагируют на нормы высева, дозы и соотношения основных элементов питания, вносимых с удобрениями, и т. д. Данные о потенциальных возможностях сортов и их реакции на условия выращивания можно получить в научно-исследовательских учреждениях и Государственной комиссии по сортоиспытанию или, если в этом имеется необходимость, провести специальные опыты для уточнения этого показателя.

**Шестой принцип** заключается в определении возможного урожая по эффективному плодородию почвы и разработке системы удобрений на основе учета запаса питательных веществ почвы, других ее агрохимических показателей, коэффициентов использования питательных веществ из почвы и удобрений, потребности растений в питательных веществах, обеспечивающих получение запрограммированного урожая и

его качества. Уровень урожайности, достигаемый за счет эффективного плодородия, устанавливается в полевых опытах.

Балансовый способ расчета норм удобрений наиболее широко применяется в практике программирования урожаев. Однако в связи с тем, что коэффициенты использования питательных веществ из почвы и удобрений значительно изменяются, их необходимо уточнять для каждой культуры с учетом почвенно-климатических условий выращивания.

**Седьмой принцип** программирования урожайности заключается в разработке комплекса агротехнических мероприятий и сортовой агротехники исходя из требований культуры и сорта. Комплекс агротехнических мероприятий должен обеспечить наилучшие условия для роста, развития растений и формирования урожая. Технологические приемы и операции должны быть взаимосвязаны, проводиться своевременно и качественно. В связи с тем, что новые сорта могут иметь иной ход поступления питательных веществ, более экономно расходовать влагу и тому подобное, необходимо разрабатывать сортовую агротехнику.

**Восьмой принцип** состоит в том, чтобы обеспечить выращивание здоровых растений, исключить отрицательное влияние вредителей и болезней на рост, развитие и урожайность сельскохозяйственных культур. Этот принцип тесно связан с предыдущим и предполагает, что в каждой зоне для каждой культуры и поля должны быть разработаны конкретные мероприятия по борьбе с болезнями и вредителями полевых культур. Только на фоне применения повышенных норм удобрений реализуется потенциальная продуктивность большинства современных сортов растений, а эффективность удобрений, их оплата урожаем намного возрастают при надежной защите посевов от вредителей и болезней.

**Девятый принцип** программирования урожайности состоит в необходимости правильного применения основных законов научного земледелия и растениеводства:

1) равнозначности и незаменимости факторов жизни растений (тепло, вода, свет, пища и др.): каждый из них невозможно заменить другим;

2) лимитирующего фактора: уровень урожайности определяется фактором, находящимся в минимуме;

3) оптимума: только оптимальное соотношение факторов (влаги, питательные вещества и т. д.) обеспечивает наилучшее развитие растений;

4) возврата: необходимость внесения в почву элементов почвенного питания в количестве, отчужденном с урожаем;

5) плодосмена: правильное чередование культур в пространстве и времени, обеспечивающее при прочих равных условиях более высокие урожаи, чем при монокультуре;

6) физиологических часов: растения по-разному реагируют на продолжительность и интенсивность освещения, учет этого фактора позволяет правильно подойти к подбору культур для пожнивных и поукосных посевов;

7) регуляторной системы: растения, реагируя на изменения во внешней среде, усиливают или замедляют процессы, происходящие в организме. Правильное использование этого закона помогает экспериментатору подбирать культуры и разрабатывать технологии их выращивания, обеспечивающие получение заданной урожайности в конкретных условиях.

**Десятый принцип** требует наличия соответствующих экспериментальных данных, широкого использования математического аппарата и ЭВМ, что позволяет наиболее точно определить оптимальный вариант комплекса мероприятий, обеспечивающего получение запрограммированного урожая.

Балансовый метод программирования урожая основывается на применении физико-статистических моделей продукционного процесса. Процедура программирования сводится к определению уровня урожая, расчету доз удобрений, разработке технологических карт и т. д. В основных расчетных формулах используются почвенно-климатические показатели, обобщенные во времени и пространстве. Этот метод взят за основу и применен в нашей практике программирования урожаев, заложен в технологических картах разрабатываемого регистра. Расчетные показатели регулируемых факторов, определяющие программируемый урожай, берутся за основу при прогнозировании затрат в автоматизированной системе машинных технологий.

Основное назначение автоматизированного проектирования машинных технологий – предоставить возможность сельхозтоваро-про-

изводителю (или исследователю) быстро и эффективно решать с использованием вычислительных возможностей компьютера различные расчетные и прогнозные задачи, связанные с земледелием и с.-х. производством. На основе текущей информации об агроэкологическом состоянии земель хозяйства, прогноза погодных условий, стоимости затратных элементов, количественного и технического состояния МТП, складывающейся конъюнктуры рынка сельхозпродукции появляется возможность прогнозировать и принимать решения по оптимизации выбора культуры, сорта, расчету вероятного урожая при наименьшей себестоимости продукции, оперативно перепрофилировать производство на качественные или количественные показатели.

### **8.3. Информационно-аналитические модули оценки потенциальной урожайности и рациональных доз удобрений**

Прогнозирование и программирование урожайности основано на обработке и оценке информационно-аналитических модулей потенциальной урожайности по показателям прихода ФАР и с комплексным учетом влагообеспеченности культуры, бонитета почв и лимитирующих почвенных условий.

С учетом прогнозируемой урожайности обрабатываются разработанные информационно-аналитические модули по расчету рациональных доз удобрений на рабочем участке с учетом закона минимума Либиха (рис. 8.3).

Предварительный расчет максимально возможной урожайности выбранной культуры на конкретном поле при учете всех лимитирующих факторов, позволяет более обоснованно задавать величину планируемого урожая. Нормативные данные автоматически считываются программой из специализированных баз данных.

После решения задачи рекомендуемые нормы минеральных удобрений на заданный урожай выводятся на экран и могут использоваться для последующей корректировки размера планируемого урожая, с учетом выводимых на экран лимитирующих факторов урожайности.

## Информационно-аналитические модули оценки прогнозируемой урожайности

Расчет потенциальной урожайности по показателям прихода ФАР

$$Y_j = 10^6 \cdot 2(F_j \cdot d_i \cdot K_c / (Q_0 \cdot L_j \cdot (100 - \epsilon_j))),$$

где  $F_i = a_{fi} + b_{fi} \cdot y \cdot (S_{i-5} \cdot c)$  – приход ФАР за  $i$ -й месяц,  $ккал/га$ ;

$y = 1 + 0,010 \cdot b$  – для южной экспозиции;

$y = 1 - 0,014 \cdot b$  – для северной экспозиции;

$y = 1,0$  – для восточной или западной экспозиции.

Расчет потенциальной урожайности по влагообеспеченности

1 Расчет динамики продуктивной влаги по месяцам в слое почвы 1 м (мм):

Апрель  $W_4 = 0,65 \cdot W_3 + 0,85 \cdot S_{4r} - E_4$

Май  $W_5 = W_4 + 0,85 \cdot S_{5r} - 0,90 \cdot E_5$

Июнь  $W_6 = W_5 + 0,85 \cdot S_{6r} - 0,70 \cdot E_6$

Июль  $W_7 = W_6 + 0,85 \cdot S_{7r} - 0,55 \cdot E_7$

Август  $W_8 = W_7 + 0,85 \cdot S_{8r} - 0,45 \cdot E_8$

Сентябрь  $W_9 = W_8 + 0,85 \cdot S_{9r} - 0,70 \cdot E_9$

Октябрь  $W_{10} = W_9 + 0,85 \cdot S_{10r} - E_{10}$

где  $W_0$  – сумма осадков за ноябрь–март, мм;  $W_i$  – продуктивная влага в  $i$ -том месяце, мм;

$S_{ir}$  – сумма осадков в  $i$ -том месяце, мм;

$E_i = 10 \cdot 000 - B_i / 586$  – испаряемость влаги в  $i$ -том месяце, мм;

$B_i = a_{bi} + b_{bi} \cdot y \cdot (S_{i-5} \cdot c)$  – радиационный баланс в  $i$ -том месяце,  $ккал/см^2$ ;

2 Расчет продуктивной влаги для культур за период вегетации, мм:

$$W_j = \Sigma (S_{i-1} \cdot d_i)$$

3 Расчет возможного урожая сельскохозяйственной культуры по влагообеспеченности посевов,  $ц/га$ :

$$Y_{pot} = 10^5 \cdot W_j / (K_j \cdot L_j \cdot (100 - \epsilon_j))$$

Расчет потенциальной урожайности по комплексным показателям (с учетом бонитета почв и лимитирующих почвенных условий)

$$Y_p = Y_{pot} \cdot (B_N / 100) \cdot K_{d6} \cdot K_{d3}$$

где  $B_N$  – обобщенный балл бонитета  $s$ -ого типа почвы;

$K_{d6}$  – поправочный коэффициент на базовые свойства почв;

$K_{d3}$  – коэффициент снижения урожайности за счет лимитирующих факторов почв (эрозия, подкисления, засоления и т. п.

$$K_{d6} = m \cdot \Pi(K_{d61}) / \Sigma(\Pi(K_{d61}) / K_{d62}); K_{d61} = 1 + (\Delta B_{d6} / B_{d6}) \cdot (P_{d6} - P_{d60}) / \Delta P_{d6}$$

$$K_{d3} = \min(K_{d31})$$

Рисунок 8.3 – Информационно-аналитические модули оценки  
потенциальной урожайности

## 8.4. Точное земледелие как информационный элемент прогнозирования урожая

Точное земледелие как целостная система предназначено для оптимизации сельскохозяйственного производства и программирования урожайности сельскохозяйственных культур за счет использования информации по возделыванию культур, а также инновационных технологий и методов.

Комплексное точное земледелие имеет пять основных задач:

- 1) ведение агроландшафтной системы земледелия;
- 2) увеличение эффективности производства;
- 3) улучшение качества продукции;
- 4) более эффективное использование химикатов (дифференцированное);
- 5) экономия энергоресурсов.

Базируется точное земледелие на трех основных элементах – информации, технологии и научном менеджменте.

**Информация** является наиболее ценным ресурсом для рационального ведения сельскохозяйственного производства. Актуальные и точные данные важны на всех этапах производства, начиная от планирования и заканчивая послеуборочной обработкой. Информация включает в себя: характеристики культур, свойства почвы, требования по внесению удобрений, популяции сорняков, данные по урожайности и т. д. Для ее поиска требуется соответствующее приборное оборудование и программное обеспечение.

Технологии являются вторым ключом к успеху эффективного земледелия при правильном их выборе и рациональном применении. В настоящее время происходит быстрое развитие и внедрение новых технологий для рационального ведения сельскохозяйственного производства. Поэтому сельхозтоваропроизводитель должен успевать следить за изменениями, которые могут принести пользу его производству.

Так, развитие географических информационных систем (ГИС), систем глобального позиционирования (GPS, ГЛОНАСС) и исполнительных устройств автоматического изменения норм расхода послужило толчком к развитию технологий точного земледелия. В настоящее время существуют или находятся в стадии разработки специальные

датчики, которые могут отображать состояние характеристик почвы, посевов, процесс уборочной и давать данные, которые могут быть использованы для коррекции или контроля операции в режиме реального времени.

**Научный менеджмент** – третий ключ к успеху – объединяет полученную информацию и имеющиеся технологии в целостную систему. Без надлежащего научного менеджмента использование точных технологий земледелия не будет эффективным. Сельхозтоваропроизводитель должен знать, как интерпретировать имеющуюся у него информацию, как использовать технологии и принимать управленческие решения.

Принципиальное отличие технологии точного земледелия состоит в том, что каждое сельскохозяйственное поле рассматривается как неоднородное. Поле как массив разделяется на некоторое количество новых единиц управления, которые являются однородными участками. На каждом из них вносятся разные, строго нормированные дозы удобрений (гербицидов, фунгицидов), рассчитанные на заданные показатели качества и объема сельскохозяйственной продукции. Для получения с конкретного поля (массива) максимального количества качественной и наиболее дешевой продукции для всех растений этого массива создаются оптимальные условия роста и развития без нарушения норм экологической безопасности.

Точное земледелие внедряется путем постепенного освоения качественно новых технологий на основе принципиально новых, высокоэффективных и экологически безопасных технических и агрохимических средств, предполагающих экономию удобрений, сохранение окружающей среды и получение максимальных урожаев.

Применение технологий точного земледелия предполагает выбор и использование сельхозпроизводителями необходимого оборудования, ассортимент которого в настоящий момент очень широк. За счет выбора оборудования, имеющего высокую точность дозирования, производитель достигает первого этапа внедрения технологий точного земледелия. Это распространяется и на другие этапы – посев, обработку почвы, уборку и т. д.

После приобретения необходимого оборудования и технологий сельхозтоваропроизводитель может принять решение: продолжать обрабатывать поле как единое целое или как совокупность отдельных

мест. В первом случае все поле обрабатывается как единое целое и решения принимаются на основе данных по всему полю. Во втором за счет обработки каждого участка в соответствии с конкретными требованиями исключается избыточное использование химикатов, а также посев на участках, где семена не взойдут.

Послеуборочная обработка является второй фазой комплексного подхода.

На основе мониторинга карт урожайности полей анализируется применение регулируемых факторов, выстраиваются зависимости, определяющие экономическую эффективность производства продукции с требуемыми показателями (качественными или количественными).

Точное земледелие – это управление продуктивностью посевов с учетом внутривидовой вариативности среды обитания растений (на каждом квадратном метре поля). Целью его является получение максимальной прибыли при условии оптимизации сельскохозяйственного производства, экономии хозяйственных и природных ресурсов. При этом существенно возрастают возможности получения высококачественной продукции и сохранения окружающей среды.

Использование сельхозтоваропроизводителями новейших достижений в области информатики и техники, опирающихся на компьютерные системы генерации агротехнологических решений, глобальных систем позиционирования (ГСП) – GPS, ГЛОНАСС, геоинформационных технологий, новейших информационных технологий, дистанционных и бортовых датчиков, автоматических рабочих органов сельхозмашин позволяет выйти на новый уровень рационального планируемого хозяйствования.

### ***Вопросы для самопроверки***

1. Что такое программируемая урожайность?
2. Основные принципы программирования урожая.
3. Определение динамического программирования.
4. Этапы организации производственных процессов на программируемую урожайность с.-х. культур.
5. Методы прогнозирования и программирования урожая.

6. Информационно-аналитические модули оценки потенциальной урожайности и рациональных доз удобрений.

7. Точное земледелие как информационный элемент прогнозирования урожая.

## 9. ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ В ТОЧНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

Основу точного земледелия (дифференцированного воздействия на систему «почва – растение – окружающая среда») составляет информация об объекте воздействия. При управлении производственным процессом такими объектами могут быть почва, растения, сорняки, вредители растений и др.

Существует много способов получения необходимой для управления производственным процессом информации. Так, для получения данных о почве используются такие методы, как отбор почвенных проб и их анализ, плотномеры, приборы и оборудование для оценки физико-механических свойств контактными и бесконтактными способами. Для получения информации о растениях также используются контактные и бесконтактные способы.

С развитием электроники и информационных технологий появились различные сенсорные системы, которые широко используются в сельскохозяйственном производстве для управления производственным процессом. Для успешной реализации технологий точного земледелия необходима достоверная информация о состоянии почвы, растений, окружающей среды и их изменчивости как в пространстве (в пределах одного поля), так и во времени. Эта изменчивость зависит от многих факторов, таких как свойства почвы, урожайность, содержание влаги в почве, наличие элементов питания и их соотношение, объем биомассы, фитосанитарное состояние (болезни, сорняки и вредители растений). Эти факторы могут быть измерены с помощью различного типа датчиков, сенсоров и инструментов, таких как полевые электронные датчики, многоспектральные и гиперспектральные системы, установленные на агрегатах, беспилотных летательных аппаратах различного типа или спутниках, а также термовизоры и технические средства для определения запахов (machine olfaction). Перспективны для использования в точном земледелии сенсорные системы для определения плотности биомассы, обнаружения и установления типа сорняков, оценки состояния почвы и наличия в ней питательных элементов.

Имеющиеся в наличии и разрабатываемые сенсоры и сенсорные сети позволяют товаропроизводителям наблюдать и контролировать

многие параметры почвы, растений и окружающей среды при производстве сельскохозяйственной продукции. Местные и удаленные сенсоры и их сети могут быть использованы для мониторинга потребности растений в питательных веществах и влаге, состояния почвы и растений, включая их пораженности болезнями и вредителями. Такими разнообразными надежными данными с высоким разрешением при дифференцированном воздействии на систему «почва – растение – окружающая среда» обеспечивается эффективность точного земледелия.

Для управления производственным процессом с.-х. культур используются *системы технического зрения*. В нашей стране существует как минимум три близких по значению определения: *машинное, компьютерное и техническое зрение*. В английском языке получили распространение всего два – *машинное* (Machine Vision) и *компьютерное* (Computer Vision).

Определение «*машинное зрение*» (Machine Vision), как правило, употребляется при описании систем и технологий, используемых в промышленной автоматизации, т. е. механизмов или устройств, выполняющих какую-либо работу.

Термин «*компьютерное зрение*» несет несколько иную смысловую нагрузку: в первую очередь имеется в виду использование вычислительной машины – компьютера – как основного элемента таких систем. Системы компьютерного зрения находят применение не только в промышленности (технике), но и в медицине (подсчет эритроцитов, иридодиагностика и др.), в задачах охраны и безопасности (распознавание номеров, лиц) и других сферах деятельности.

Обычно системы технического зрения разделяют на две независимые подсистемы: получения изображений и их обработки. Каждая из них, в свою очередь, включает различный набор компонентов в зависимости от требований конкретной прикладной задачи. В систему обработки изображений входят: вычислитель (тот или иной процессор, графический сопроцессор, DSP или ПЛИС) и математические алгоритмы, в которых редко что-либо меняется, на практике необходим выбор их типов и последовательности и инструмент, который позволяет легко и удобно оперировать изображениями.

Типовое решение системы машинного зрения включает в себя несколько следующих компонентов.

1. Одна или несколько цифровых или аналоговых камер (черно-белые или цветные) с подходящей оптикой для получения изображений.

2. Программное обеспечение для изготовления изображений для обработки. Для аналоговых камер это оцифровщик изображений.

3. Процессор (многоядерный) или встроенный.

4. Программное обеспечение машинного зрения, которое предоставляет инструменты для разработки отдельных приложений.

5. Оборудование ввода-вывода или каналы связи для доклада о полученных результатах.

6. «Умная» камера: одно устройство, которое включает в себя все вышеперечисленные пункты.

7. Специализированные источники света (светодиоды, люминесцентные и галогенные лампы и т. д.)

8. Специфичные приложения программного обеспечения для обработки изображений и обнаружения соответствующих свойств.

9. Датчик синхронизации частей обнаружения (часто оптический или магнитный) для захвата и обработки изображений.

В последнее время возрос интерес к использованию технического (машинного) зрения для получения информации о факторах, оказывающих влияние на производственный процесс.

Преимущества машинного зрения.

1. *Высокая точность.* При проведении измерений с использованием машинного зрения нет необходимости прикасаться к объекту, исключается возможность повреждения.

2. *Непрерывность.* При визуальном контроле человек устает.

3. *Экономическая эффективность.* Благодаря резкому снижению стоимости компьютерных процессоров, ремонта и эксплуатации систем машинного зрения снижаются затраты.

4. *Гибкость.* При помощи систем ТЗ можно осуществлять оценку многих параметров сельскохозяйственной продукции. В случае изменения области применения меняется программное обеспечение или осуществляется его модернизация.

**Технологии цифровой фотографии** используются для трехмерного изображения различных объектов в системе технического зрения.

В этой технологии цифровая камера получает отраженный поверхностью объекта свет и с помощью датчика изображения трансформирует оптическое изображение в массив электрических сигналов.

Фотографический метод разрабатывался для твердых объектов с четко определенными непрозрачными контурами. Затем его начали применять и для анализа состояния крон деревьев.

Для получения параметров, характеризующих «архитектуру» кроны деревьев, использовали полусферическую фотографию при помощи цифровой камеры с объективом «рыбий глаз». Это позволяет получать некоторые характеристики растений, такие как индекс листовой поверхности. Процесс обработки информации довольно медленный и не может быть использован для получения 3D-изображений в реальном масштабе времени.

**Компьютерное стереозрение** предполагает извлечение 3D-информации из цифровых изображений аналогично цифровой камере с зарядовой связью или комплементарной структурой «металл – окисел – полупроводник». Система StereoVision может обеспечить получение 3D-изображения путем объединения двух монокулярных, полученных одновременно посредством бинокулярной камеры. Метод обеспечивает наиболее реалистичное 3D-изображение растений и древесных культур, очень похожее на видение человеческим глазом. Позволяет измерять физические параметры – размеры и объем, которые имеют большое значение для управления производственным процессом. Кроме того, стереозрение позволяет определять расстояние от камеры до объекта. Можно также при необходимости получать спектральную информацию и 3D-изображения для географической информационной системы.

Недостатком StereoVision является то, что она обеспечивает меньшую точность, чем лазерные системы, и нуждается в соответствующей калибровке и записи процедуры. Кроме того, при определенных погодных условиях, особенно при изменении освещения, она теряет свою эффективность и требует дальнейшего улучшения в случае применения для крон высокой плотности. Когда несколько изображений обрабатываются вместе, величина файлов данных значительно возрастает, что усложняет и продлевает их обработку, затрудняет хранение 3D-информации, особенно в реальном масштабе времени.

В настоящее время активнее начинает использоваться технология получения и обработки информации об удаленных объектах с помощью активных оптических систем, использующих явления поглощения и рассеяния света в оптически прозрачных средах. Для этого используется лидар (транслитерация LIDAR, англ. Light Identification Detection and Ranging) – световое обнаружение и определение дальности).

Как прибор лидар представляет собой активный дальномер оптического диапазона. Сканирующие лидары в системах машинного зрения формируют двумерную или трехмерную картину окружающего пространства. «Атмосферные» лидары способны не только определять расстояния до непрозрачных отражающих целей, но и анализировать свойства прозрачной среды, рассеивающей свет. Разновидностью таких приборов являются доплеровские лидары, определяющие направление и скорость перемещения воздушных потоков в различных слоях атмосферы.

Лидар позволяет осуществлять 3D-сканирование различных объектов, с его помощью можно без их разрушения определять расстояние до объекта, генерировать всеобъемлющее математическое описание древовидной структуры. Расстояние между датчиком и мишенью (например, лист или ветвь) может быть измерено с помощью одного из двух методов: измерения времени, за которое лазерный импульс перемещается между датчиком и целью, или измерения разности фаз между падающим и отраженным лазером импульсом. Лидар-сенсор может быть размещен на спутнике, самолете или наземных средствах (рис. 9.1).

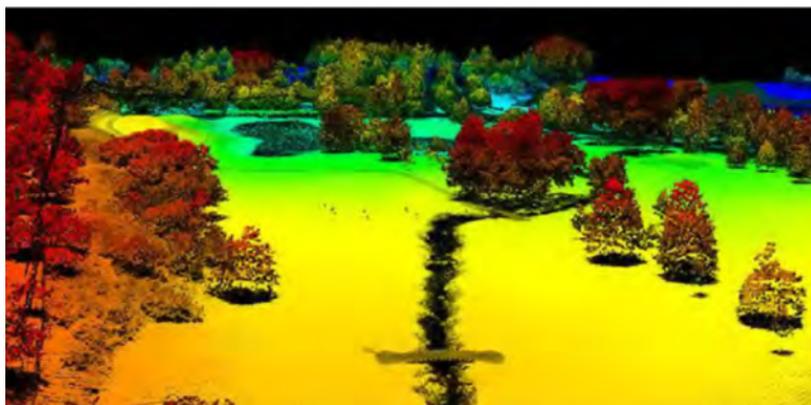
Основным достоинством этого сенсора является высокая скорость и точность измерений. Лидар позволяет реконструировать и описать в цифровом виде структуру деревьев с высокой точностью за счет быстрого определения расстояния до 1000 точек в секунду и построения 3D-облака точек с координатами  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . По этой причине, несмотря на плохую работу в пыльной среде, лидар-системы оказались одними из наиболее часто используемых датчиков для геометрической характеристики деревьев.

Эти системы могут быть использованы для количественной оценки изменений в структуре кроны в различных временных масштабах, также при проведении полевых экспериментов, включая внесение удобрений, определение температуры почвы, полив и др.



*Рисунок 9.1 – Сенсорная система лидар, установленная на тракторе*

В последнее время лидар все чаще используется для изучения растительности в местных лесах и лесопосадках (рис. 9.2).



*Рисунок 9.2 – Сканированное изображение*

С помощью системы лидар, установленной на самоходной платформе, можно измерить плотность в лозах винограда (рис. 9.3). Сенсор

создает цифровое 3D-изображение виноградной лозы. Эта информация используется для дифференцированного опрыскивания (рис. 9.4).



*Рисунок 9.3 – Платформа для сбора данных*



*Рисунок 9.4 – Дифференцированное опрыскивание с использованием полученных данных с помощью лидара*

При подготовке участка для закладки плодовых насаждений почвообрабатывающие агрегаты оснащаются глубинными камерами на основе 3D-технологии для динамической характеристики микрорельефа почвы (рис. 9.5), что дает возможность исследовать в полевых условиях особенности микрорельефа одновременно с обработкой почвы. Это

особенно актуально для многолетних насаждений, так как накопленная информация позволит правильно закладывать ряды, в зависимости от микрорельефа и влагообеспеченности почвы, а также корректировать работу почвообрабатывающих агрегатов при дальнейшей междурядной обработке почвы.

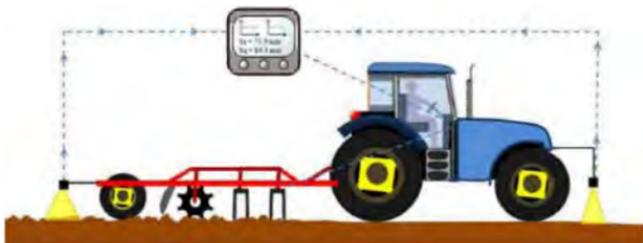


Рисунок 9.5 – Использование глубинных камер на основе 3D-технологии при закладке плодовых насаждений

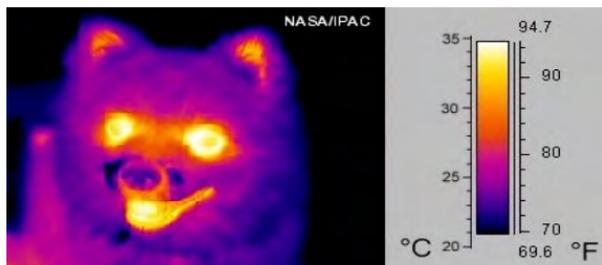
Для получения информации о состоянии почвы и растений в настоящее время широко используется термография.

**Термография, тепловое изображение или тепловое видео** – научный способ получения **термограммы**, т. е. изображения в инфракрасных лучах, показывающего картину распределения температурных полей.

Камеры обнаруживают излучение в инфракрасном диапазоне электромагнитного спектра (примерно 0,9–4 мкм) и на основе этого излучения создают изображения, позволяющие определить перегретые или переохлажденные места. Инфракрасное излучение испускается всеми объектами, имеющими температуру выше абсолютного нуля, согласно формуле Планка для излучения черного тела, исходя из этого, термография позволяет «видеть» окружающую среду как при видимом свете, так и без него. Интенсивность теплового излучения тела увеличивается с повышением его температуры, поэтому термография позволяет видеть распределение температуры по поверхности тела. На экране тепловизора более теплые объекты лучше видны на фоне окружающей среды, как днем, так и ночью (рис. 9.6).

Термография используется для подсчета количества плодов, например яблок на дереве. Возможность обнаружения плодов с помощью термографии базируется на предположении, что их температура

существенно отличается от температуры окружающей среды, это предположение верно для многих случаев.



*Рисунок 9.6 – Изображение собаки, сделанное в средних инфракрасных лучах*

Плоды, как и листья, содержат воду, но масса у них разная, поэтому термодинамическая реакция различна.

Температура плодов зависит также от интенсивности поступающей радиации, относительной влажности и скорости ветра. Алгоритм обработки теплового изображения при обнаружении плодов функционирует более эффективно, когда контраст между плодами и окружающими их листьями максимален.

В настоящее время системы точного земледелия все шире используются в сельском хозяйстве для повышения эффективности управления производственным процессом сельскохозяйственных культур. Эффективным инструментом для получения информации о факторах управления и их оценки являются системы технического зрения.

Тепловое (инфракрасное) излучение косвенно указывает на способность урожая отрегулировать температуру испарением.

Недостаток воды в почве, слабое укоренение или болезни могут привести к повышению температуры. На Европейской конференции по точному сельскому хозяйству демонстрировалось тепловизионное картографирование с помощью самолета для дистанционного обнаружения стресса растений в пределах виноградника. На основе данных обеспечивалось орошение с переменной скоростью. Параллельно в полевых условиях для этой цели использовались ручные датчики (рис. 9.7).



*Рисунок 9.7 – Ручной тепловой датчик изображений*

Тепловая съемка может служить важным инструментом для мониторинга состояния сельскохозяйственных культур.

**Определение свойств почвы.** Системы машинного зрения применяются для качественной и количественной оценки физико-механических и агротехнических свойств почвы как одного из важных факторов управления производственным процессом. Полученная при этом информация о деформации почвы и структурных изменениях, величине уплотнения, содержании органического вещества, водоудерживающей способности может быть использована при выработке решений по управлению этими факторами. Так, структура почвы зависит от размера и формы частиц, существенно влияет на ее водоудерживающую способность и должна учитываться при определении режимов полива. Для оценки структуры почвы используются различные виды изображения. Поскольку почва является динамической системой с быстрым изменением свойств, важно знать, как протекают эти процессы, чтобы более точно прогнозировать влияние на них природных и антропогенных факторов. Для этих целей могут быть использованы многоканальные изображения, позволяющие одновременно оценивать наличие органического вещества, минералогический состав и другие параметры.

**Обнаружение сорняков и дифференцированное применение химических средств защиты растений.** Вредность сорняков заключается в том, что они конкурируют с культурными растениями за воду, питательные элементы и свет, создают сложности при выполнении сельскохозяйственных операций, способствуют распространению болезней и вредителей. Семена сорняков загрязняют урожай, снижая тем самым

его качество. Для дифференцированного использования средств защиты растений необходимо иметь точные данные о распределении их по полю.

Использование машинного зрения для обнаружения сорняков с целью дифференцированного применения средств защиты растений является наиболее распространенным в точном земледелии. Существуют два аспекта этой проблемы – обнаружение сорняков на поле среди культурных растений и определение конкретного вида среди остальных для применения соответствующего гербицида. Первая задача более проста, так как приходится идентифицировать объект среди двух классов. Вторая задача сложнее, так как приходится определять конкретный сорняк среди большего числа их видов.

**Обнаружение болезней растений.** На начальной стадии заболевания растений наиболее подходящим является метод флуоресценции, так как состояние растения можно оценивать и по продуктивности фотосинтеза. По мере развития метаболических изменений грибок начинает распространяться радиально вокруг точки инфекции. Такие участки растения теряют пигментацию, в них прекращается процесс фотосинтеза, разрушаются клеточные стенки. Инфицированные участки некротизируются и становятся видимыми.

Некроз – отмирание клеток и образование участков отмершей ткани, происходящее под действием токсинов патогена либо неблагоприятных абиотических факторов (высокие и низкие температуры, недостаток влаги, химические вещества и т. п.). При некрозах в клетках происходят необратимые изменения, которые приводят их к гибели.

Анализ отраженного света может помочь в обнаружении инфекции. Например, может быть обнаружен возбудитель в видимом спектре (в зависимости от возбудителя); деградация хлорофилла и покраснение кромки (550; 650–720 нм); старение в диапазоне (680–800 нм) из-за потемнения (1400–1600 и 1900–2100 нм) из-за тканей; изменения плотности полога и листовой поверхности.

При постепенном поражении болезнью всего растения оно испытывает сильный стресс, который ведет к общему закрытию устьиц в целях сокращения потерь воды. Это изменение в транспирации можно контролировать с помощью термографии. Однако температура листьев быстро меняется, она в значительной степени зависит от температуры

окружающей среды, освещения и ветра. Следовательно, из-за вариативности экологических факторов результаты термографии неточны. Сенсорные методы дают более надежные результаты, когда болезнь полностью развилась и интенсивность инвазии высока. Очевидно, что некоторые изменения в спектральных характеристиках растений позволяют использовать оптические сигналы для обнаружения заболеваний сельскохозяйственных культур.

Гиперспектральные способы визуализации могут быть использованы для упрощения и автоматизации обнаружения заболевания растений. Эффективность выявления во многом зависит от алгоритмов обработки данных. Это могут быть простые алгоритмы или алгоритмы анализа изображений для установления различий между фоном и пшеничной массой (на основе отражательной способности в диапазоне 675 нм и 750 нм). Затем по классификации комбинаций спектральных диапазонов можно различать здоровые ткани листьев и участков озимой пшеницы, пораженных желтой ржавчиной. Дальнейшее улучшение систем обнаружения болезней растений может быть достигнуто в результате объединения мультисенсорных спектральных и флуоресцентных методов. Сведения о преимуществах, недостатках и потенциальном использовании рассмотренных сенсорных технологий приведены в таблице 9.1.

*Таблица 9.1 – Сенсорные технологии для обнаружения болезни растений*

Сенсорная технология	Преимущества	Недостатки	Наилучшие сферы применения
Флуоресценция	Раннее обнаружение болезней даже до того, как произошли изменения в растении	Невозможность определения факторов, вызвавших стрессовое состояние, недостаточная точность и чувствительность к уровню освещенности	Метод может быть использован для раннего предупреждения возможного осложнения в будущем или для использования в лабораторных исследованиях
Отражение света	Обеспечивает хорошее определение факторов, вызвавших стресс, высокая точность в распознавании болезней растений	Более эффективно после того как определены симптомы и обеспечивание становятся видимым. Чувствительность к интенсивности контроля и возрасту растения	

Продолжение табл. 9.1

Сенсорная технология	Преимущества	Недостатки	Наилучшие сферы применения
Термография	Можно определить наличие болезни, если с ней связано содержание воды в листьях. Большой эффект при использовании на летательных аппаратах	Сильно зависит от уровня освещенности, очень низкая точность при изменении погодных условий, не позволяет идентифицировать специфические факторы, вызвавшие стресс растений	Термография может быть использована в теплицах или на летательных аппаратах при равномерной освещенности и постоянной температуре окружающей среды

### **Вопросы для самопроверки**

1. Компоненты системы машинного зрения.
2. Чем отличаются термины «машинное зрение» и «компьютерное зрение»?
3. Определение свойств почвы.
4. Обнаружение сорняков и дифференцированное применение химических средств защиты растений.
5. Сенсорные технологии для обнаружения болезней растений.

## 10. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

### 10.1. Классификация специального программного обеспечения

Успешное ведение современным агропромышленным предприятием производственной деятельности практически невозможно без использования различных пакетов специального программного обеспечения (СПО), повышающего эффективность контроля и управления производством сельскохозяйственной продукции.

Основной целью специального программного обеспечения является повышение эффективности сельскохозяйственного производства.

*Основные задачи:*

- планирование и контроль выполнения технологических операций в растениеводстве;
- планирование и учет материально-технических, кадровых ресурсов предприятия;
- автоматизированная подготовка технологических карт и производственных заданий;
- привязка фотоснимков космических изображений, данных аэрофотосъемки и снимков полей к карте местности;
- мониторинг сельхозтехники, сельскохозяйственных угодий, технологических операций;
- сбор, обработка и анализ информации о производственных процессах и задействованных в них объектах;
- ведение полевых журналов и расчеты потребности в семенах, СЗР, удобрениях;
- ведение данных по организационно-штатной структуре организации, а также технике и оборудованию;
- дистанционный сбор данных с полей посредством мобильных устройств.

Рассмотрим классификацию СПО.

По срокам использования поддерживаемых процессов:

- *стратегические* – планирование севооборотов, размеров посевных площадей, планов приобретения техники и т. п.;

– *тактические* – планирование технологического цикла работ конкретного сезона;

– *оперативные* – корректировка сроков и содержания работ конкретного сезона.

По специализации пользователей:

– для агронома;

– агроменеджера;

– диспетчера гаража;

– бухгалтера и др.

Такие пакеты ПО используются при обмере и учете полей, планировании и проведении агрохимического обследования почв, мониторинге маршрутов движения и функционирования подвижных сельскохозяйственных объектов и др.

ПО может быть изготовлено в виде автономного пакета, используемого на одном либо нескольких рабочих местах на одном предприятии, а также в виде распределенной многофункциональной информационной системы, обеспечивающей сбор, обработку, анализ, хранение и отображение данных на множестве компьютеризированных рабочих мест, связанных между собой различными видами связи (Интернет, корпоративная система связи и т. п.).

## **10.2. Описание пакетов специального программного обеспечения**

### **«ГЕО-учетчик»**

Первым шагом на пути точного земледелия является создание электронных карт полей и прилегающей местности. Эти карты являются основой для организации всех данных по хозяйству и позволяют автоматизировать (полностью или частично) процессы обработки данных: ведение истории полей, планирование севооборотов, разработка агротехнических мероприятий, оценка расходов и доходов, логистика, оперативное создание заданий для механизаторов, генерирование различных отчетов, быстрое создание новых карт по имеющимся данным путем раскрашивания и редактирования старых и др. Таким образом, электронная карта сокращает затраты времени на рутинную работу,

уменьшает количество ошибок (за счет структурирования информации), предоставляет удобные инструменты для принятия решений.

Для создания электронных карт чаще всего используется отечественное ПО «ГЕО-учетчик». Оно входит в состав аппаратно-программного комплекса для электронного учета сельскохозяйственных земель. Программа устанавливается на ноутбук с подключенной к нему высокоточной GPS-антенной (возможно использование широкого спектра подобных приборов). Для работы лучше использовать специальные полевые компьютеры (рис. 10.1).



*Рисунок 10.1 – Примеры различного исполнения полевых компьютеров:  
а – блокнотное; б – планшетное; в – карманное.*

GPS-антенна устанавливается на крышу автомобиля, и оператор объезжает на нем поля по периметру. При этом происходит запись границы поля в электронной карте программы в реальном времени. Кроме того, вводятся расстояния от GPS-антенны до границы поля (так как не всегда ее можно провести строго по границе поля), фиксируются местоположения любых объектов, находящихся внутри и вне поля (дороги, населенные пункты, лесополосы, столбы, и т. д.). Все это позволяет получить корректную фактическую площадь поля по GPS-данным.

ПО «ГЕО-учетчик» обеспечивает решение следующих задач в полевых условиях:

- ввод в компьютер и фиксация результатов GPS-измерений;
- контроль качества вводимых GPS-данных по количеству используемых в работе спутников и геометрии их расположения;
- отображение на карте местности текущих координат (GPS-измерения) в реальном времени;

– передача данных (по сети Интернет либо иным цифровым каналам связи) на стационарный компьютер для дальнейшей обработки.

В офисе ПО «ГЕО-учетчик» обеспечивает решение следующих задач:

- создание карт полей в растровой и векторной форме;
- коррекция ранее созданных карт полей с уточнением их границ, объединением, перепланировкой и т. п.;
- измерение по карте расстояний и площадей, определение участков полей, обработанных сельскохозяйственной техникой;
- ввод и (при необходимости) коррекция сопроводительной информации (номер поля, урожайность и др.) по каждому полю.

### **«ГЕО-план»**

Для организации полевых работ при выполнении агрохимического картирования в современной системе земледелия также существует ряд специализированных программ. Они позволяют увеличить производительность и уменьшить затраты времени и финансовых средств на выполнение поставленных задач.

Программное обеспечение AGRO-GPSMobHBox (Agrocom) и SiteMate (FarmWorks) позволяет организовать отбор почвенных проб и записать координаты точек взятия образцов. Данные приложения устанавливаются на карманный компьютер (SiteMate может устанавливаться и на ноутбук) и используются совместно с приложениями, работающими на стационарном компьютере (AgrNet-NG, Agro-MAP и SitePro). По этой причине внедрение таких решений сопряжено со значительными расходами.

Приложение «ГЕО-план» обладает по сравнению с программами большими функциональными возможностями, гибкостью настроек. Кроме того, программа является самостоятельным приложением, не требующим для работы других программ.

Назначение программы «ГЕО-план»:

- организация отбора почвенных проб при агрохимическом обследовании с помощью GPS (определение наилучшего места для взятия пробы, указание оператору направления движения и места остановки для отбора индивидуальных проб);

- нанесение фактических границ полей и местоположений сопутствующих объектов для создания электронных карт;
- фиксирование своего местоположения на местности в реальном времени и запись о проблемных участках сельскохозяйственных угодий;
- измерение на карте расстояний, площадей и редактирование объектов электронной карты.

Фактически отбор почвенных проб происходит в следующем порядке.

Поле объезжают по периметру с включенным оборудованием, при этом в режиме реального времени происходит запись месторасположения его границы. GPS-приемник может быть менее точным, так как границы почвенных контуров с разным содержанием элементов питания не столь четки и распределение удобрений происходит, как правило, с меньшей точностью.

На полученную кривую накладывается сетка с задаваемой оператором величиной ячеек. Сетка может быть наложена и на поле, видимое на космическом снимке, который также можно подгрузить в программу.

Прокладывается маршрут следования машины для отбора проб (обычно по диагонали ячеек). Мелкие ячейки сетки помогают определять места взятия индивидуальных проб. Опытные операторы могут обходиться без заранее проложенного маршрута по ячейкам сетки.

Оператор, контролируя свое положение на мониторе ноутбука, отбирает почвенные пробы в соответствии с проложенным маршрутом. При этом индивидуальные пробы в пределах одной большой (черной) ячейки, перемешиваются и превращаются в один смешанный почвенный образец, который передается в лабораторию для анализов.

### **«ГЕО-мониторинг»**

Система мониторинга сельскохозяйственной техники представляет собой аппаратно-программный комплекс, предназначенный для получения достоверной информации о местонахождении в пространстве техники (трактора, автомашины, комбайны и др.) и дальнейшего анализа полученных данных на предмет повышения эффективности использования техники (эффективность по расходу топлива, пройденных маршрутов, обрабатываемых земель и др.).

Программное обеспечение «ГЕО-мониторинг» входит в состав системы автоматизированного контроля маршрутов движения и функционирования подвижных объектов.

Система состоит из трех блоков:

– *программный GPS/GSM-терминал*, устанавливаемый на борту подвижного объекта и обеспечивающий сбор, накопление в памяти и передачу с заданной дискретностью данных о маршруте (GPS-измерения, привязанные ко времени) и функционировании транспортного средства (расход топлива, работа двигателя и др.);

– *серверный блок*, обеспечивающий прием информационных массивов со всех задействованных в работе терминалов, обработку этих массивов и хранение в базе данных (БД);

– *автоматизированное рабочее место оператора* (диспетчера) системы контроля подвижных объектов.

С помощью ПО «ГЕО-мониторинг» решаются следующие задачи:

– отслеживание и отображение на карте местности маршрутов движения подвижных объектов;

– фиксация моментов начала и окончания движения;

– определение координат пунктов остановки и времени простоя;

– пройденный путь (обработанная площадь) и скорость движения;

– определение на основе измерений независимыми датчиками расхода горючего (остатка в баке);

– ведение БД подвижных объектов, на которых установлены терминалы.

### **Agro-MAP**

Программа Agro-MAP предназначена для обработки информации, относящейся к полям хозяйства. Сюда входит отображение, редактирование, печать текстовой и графической информации, импорт и экспорт данных измерений различных форматов, соединение с карманным персональным компьютером (КПК) для синхронизации данных и последующее использование агрономом на месте.

Программа позволяет создавать карты урожайности, подготавливать задания для дифференцированного внесения удобрений, вести статистику, планировать точки взятия проб агрохимобследования и последующий ввод результатов.

Функциональные возможности программы Agro-MAP:

- редактирование и печать геореферентных данных;
- импорт данных измерений различных производителей;
- администрирование данных и заказов;
- интерфейс с РСМСИА-накопителями;
- подготовка заданий для корректировки урожайности;
- генерирование карт урожайности;
- статистика по уборке урожая;
- составление технологических карт для дифференцированного внесения удобрений;
  - ввод данных измерений границ полей;
  - планирование взятия проб агрохимического анализа;
  - импорт данных агрохимического анализа и генерирование карт свойств почв.

К преимуществам программы можно отнести следующее. Простой, наглядный интерфейс, синхронизация всех данных в единой БД, удобный поиск, документирование всех операций; сочетание учетной системы с геоинформационной позволяет вести производственную деятельность по технологии точного земледелия; автоматизированный обмен данными с бортовыми и карманным компьютерами существенно экономит время по внесению данных в программу.

### **«Панорама АГРО»**

ПО «Панорама АГРО» является специализированной российской ГИС, обеспечивающей решение следующих задач (рис. 10.2):

- ведение базы нормативно-справочной документации;
- учет сельскохозяйственных угодий с привязкой к карте;
- ведение агрохимического мониторинга сельскохозяйственных угодий;
  - обработка навигационных данных и контроль перемещений техники;
  - планирование и учет фактических работ.

Ведение базы нормативно-справочной документации осуществляется средствами встроенной подсистемы «Список справочников».

Учет сельскохозяйственных угодий и мониторинг некоторых агрохимических свойств почв выполняются на основе геопространственной

привязки данных. Средства экранной навигации позволяют при выборе поля на карте просматривать характеристики, и наоборот, при просмотре параметров сельскохозяйственных угодий оценивать их размещение на местности.

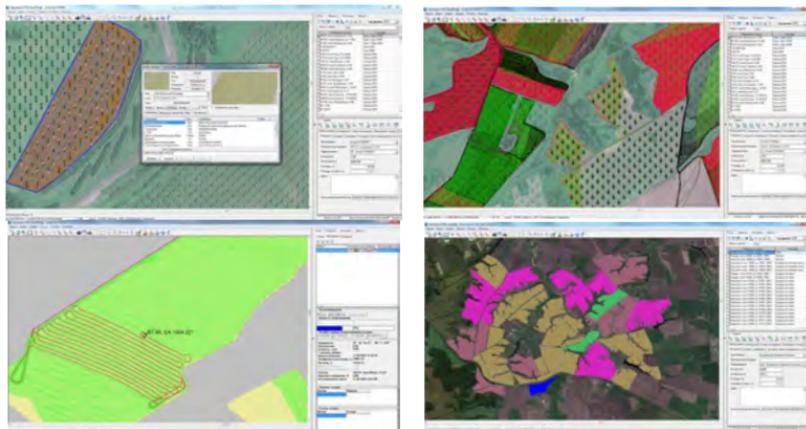


Рисунок 10.2 – Интерфейс ПО «Панорама АГРО»

## Farm Works

Программное обеспечение Farm Works предназначено для организации процесса сельскохозяйственного производства в хозяйствах любого уровня (рис. 10.3). Это комплекс дополняющих друг друга независимых программ, являющихся надежным многофункциональным и недорогим «помощником» на всех этапах производственного процесса.

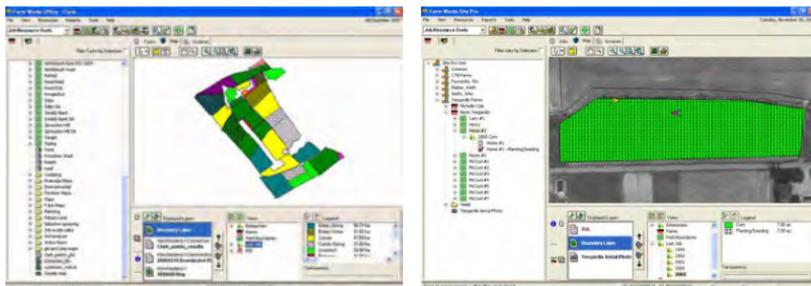


Рисунок 10.3 – Интерфейс ПО Farm Works

Рассмотрим возможности программы:

- ведение БД по землевладельцам, хозяйствам, полям, сотрудникам, технике, строениям, скоту, ресурсам (СЗР, удобрения, семена, корма, топливо и др.);
- обработка информации о любом количестве хозяйств за неограниченное количество лет, на неограниченной площади полей;
- планирование различных технологических операций, использования ресурсов и др.
- формирование загружаемых на бортовые компьютеры техники и КПК-заданий для сотрудников;
- автоматическое вычисление различных показателей;
- гибкие настройки печати различных отчетов.
- создание карт полей и сопутствующих объектов и работа с ними;
- автоматическое определение площади полей;
- импорт и обработка материалов почвенных обследований, карт урожайности и других привязанных к местности данных;
- возможность одновременной работы с несколькими слоями карты;
- статистический анализ карт, в том числе карт урожайности;
- создание карт для дифференцированного внесения удобрений и СЗР.

### **Agro-Net NG**

Это программное обеспечение представляет собой информационно взаимосвязанный комплекс специализированных ПО, обеспечивающих поддержку принятия решений в агротехнических и экономических областях агробизнеса (аналог Farm Works).

В программе обеспечивается как ручной, так и автоматизированный ввод данных с установленных на сельскохозяйственной технике средств контроля и управления (система картирования урожайности и др., рисунок 10.4).

Поддержка различных терминалов:

- АСТ, СЕВІS, СХ/СR, Uni Control;
- новые ISO-терминалы.
- системы картирования урожайности.



## Cropio

Cropio представляет собой систему дистанционного контроля сельскохозяйственных угодий, основанную на облачной технологии, т. е. для работы с ней ничего устанавливать не надо, необходимо только получить логин и пароль для доступа на сайт (рис. 10.5).



Рисунок 10.5 – Интерфейс ПО Cropio

ПО Cropio позволяет:

- проводить мониторинг посевных площадей;
- получать прогноз погоды для каждого поля;
- проводить детальный анализ полевых работ (история поля, статистика, сравнение с прошлыми годами, другими полями);
- находить и выделять проблемные зоны на поле;
- проводить мониторинг техники и формировать задания на выполнение работ;
- рассчитывать оптимальные дозы удобрений;
- оперативно оповещать о важных событиях на поле;

– следить за новостями сельского хозяйства и рынка сельхозпродукции;

– формировать отчеты о состоянии и динамике изменений полей.

Cropio позволяет менеджерам предприятия контролировать состояние всех полей, стадию вегетации посевов, ожидаемую урожайность, структуру посевов, новости сельского хозяйства и актуальную информацию по рынку сельхозпродукции, своевременно получать уведомления о событиях, происходящих на поле.

Для агрономов предназначена более подробная информация о полях – динамика их изменения, рекомендованные дозы удобрений, карты вегетации, графики изменения вегетации, история циклов вегетации за предыдущие годы (до 10 лет), влажность почвы, температура почвы, карта рельефа и дренажа, информация о погоде и осадках.

## **GMV**

Облачное ПО от испанской компании GMV состоит из следующих модулей:

– Moviloc – модуль мониторинга техники;

– WinEOData – модуль сбора информации дистанционного зондирования Земли с метеостанцией;

– WinEOGeoBI – модуль анализа данных и система поддержки принятия решения. В этом модуле информация из предыдущего модуля обобщается, сравнивается и анализируется. Вся информация отображается в наглядном графическом виде.

## **«АГРАР-ОФИС»**

ПО «АГРАР-ОФИС» подразделяется на следующие разделы.

### *1. Полевой журнал*

Он позволяет документировать выполнение технологических операций растениеводства с последующей возможностью их анализа и документирования, осуществлять планирование и анализ севооборотов, внесения удобрений, системы защиты растений, пастбищ, а также проводимых на пашне и лугах мероприятий, производить расчет баланса питательных веществ, автоматически создавать технологические карты и т. д.

## 2. Аренда и землеустройство

Модуль позволяет управлять расчетом аренды, денежных потоков и получать отчеты о площадях и их использовании. Возможно добавление формул для расчета арендной платы.

## 3. ГИС

Обладает стандартным набором ГИС-функций: подключение фоновых слоев карты, визуализация запросов и отчетов, импорт/экспорт различных форматов (есть ассистент импорта различных участков, позволяющий импортировать практически любые данные, возможен импорт контуров из GPS-измерений), рисование, измерение расстояний, площадей, деление участков, графическое планирование структуры посевных площадей.

## 4. Точное земледелие

Модуль позволяет рассчитывать нормы и составлять карты для локального внесения удобрений и средств защиты растений (составляются на основе карт урожайности либо агрохимического анализа), составлять траектории движения агрегатов, карты заданий для различных терминалов (рис. 10.6).

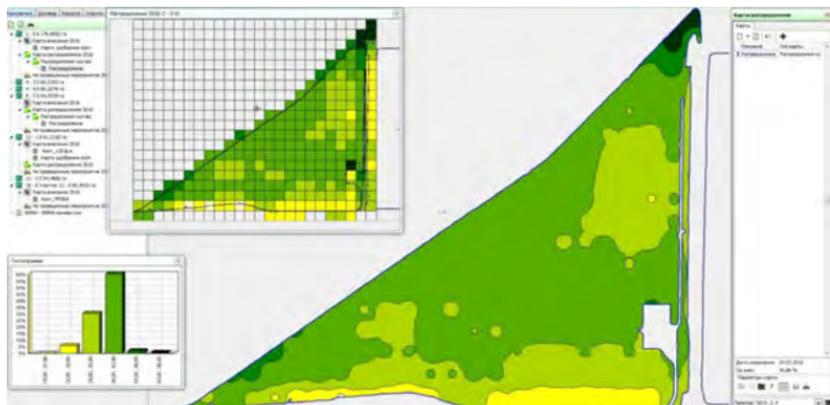


Рисунок 10.6 – Пример создания карт-заданий для дифференцированного внесения удобрений

## 5. NetDoc – телематика

Этот модуль представляет собой отдельное приложение, которое позволяет отслеживать местоположение и некоторые параметры техники. Возможно подключение следующих датчиков: температуры двигателя, частоты вращения вала отбора мощности, загрузки, глубины обработки почв

и др. Все события, происходящие с техникой, выводятся на экран, и по ним можно принимать решение о дальнейших действиях.

#### *6. JDReportsMAP*

Программное обеспечение для техники John Deere позволяет осуществлять прямой обмен данными с терминалами JD GreenStar GS 4/GS 2, получать данные о производительности всех мероприятий и всех работ, создавать и читать карты точного земледелия, расхода топлива, длины нарезки, осуществлять автоматическое документирование, обработку заданий и печать нарядов.

#### *7. Mobil (состоит из ПАЛМ АМЕ и Mobile GPS)*

ПАЛМ АМЕ создан для учета выполнения операций в поле. Сотрудник выбирает уже заполненное на компьютере задание с операциями и их параметрами (названиями машин, агрегатов, ресурсами и т. д.) или сам вносит необходимые данные. Затем по мере выполнения операций он фиксирует факт выполнения каждой и записывает значения их параметров (потраченные ресурсы и т. д.), и эти данные записываются в программу.

Mobile GPS создан для измерения параметров полей. Он позволяет измерять площади любой формы (для этого необходимо использовать КПК с установленной программой и проехать с ним по контурам поля), создавать графические отчеты, проводить различные операции с измеренными полями (объединять, разъединять их и т. д.), вносить информацию о культуре, сорте и др.

Особенностью данного комплекса является то, что он использует EGNOS (Европейскую корректировочную систему), которая улучшает точность до 0,5–1 м (хотя она функционирует только в некоторых областях России). Также в нем заложен подсчет коэффициента погрешности, при превышении которого данные не будут записаны.

#### *8. Агропортал GeoLookAgro*

При наличии доступа в Интернет агропортал позволяет вести оперативный мониторинг развития растений, мониторинг техники, документировать все выполняемые на полях мероприятия, анализировать тематические карты.

Особый интерес для современного сельского хозяйства представляет модуль «Точное земледелие». Он позволяет упростить и автоматизировать проведение агрохимического анализа почвы. На этапе формирования карты отбора проб почвы возможны три способа ее построения:

– *обычный растр* – производится разбивка поля на участки с определенной площадью;

– *полигональный растр* – отбор проб почвы можно осуществлять на основе типов почвы;

– *динамический растр* – на каждом поле прорисовывается план отбора относительно различных карт, как правило, карт типов почвы.

Затем в зависимости от типа карты отбора почв формируется маршрут взятия проб, причем после этого для каждой пробы автоматически формируются этикетки, которые потом наклеиваются на мешочки с пробами. После выполнения анализа проб можно сформировать карту внесения удобрений на основе либо полученных результатов анализа либо данных об урожайности прошлых лет. Полученную карту внесения удобрений можно записать на различные терминалы.

### **ИАС Harver**

Информационно-аналитическая система предназначена для выполнения следующих задач:

– планирование и контроль выполнения технологических операций на полях;

– планирование и учет материально-технических, кадровых ресурсов предприятия;

– автоматизированная подготовка технологических карт и производственных заданий;

– мониторинг сельхозтехники, сельскохозяйственных угодий, технологических операций;

– сбор, обработка и анализ информации о производственных процессах и задействованных в них объектах (физические свойства почв, культурных и сорных растений, севообороты, паспорт полей, агрохимические свойства почвы, машинно-тракторный парк и др.);

– ведение полевых журналов и расчеты потребности в семенах, СЗР, удобрениях;

– ведение данных по организационно-штатной структуре организации, а также технике и оборудованию;

– мониторинг метеостанций;

– привязка фотоснимков космических изображений, данных аэрофотосъемки и снимков полей к карте местности; дистанционный сбор данных с полей посредством мобильных устройств.

ИАС Harver применима для автоматизации производственной деятельности агропредприятий и предназначена для агрономов, инженеров и агроконсультантов.

Структурно ИАС Harver состоит из следующих модулей:

- «Планирование»;
- «Карта»;
- «Мониторинг»;
- «Поля»;
- «Кадры»;
- «Техника и оборудование»;
- «Метео»;
- «Склад»;
- «Справочник»;
- «Удаленный сбор данных».

### **10.3. Программный комплекс «ГЛОНАССсофт»**

Платформа «ГЛОНАССсофт» представляет собой автономный программный комплекс, осуществляющий прием, обработку, анализ и ретрансляцию телематических данных, получаемых от навигационного ГЛОНАСС/GPS-оборудования. Комплекс предназначен для организации систем мониторинга транспортных средств – тракторов, спецтехники, легковых и грузовых автомобилей, сельскохозяйственной техники, комбайнов, топливозаправщиков, а также стационарных объектов, например заправочных колонок и других объектов мониторинга.

Платформа имеет веб-интерфейс и осуществляет мониторинг объектов в режиме реального времени, предоставляет удобный доступ к данным и может решать для предприятий широкий круг задач.

На контролируемые транспортные средства и другие объекты мониторинга устанавливаются абонентские терминалы – трекеры GPS/ГЛОНАСС – специализированные цифровые устройства приема/передачи данных через спутники глобальных навигационных систем, передающие данные о местоположении объектов. Информация с датчиков и другого оборудования, установленного на объекты, поступает на сервер и обрабатывается в программном обеспечении «ГЛОНАССсофт».

Объекты могут быть оснащены датчиками: уровня топлива; аварийной температуры масла; наработки двигателя; напряжения бортовой

электрической сети; давления масла; аварийной температуры охлаждающей жидкости; засоренности фильтра воздухоочистителя; засоренности фильтра гидросистемы; включения выгрузного шнека; заполнения бункера; оборотов молотильного барабана; угла наклона, а также бортовое навигационно-коммуникационное оборудование.

Кроме того, на объекты может быть установлено дополнительное оборудование – набор различных внешних устройств, а также датчиков, подключаемых непосредственно к абонентскому терминалу для регистрации дополнительных параметров, что позволяет значительно расширить функциональные возможности системы. К ним относятся: гарнитура голосовой связи; идентификатор водителя; RFID-считыватель; радиометка; тревожная кнопка; комплект связи с водителем и др.

Система мониторинга «ГЛОНАССсофт» позволяет вести контроль: местоположения техники в режиме реального времени с любого устройства, имеющего доступ к сети Интернет; скоростного режима; посещения контрольных точек; расхода топлива; объема, времени, мест сливов и заправок. Руководитель предприятия может получать информацию любым удобным способом: в отчете за любой период времени в течение года; смс-уведомлением на телефон; уведомлением на электронную почту; онлайн в программе мониторинга. Все данные сохраняются в течение года.

Для отрасли сельского хозяйства применяется решение «АгроТехнология 2.0» на основе платформы «ГЛОНАССсофт». Его внедрение дает возможность наладить процессы планирования, контроля и учета на предприятии, выявлять неэффективные поля, прогнозировать и предотвращать потери, осуществлять учет исполнителей по каждой операции и многолетний мониторинг эффективности каждого поля. С помощью решения «АгроТехнология 2.0» можно планировать, контролировать и анализировать ход работ на полях; ставить задачи и контролировать их исполнение на всех уровнях; анализировать урожайность и структуру посевных площадей; контролировать использование всей техники и агрегатов предприятия.

Пользовательский интерфейс веб-приложения «ГЛОНАССсофт» представляет собой набор вкладок с различными инструментами мониторинга и создания отчетности (рис. 10.7).

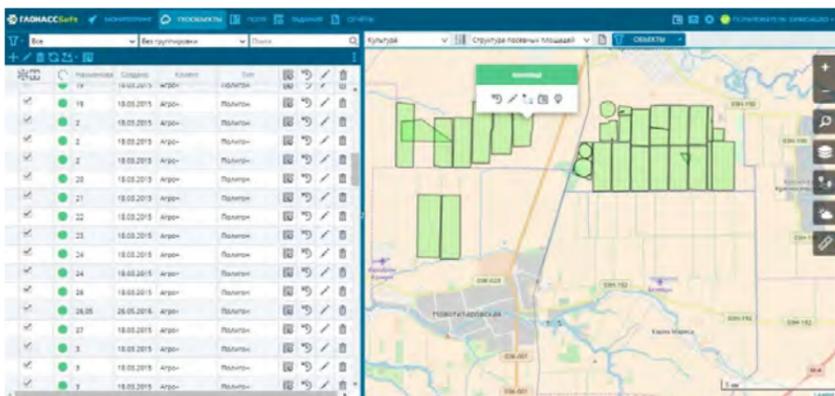


Рисунок 10.7 – Веб-интерфейс системы «АгроТехнология 2.0» на основе платформы «ГЛОНАССсофт»

В левой части окна представляется список объектов (с.-х. техники), в правой – карта (с возможностью выбора необходимого картографического сервиса из представленных на платформе OpenStreetMap, Yandex Maps, Google Maps или др.). Рабочее окно веб-приложения содержит вкладки «Мониторинг»; «Геообъекты»; «Поля»; «Задания»; «Отчеты».

### Справочники

Чтобы в полном объеме использовать решение «АгроТехнология 2.0» для планирования, контроля техники и агрегатов, анализа урожайности, структуры посевных площадей и использования материально-технических ценностей предприятия, заполняются соответствующие справочники.

«*Модели транспорта*». Этот вид содержит информацию об объектах (т. е. моделях транспорта), имеющихся в хозяйстве: название, рабочую ширину, тип («не выбрано», сельскохозяйственная техника, грузовая техника, легковая техника), диапазон технологической скорости. Можно указывать совместимые модели агрегатов и виды работ при условии, что заполнены соответствующие справочники. Также присваивается изображение иконки из предложенного перечня.

«*Модели агрегатов*». В него заносятся сведения обо всех используемых на предприятии агрегатах (сеялки, культиваторы, плуги и т. д.). Информация об агрегате содержит следующие поля (элементы) данных: название, описание, ширина захвата, средняя скорость, технологическая

скорость, транспортная скорость, совместимые модели объектов, виды работ. При заполнении справочника каждому агрегату присваивается соответствующая модель транспорта, с которым может агрегатироваться эта техника, и заполняются технологические параметры агрегата.

Виды работ, которые необходимо назначить данному агрегату, будут доступны после заполнения соответствующего справочника.

«*Подразделения*». В данном справочнике добавляются подразделения предприятия, если это необходимо.

«*Радиометки*». В нем указываются карточки-считыватели, закрепленные за водителем, объектом или агрегатом.

В справочник «*Водители*» заносится информация о водителях: Ф.И.О, используется ли радиометка, дата найма, дата увольнения, объекты, т. е. техника, к работе на которой допускается конкретный водитель. За одним водителем может быть закреплено несколько объектов.

«*Агрегаты*». В справочнике фиксируются сведения о прицепных агрегатах, выбирается их модель, указывается государственный номер и информация об использовании радиометки для автоматического определения факта агрегатирования с.-х. оборудования с трактором.

«*С.-х. культуры*». Этот вид содержит информацию о сельскохозяйственных культурах предприятия. Он необходим для планирования и учета работ на полях. Культуре присваиваются (рис. 10.8): наименование, иконка и цвет, эталонное значение урожайности (ц/га), список технологий возделывания.

Комплекс приемов технологии описывается с помощью технологической карты. Она представляет собой таблицу, содержащую следующие сведения: вид работы, период работы (задается относительно года сбора урожая, т. е. год периода работы может быть предыдущим относительно года сбора урожая, текущим или следующим), техника, диапазон допустимой скорости, нормы выработки и топлива (рис. 10.9).

Иконка	Имя	Урожайность, ц/га	Код-технология	Начало	Завершение	Цвет
1	455	3	0			
2	Арбуз	20	1	01.01	30.08	Green
3	Вредная	1	1	01.01	31.01	Light Green
4	Горох	23	1	01.08	31.01	Red
5	Куркума на зерно	52	1	01.08	31.10	Yellow-Green
6	Куркума на силос	70	1	01.08	09.11	Blue
7	Многолетние травы безкорнев.	0	0			Magenta
8	Многолетние травы полевой пр.	0	0			Cyan
9	Нет культуры	0	0			Black
10	Пшеница	1	1	01.01	28.02	Yellow
11	Подсолнечник на зерно	20	1	01.08	30.10	Yellow
12	Пшеница озимая	52	1	31.07	31.10	Orange
13	Свекла сахарная	95	0			Red
14	Соя	20	1	01.10	30.09	Light Green
15	Высевы семян	50	1	20.07	01.07	Orange

Рисунок 10.8 – Справочник «С.-х. культуры»

Внешний идентификатор: \_\_\_\_\_

Наименование: Арбуз Урожайность, ц/га: 20

Иконка: Цвет:  

Технология: Арбуз

Название Технологии: Технология - Арбуз По умолчанию:

Вид работ	Начало	Концы	Техника	Скорость, км/ч		Нормы	
				мин	макс	Выработка	Топливо
1 Внесение удобрений	01.01	31.01	МТЗ-82 [Опрыскиватель Молотка-30]	1	1	0	0
2 Культивация	01.03	31.03	JD 8310R [Культиватор КВМ-10,8]	5	15	12	7
3 Опрыскивание	01.04	30.04	МТЗ-82 [Опрыскиватель Молотка-30]	7	20	8.33	0.9
4 Культивация	01.05	30.05	JD 8330 [Культиватор Барне-0,5 м]	8	12	5.78	7.1

СОХРАНИТЬ ЗАКРЫТЬ

Рисунок 10.9 – Технологическая карта

«Виды работ» предоставляет информацию о видах работ предприятия, он необходим для планирования и учета работ на полях. Этот вид справочника содержит две вкладки: виды работ (указывается наименование; единица измерения; средняя скорость, км/ч; диапазон

технологической скорости, км/ч); технологические операции (наименование; модель агрегата; модель объекта; диапазон технологической скорости; ширина захвата, м; норма выработки, га; норма расхода топлива, л/га; расценка за норму; доплата, %; доплата за вредность, %) и тарифы за выполнение технологических операций (наименование; код; сумма, руб.).

«Товарно-материальные ценности» (ТМЦ) предоставляет информацию о товарно-материальных ценностях предприятия, необходим при планировании и учете работ на полях. Такие справочники помогают учитывать те или иные ресурсы, затраченные или полученные при выполнении сельхозработ.

Справочниками товарно-материальных ценностей являются: «Урожай», «Семена», «Удобрения», «Средства защиты растений (СЗР)», «Единицы измерения».

#### Мониторинг объектов

Эта функция программного комплекса позволяет контролировать объем выполнения работ, учет техники и расхода топлива, осуществлять мониторинг в режиме реального времени и за определенный период с любого устройства, имеющего выход в Интернет, формировать основные типовые отчеты и отчеты под потребности пользователя, выгружать данные в бухгалтерскую программу, хранить данные без ограничения срока. В ней возможно отслеживание положения объектов, получение данных о скорости передвижения, остановках (место и время простоя), расходе и уровне топлива (рис. 10.10).

Информация об объектах мониторинга представляется в виде списка с индикаторами отображения сведений об объекте: индикатор скорости ; индикатор зажигания ; индикатор курса ; индикатор слежения . В списке также доступны команды для создания истории активности выбранного объекта: построить историю ; построить историю за сутки ; создать путевой лист ; дополнительное меню ; создать задание .

Модель объекта – его графическое схематичное изображение с обозначением типа. Иконка «Номер объекта» показывает его государственный регистрационный номер.

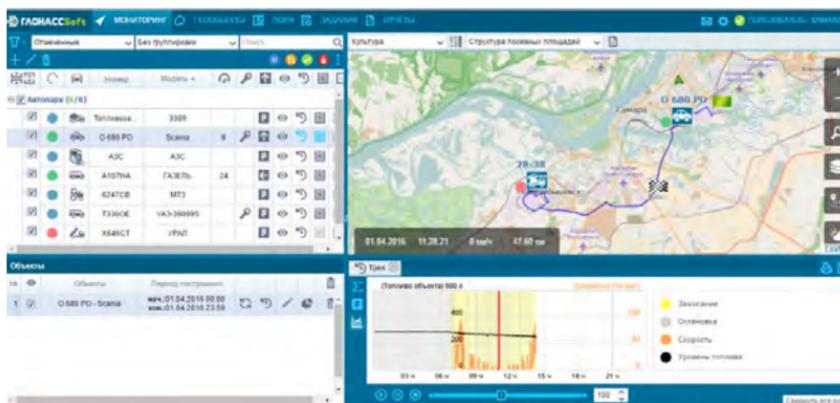


Рисунок 10.10 – Мониторинг объектов

Индикатор скорости  отображает скорость объекта (км/ч) на момент последнего приема данных от него. Индикатор зажигания  показывает, включено ли зажигание объекта. Если оно не включено, иконка отсутствует.

Курс  показывает направление, в котором движется объект, при этом, если он не движется, то отражается символ .

Кнопка слежения  включает режим мониторинга объекта на карте. Индикатор статуса отображает статус системы мониторинга объекта: зеленый цвет – статус объекта «*В движении*», терминал включен, объект находится в движении; синий цвет – статус объекта «*На связи*», питание есть, терминал на связи с сервером, но объект не движется; красный цвет – статус объекта «*Отключен*», т. е. на терминал не поступает питание; серый цвет – статус объекта «*Нет данных*».

Статус системы мониторинга отображается в списке .

Режим слежения может быть включен одновременно для нескольких объектов сразу. Обновление карты будет происходить с учетом необходимости отображения всех включенных объектов (рис. 10.11).

*История активности объектов.* Во вкладке «Мониторинг» можно построить историю активности объектов за интересующие день или период.

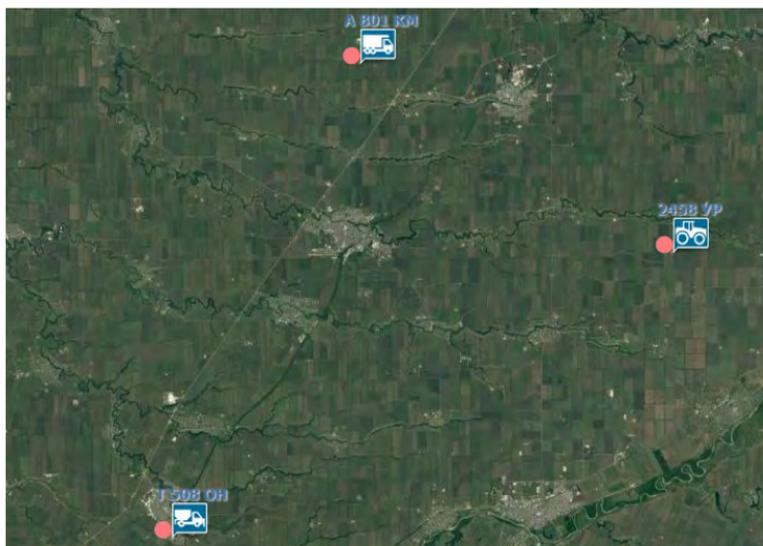


Рисунок 10.11 – Отображение объектов на карте

Для выбранного отчетного периода в строке пробега указывается его длина (км) и выбранный отчетный период. История активности объекта на карте отображается в виде: трека (рис. 10.12); сводной информации; информации о стоянках/остановках; информации о заправках/сливах топлива (рис. 10.13); графика, отражающего динамику скорости движения, уровня и расхода топлива за весь период работы, за периоды включенного зажигания и остановок.

*Геообъекты* – это виртуальный произвольно ограниченный участок на географической карте. Он может быть создан посредством обрисовки его на карте или загружен из файла с векторными геоданными.

В отчете, составленном в отношении определенной машины (в меню «Мониторинг»), помимо трека ее прохождения по данному геообъекту, должны быть следующие данные: название объекта; время въезда на геообъект; время выезда с геообъекта; продолжительность пребывания; моточасы (время простоя); пробег; скорость передвижения; уровень топлива; время, факт включения и продолжительность работы дополнительного механизма; сумма по каждому вышеописанному пункту.

## Трек

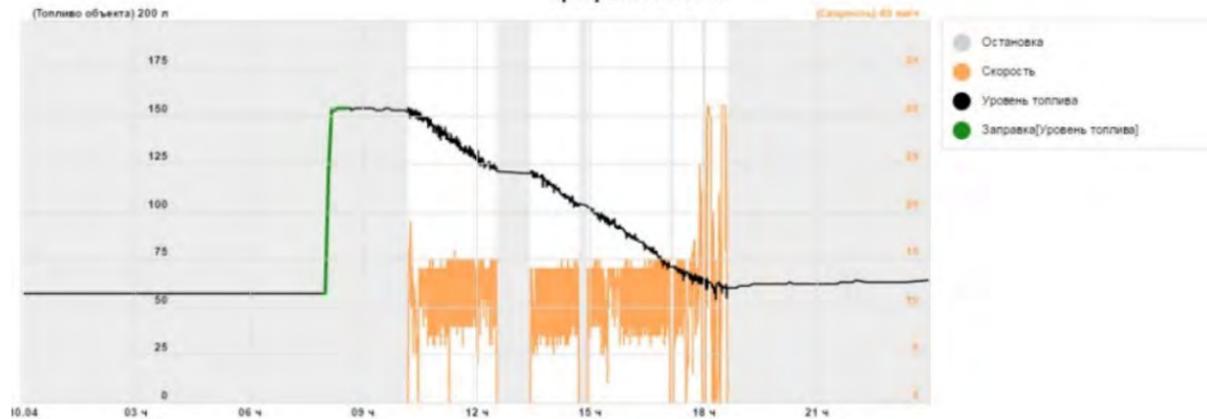
0789AB

30.04.2016 00:00:00 - 30.04.2016 23:59:59



*Рисунок 10.12 – Информация о перемещении выбранного транспортного средства*

## График объекта



### Топливо

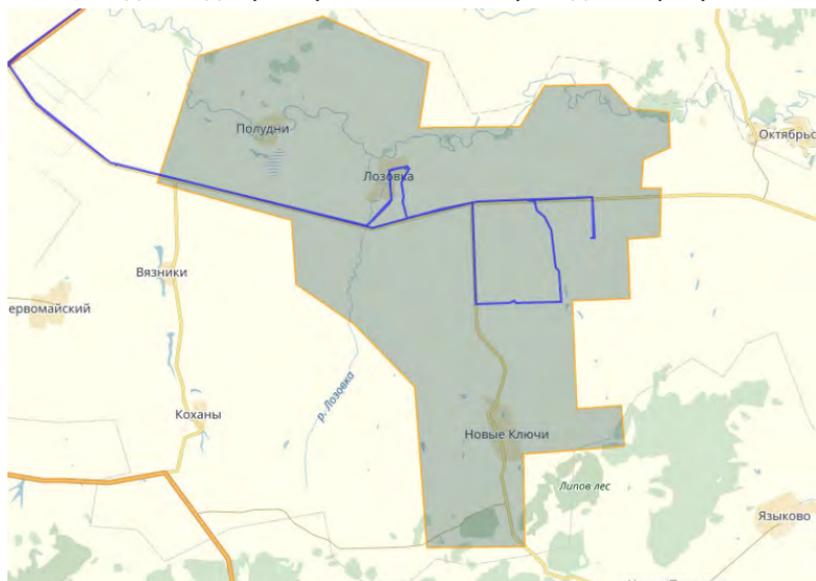
#	Дата	Продолжительность	Событие	Топливо, л	Уровень топлива, л	Адрес
1	30.04.2016 08:00-08:35	35 мин.	Заправка [Уровень топлива]	97	Нач.: 57 Кон.: 154	Самарская область, Кошкинский район, деревня Левый Салаван, Луговая улица
	<b>1 запись</b>	<b>35 мин.</b>	<b>Заправлено: 97 / Слито: 0</b>		<b>Нач.: 57 Кон.: 154</b>	

### Геообъекты

#	Геообъект	Год	Начало	Конец	Продолжительность	Моточасы	Пробег/Площадь	Скорость, км/ч	Топливо, л	Расход
1	40(2) лев #123.лев-072304	2016	30.04.2016 10:26	30.04.2016 10:30	4 мин.	0 сек.	Пробег: 0.63 км Площадь: 0.69 га	Сред.: 8 Макс.: 14	Нач.: 152 Кон.: 149	Расход: 0 л Расход на га: 0 л/га
2	40(2) лев #123.лев-072304	2016	30.04.2016 10:31	30.04.2016 10:33	1 мин.	0 сек.	Пробег: 0.29 км Площадь: 0.14 га	Сред.: 12 Макс.: 14	Нач.: 148 Кон.: 149	Расход: 0 л Расход на га: 0 л/га
3	40(2) лев #123.лев-072304	2016	30.04.2016 10:34	30.04.2016 15:21	4 ч. 46 мин.	0 сек.	Пробег: 48.02 км Площадь: 37.56 га	Сред.: 10 Макс.: 16	Нач.: 147 Кон.: 97	Расход: 0 л Расход на га: 0 л/га
4	50(2) лев #123.лев-072305	2016	30.04.2016 15:27	30.04.2016 15:32	6 мин.	0 сек.	Пробег: 1.12 км Площадь: 1.59 га	Сред.: 10 Макс.: 14	Нач.: 94 Кон.: 94	Расход: 0 л Расход на га: 0 л/га
5	50(2) лев #123.лев-072305	2016	30.04.2016 15:34	30.04.2016 17:40	2 ч. 7 мин.	0 сек.	Пробег: 25.97 км Площадь: 23.10 га	Сред.: 10 Макс.: 15	Нач.: 94 Кон.: 66	Расход: 0 л Расход на га: 0 л/га
6	40(2) лев #123.лев-072304	2016	30.04.2016 17:43	30.04.2016 17:44	1 мин.	0 сек.	Пробег: 0.31 км Площадь: 0.45 га	Сред.: 13 Макс.: 16	Нач.: 62 Кон.: 64	Расход: 0 л Расход на га: 0 л/га
7	103(2) лев #123.лев-072300	2016	30.04.2016 17:54	30.04.2016 17:55	1 мин.	0 сек.	Пробег: 0.47 км Площадь: 0.69 га	Сред.: 18 Макс.: 25	Нач.: 65 Кон.: 64	Расход: 0 л Расход на га: 0 л/га
8	113(2) лев #123.лев-072305	2016	30.04.2016 18:13	30.04.2016 18:15	3 мин.	0 сек.	Пробег: 0.37 км Площадь: 0.56 га	Сред.: 10 Макс.: 20	Нач.: 62 Кон.: 59	Расход: 0 л Расход на га: 0 л/га
9	113(2) лев #123.лев-072306	2016	30.04.2016 18:19	30.04.2016 18:27	8 мин.	0 сек.	Пробег: 0.61 км Площадь: 0.91 га	Сред.: 9 Макс.: 22	Нач.: 53 Кон.: 60	Расход: 0 л Расход на га: 0 л/га
	<b>9 записей</b>		<b>30.04.2016 10:26</b>	<b>30.04.2016 18:27</b>			<b>Пробег: 77.86 км Площадь: 65.64 га</b>	<b>Макс.: 25</b>	<b>Нач.: 152 Кон.: 60</b>	<b>Расход: 75 л</b>

Рисунок 10.13 – История активности объекта

Можно построить отчет в отношении определенного геообъекта, увидеть историю его посещения: какая техника въезжала на этот объект, когда и т. д. Пример такого отчета приведен на рисунке 10.14.



#	№	Геообъект	Начало	Конец	Продолжительность	Моточасы	Пробег/Площадь	Скорость, км/ч	Расход
1	№5	Кинель-Черкаскы	00:14	06:25	6 ч. 10 мин.	6 ч. 10 мин.	Пробег: 4.58 км	Сред.: 1 Макс.: 66	Расход: 0 л Расход на 100км: 0 л/100км
2	№5	СЛП Золотой колос #04	08:55	09:20	2 ч. 25 мин.	2 ч. 25 мин.	Пробег: 3.99 км	Сред.: 4 Макс.: 75	Расход: 0 л Расход на 100км: 0 л/100км
3	№5	Кинель-Черкаскы	12:32	15:28	2 ч. 56 мин.	2 ч. 56 мин.	Пробег: 12.29 км	Сред.: 10 Макс.: 80	Расход: 0 л Расход на 100км: 0 л/100км
4	№5	СЛП Лозовское #05	15:37	18:35	2 ч. 57 мин.	2 ч. 57 мин.	Пробег: 53.99 км	Сред.: 27 Макс.: 102	Расход: 0 л Расход на 100км: 0 л/100км
5	№5	Кинель-Черкаскы	18:44	07:16	12 ч. 32 мин.	12 ч. 32 мин.	Пробег: 10.82 км	Сред.: 2 Макс.: 87	Расход: 0 л Расход на 100км: 0 л/100км
6	№5	СЛП Раздольное	08:34	13:23	4 ч. 50 мин.	4 ч. 50 мин.	Пробег: 12.52 км	Сред.: 6 Макс.: 100	Расход: 0 л Расход на 100км: 0 л/100км
7	№5	Кинель-Черкаскы	14:33	08:23	15 ч. 50 мин.	15 ч. 50 мин.	Пробег: 11.21 км	Сред.: 2 Макс.: 84	Расход: 0 л Расход на 100км: 0 л/100км
		13 заявки	00:14	16:51			Пробег: 192.41 км	Макс.: 102	Расход: 0 л

#	№	Объект	Начало	Конец	Продолжительность	Моточасы	Пробег/Площадь	Скорость, км/ч	Расход на 100км / Расход на т/ч
1	№5	Х474ВМ - Шероле нива	13:45	17:50	4 ч. 5 мин.	4 ч. 5 мин.	Пробег: 105.60 км	Сред.: 28 км/ч Макс.: 99 км/ч	Расход: 0 л Расход на 100км: 0 л/100км
2	№5	Х474ВМ - Шероле нива	13:07	17:01	3 ч. 53 мин.	3 ч. 53 мин.	Пробег: 22.97 км	Сред.: 10 км/ч Макс.: 91 км/ч	Расход: 0 л Расход на 100км: 0 л/100км
3	№5	Х474ВМ - Шероле нива	15:37	18:35	2 ч. 57 мин.	2 ч. 57 мин.	Пробег: 53.99 км	Сред.: 27 км/ч Макс.: 102 км/ч	Расход: 0 л Расход на 100км: 0 л/100км
4	№5	Х474ВМ - Шероле нива	08:29	10:53	2 ч. 24 мин.	2 ч. 24 мин.	Пробег: 23.53 км	Сред.: 20 км/ч Макс.: 99 км/ч	Расход: 0 л Расход на 100км: 0 л/100км

Рисунок 10.14 – Отчет о посещении геообъекта

## Поля

В рамках данной системы поле – это частный случай геообъекта. Назначение, т. е. то, что отличает поле от геообъекта, определяется *годом урожая, севооборотом, годовым и оперативным планированием*, а также возможностью *учета фактических работ* на полях.

С помощью решения «АгроТехнология 2.0» можно планировать, контролировать и анализировать ход работ на каждом поле, урожайность и структуру посевных площадей; использование всей техники и агрегатов предприятия, исполнение задач на всех уровнях.

Поле создается аналогично геообъекту путем обрисовки его на карте или загрузки из файла, в котором должны содержаться сведения: название, год, внешний идентификатор, принадлежность подразделению, описание севооборота на данном поле.

Все созданные в хозяйстве поля представляются в виде списка (рисунки 10.15 и 10.16) и отображаются на карте (рис. 10.17).

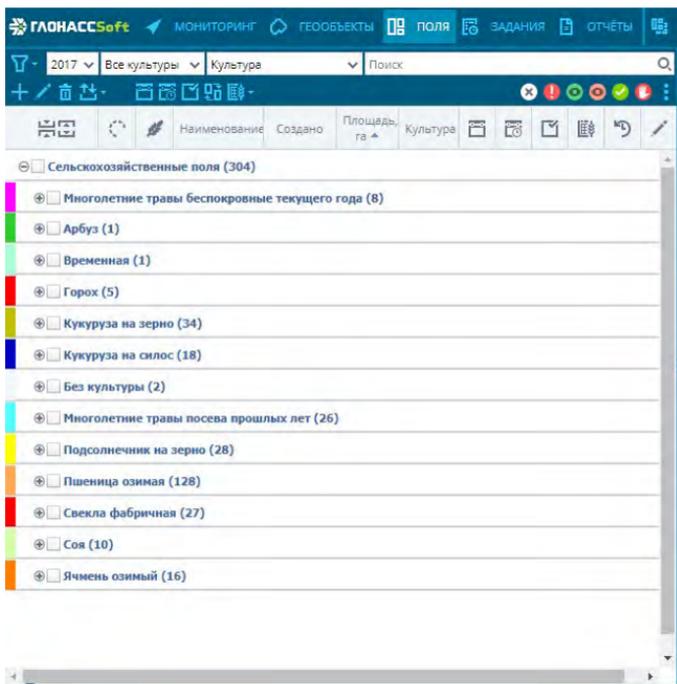


Рисунок 10.15 – Список полей рассматриваемого хозяйства



## Планирование и учет

*Годовое планирование* технологических операций – это разработка комплекса работ для конкретного поля хозяйства. Такое планирование позволяет утвердить план работ по каждому полю, т. е. объем, начало/окончание работ, количество задействованной техники и прочие параметры отдельно для каждой культуры (рис. 10.18).

ПЛАНИРОВАНИЕ ГОДА (ВЫБРАНО УЧАСТКОВ - 1)

Культура: Озимая пшеница

Посевная площадь(план), га: 201.83      Урожайность(план), ц/га: 53.7      Валовый сбор(план), т: 1083.83

Севооборот:

Год	Культура	План			Факт			Дата	
		Урожай-ть, ц/га	Площадь, га	Валовый сбор, т	Урожай-ть, ц/га	Площадь, га	Валовый сбор, т	Начало работ	Сев
Нет истории севооборота.									

Планируемые виды работ:

№	Вид работ	Объем работ	Коэф-т	Начало	Окончание	Состав агрегата	ТМЦ	Статус
1	Пашота 20-22 см К-700/701 П...	202.00	1	15.06.2015	30.06.2015	К-700 [ПН-8,35]	✍	Не запланирована
2	Пашота 20-22 см КЕЙС 335 Фо...	202.00	1	15.06.2015	30.06.2015	КЕЙС 335 [Фогель нот (9)]	✍	Не запланирована
3	Погрузка удобрений в бит-бэ...	202.00	1	01.08.2015	30.08.2015	МТЗ-80-82-892 [СПУ-0,5]	✍	Не запланирована
4	Разгрузка из автотранспорта...	202.00	1	01.08.2015	01.09.2015	МТЗ-80-82-892 [СПУ-0,5]	✍	Не запланирована
5	Дискование стерни 10-12 см ...	202.00	1	01.09.2015	30.09.2015	К-701 [БДМ 4x4]	✍	Не запланирована
6	Дискование стерни 10-12 см J...	202.00	1	01.09.2015	30.09.2015	John Deere 8310 [Rubin 9/600 КША ...]	✍	Не запланирована
7	Дискование пахоты 10-12 см ...	202.00	1	01.09.2015	10.09.2015	К-700 [БДМ 6x4]	✍	Не запланирована
8	Дискование стерни 10-12 см ...	202.00	1	01.09.2015	30.09.2015	КАМАЗ ХТХ 185 [МДХ-3,5x4]	✍	Не запланирована
9	Сплошная культивация почв...	202.00	1	01.09.2015	30.09.2016	МТЗ-1221 [КСРС-6]	✍	Не запланирована
10	Разгрузка из автотранспорта...	202.00	1	01.09.2015	10.10.2015	МТЗ-80-82-892 [СПУ-0,5]	✍	Не запланирована

СОХРАНИТЬ      ЗАКРЫТЬ

Рисунок 10.18 – Функция годового планирования

С помощью этой функции назначается культура, ее спецификация и технология, планируемая урожайность и валовой сбор; хранится информация о посевной площади, севообороте, коэффициентах, планируемых видах работ – объеме, датах их начала и окончания, технологических операциях, составе агрегата, товарно-материальных ценностях (удобрениях, семенах, средствах защиты растений).

*Оперативное планирование* – это назначение конкретных (оперативно выполняемых) работ. Оно, как правило, используется для уточнения годового плана без его изменения, когда известны конкретные

сроки выполнения работ (рис. 10.19), вносит дополнения и коррективы в технологические операции.

ОПЕРАТИВНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ С/Х ВИДОВ РАБОТ (ВЫБРАНО УЧАСТКОВ - 1)

Посевная площадь, га: 201.83      Культура: Озимая пшеница      Урожайность, ц/га: 53.7

Виды работ:

Вид работ	Годовое планирование		Оперативное планирование		Статус
	Начало	Окончание	Начало	Окончание	
1 Пашота 20-22 см К-700/701 ПН...	15.06.2015	30.06.2015	15.06.2015	30.06.2015	Не запланирована
2 Пашота 20-22 см КЕИС 335 Фог...	15.06.2015	30.06.2015	15.06.2015	30.06.2015	Не запланирована
3 Погрузка удобрений в биг-бэг...	01.08.2015	30.08.2015	01.08.2015	30.08.2015	Не запланирована
4 Разгрузка из автотранспорта у...	01.08.2015	01.09.2015	01.08.2015	01.09.2015	Не запланирована
5 Дискование стерни 10-12 см К...	01.09.2015	30.09.2015	01.09.2015	30.09.2015	Не запланирована
6 Дискование стерни 10-12 см Я...	01.09.2015	30.09.2015	01.09.2015	30.09.2015	Не запланирована
7 Дискование пахоты 10-12 см К...	01.09.2015	10.09.2015	01.09.2015	10.09.2015	Отменена
8 Дискование стерни 10-12 см К...	01.09.2015	30.09.2015	01.09.2015	30.09.2015	Отменена
9 Сплошная культивация почвы...	01.09.2015	30.09.2016	01.09.2015	30.09.2016	Не запланирована
10 Разгрузка из автотранспорта у...	01.09.2015	10.10.2015	01.09.2015	10.10.2015	Не запланирована
11 Транспортировка 1 кл.груза, 2...	01.09.2015	10.10.2015	01.09.2015	10.10.2015	Не запланирована
12 Внесение удобрений от 100 до...	01.09.2015	10.10.2015	01.09.2015	10.10.2015	Не запланирована
13 Погрузка удобрений в биг-бэг...	01.09.2015	10.10.2015	01.09.2015	10.10.2015	Не запланирована
14 Транспортировка 1 кл.груза, 2...	01.09.2015	10.10.2015	01.09.2015	10.10.2015	Не запланирована
15 Внесение удобрений от 100 до...	01.09.2015	10.10.2015	01.09.2015	10.10.2015	Не запланирована
16 Дискование стерни 2-й след 1...	01.10.2015	10.10.2015	01.10.2015	10.10.2015	Не запланирована
17 Дискование почвы в 3й след 1...	01.10.2015	20.10.2015	01.10.2015	20.10.2015	Не запланирована
18 Погрузочные работы (удобрени...	01.10.2015	20.10.2015	01.10.2015	20.10.2015	Не запланирована
19 Доставка заплата от ушиб. до 10...	01.10.2015	20.10.2015	01.10.2015	20.10.2015	Не запланирована

СОХРАНИТЬ      ЗАКРЫТЬ

Рисунок 10.19 – Функция оперативного планирования

Планируемый вид работ содержит следующие сведения: информацию из годового плана; наименование технологической операции, состав агрегата, дату начала и окончания работы; дату начала и окончания оперативного планирования; статус. Сведения о посевной площади, культуре, урожайности доступны только для чтения.

**Учет выполненных работ на полях.** Такой учет в системе называется учетом факта. Функция позволяет решать вопросы контроля фактических данных о площадях и времени их обработки, расходе топлива и т. п. (рис. 10.20).

Интерфейс «Учет факта» включает в себя следующие данные: работы на поле; текущие технологические операции; годовой план; график; окно принятия решения.

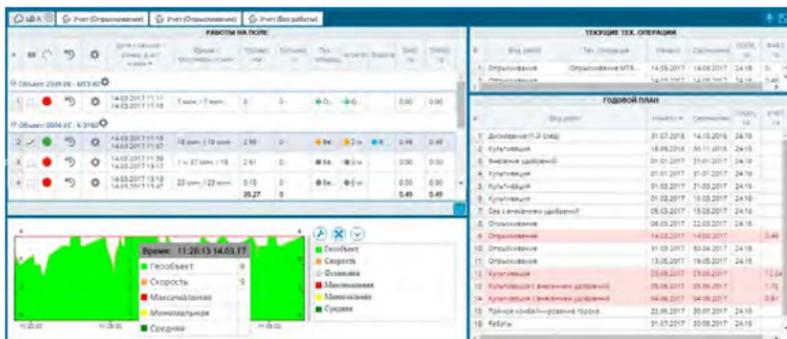


Рисунок 10.20 – Функция учета факта

«Работы на поле» – это таблица всех учтенных и неучтенных работ на поле за определенный период времени, сгруппированных по объектам, в ней отображаются данные: номер записи; видимость на карте; статус учета работы (не учтено, решение не принято; учтено, решение принято; учтено, без работы); построение трека (по объекту); настройки работ на поле / групповые настройки для работ по одному объекту; дата начала и окончания работы; время/моточасы; пробег, км; топливо, л; технологическая операция; агрегат; водитель;  $S_{обр.}$ , га – обработанная площадь (площадь, которая определяется траекторией движения объекта и шириной агрегата);  $S_{Vобр.}$ , га – обработанная площадь с учетом скорости (площадь, которая определяется траекторией движения объекта с учетом диапазона технологической скорости и шириной агрегата).

Чтобы учесть какую-либо работу на поле, необходимо использовать настройки работ на поле. При установке на сельскохозяйственную технику и агрегаты дополнительного оборудования, такого как RFID-считыватели и радиометки, а также при использовании персональных карт учет водителей и агрегатов, а также выполненных работ может производиться автоматически. При этом учитывается уникальный номер агрегата, его тип и размер сопоставляются с выполняемыми работами. При необходимости полученные данные могут быть отредактированы вручную.

Окно принятия решения содержит сводную сравнительную информацию о плановых и фактических значениях показателей площади обработки поля, расхода топлива, величины скорости, объема затраченного времени; список техники, участвовавшей в работе на поле. Список можно

корректировать, добавляя или удаляя определенные записи. Также окно содержит информацию о товарно-материальных ценностях.

Учет факта производится по обработанной площади, которую подсчитывает система. Возможен также ручной ввод этого показателя.

Существуют следующие способы учета работ: без нарушений; с нарушениями; временный; временный с нарушениями.

Временный учет – это своего рода промежуточный учет работы на поле. Он используется, когда нужно объединять работы одного вида за разные промежутки времени.

Учет с нарушениями позволяет добавить дополнительное текстовое описание.

#### Отчеты

Во вкладке «*Отчеты*» возможно построение отчетов по объектам, геообъектам и полям. Доступны следующие отчеты:

- «*Геообъекты*», показывающие статистику их пересечения транспортным средством;

- «*Движения и остановки*», отображающие время и место остановки, среднюю скорость и пробег движений транспортного средства;

- «*Заправочная ведомость*», представляющая данные о работе топливозаправщиков;

- «*Рейсы*» – отображает сводные данные о пробеге, моточасах, топливе по рейсам за выбранный промежуток времени;

- «*Сливы и заправки*» – указывает время и место, а также объем сливов и заправок топлива транспортным средством;

- «*События*» – отображает хронологию всех событий, происходящих с транспортным средством за выбранный промежуток времени;

- «*Выработка комбайнов*» – рассчитывает площадь обработки полей за день с учетом ширины и технологических скоростей модели транспортного средства. Итоговые значения площадей рассчитываются с учетом пересечений треков транспортных средств;

- «*Простои*» – предоставляет данные о простоях при перегонах;

- «*Работа вне геообъектов*» – отчет о потенциально возможных работах вне геообъектов;

- «*Активность транспортных средств*» – отчет об активности транспортных средств;

- «*Ведомость пробегов*» – отчет о контроле пробегов;

– «*Навигационный*» – отчет по данным, полученным от транспортного средства за определенный период;

– «*Плата за проезд по трассам*» – позволяет оценить затраты на перевозки по трассам с учетом собранной информации;

– «*Анализ севооборота*» – отчет об эффективности севооборота с определенным набором культур;

– «*Нарушения*» – отчет о нарушениях при выполнении сельскохозяйственных работ;

– «*План работы на полях*» – планирование работ на полях сельскохозяйственных культур;

– «*Работы на поле*» – отчет о произведенной на поле работе;

– «*Рейтинг полей*» – отчет о рейтинге полей сельскохозяйственных культур.

«*Работа вне геообъектов*». Это сводная информация по потенциально возможным сельскохозяйственным работам вне геообъектов, отраженным в виде треков, соответствующих диапазону технологической скорости.

«*Работы на поле*» представляет сводную информацию по плановым и фактическим работам на выбранных полях. На выходе получается сгруппированный по полям список видов работ из годового плана, дополненный данными из «*Учета факта*». Цветовая сигнализация производится в случаях выполнения работ не по плану; отрицательного отклонения.

«*Нарушения*». Данный отчет представляет информацию по нарушениям при выполнении сельскохозяйственных работ на полях. Рассчитывается площадь, которая была обработана с превышением скорости по каждой паре «техника – агрегат» по факту. Пропуском обработки считается вся площадь, которая не попала в данные по факту. Двойная обработка считается по алгоритмам пересечения треков техники из фактических данных. По каждой паре «техника – агрегат» берутся нормы по обработке за смену и расходу топлива на эту норму. Эти данные сравниваются с показателями фактически обработанных площадей и расхода топлива («*Выработка меньше нормы, га*», «*Топливо сверх нормы, л*»).

«*Эффективность использования техники*» представляет информацию по эффективности работы объектов техники за выбранный пе-

риод. Коэффициентом эффективности их использования является отношение количества дней в эксплуатации техники к количеству дней выбранного периода. Критерием, по которому считается день в эксплуатации, является выполнение двух условий: 1) пробег за день больше минимального; 2) количество мото-часов за день больше минимального.

«*Выработка комбайнов*». В нем рассчитывается площадь обработанных за день полей с учетом ширины и технологических скоростей модели транспортного средства. Итоговые значения площадей рассчитываются с учетом пересечений треков транспортных средств, учитывается  $S_{обр}$  – площадь обработки;  $S_{Vобр}$  – площадь обработки с учетом технологических скоростей. Система сама определяет комбайны среди автопарка клиента. Признаком комбайна является указание в настройках модели, что модель содержит встроенный агрегат и технологические скорости.

«*Анализ севооборота*». Отчет представлен в табличной форме. Отображает данные о культурах, которые выращивались на полях за выбранный период времени.

«*Структура посевных площадей*». Это интерактивный отчет, который предоставляет информацию о количестве и площади полей. На круговой диаграмме (рис. 10.21) отображаются поля, сгруппированные по подразделениям. На столбчатой диаграмме поля разделяются на группы по культурам с соответствующей цветовой раскраской. Печатная форма отчета представлена на рисунке 10.22.

«*План работы на полях*». Это интерактивный отчет, который отображает операции годового и оперативного планирования, технологической карты и учета фактов выбранных полей. Информация подается в виде диаграммы (рис. 10.23).

«*Рейтинг полей*». Это табличный отчет, который строится на основе данных об обрабатываемых культурах. В отчет попадает информация об урожае за все годы выбранного периода.

«*Простои*» отображает информацию о простоях объектов (больше 60 мин). Данные отчета разбиваются по суткам (в терминах отчета это называется «сменой»). В рамках суток формируется список остановок, которые могут быть как внутри геообъектов, так и снаружи.

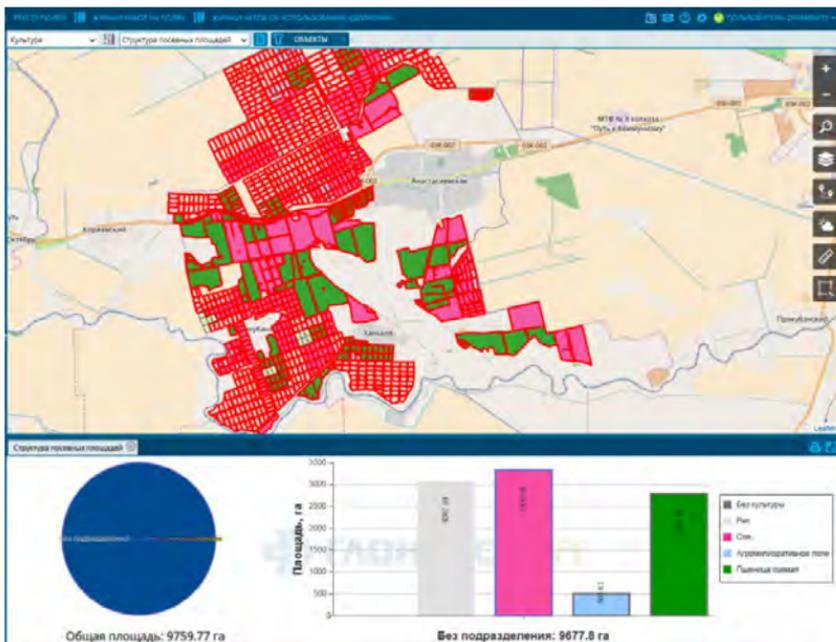


Рисунок 10.21 – Отчет «Структура посевных площадей»

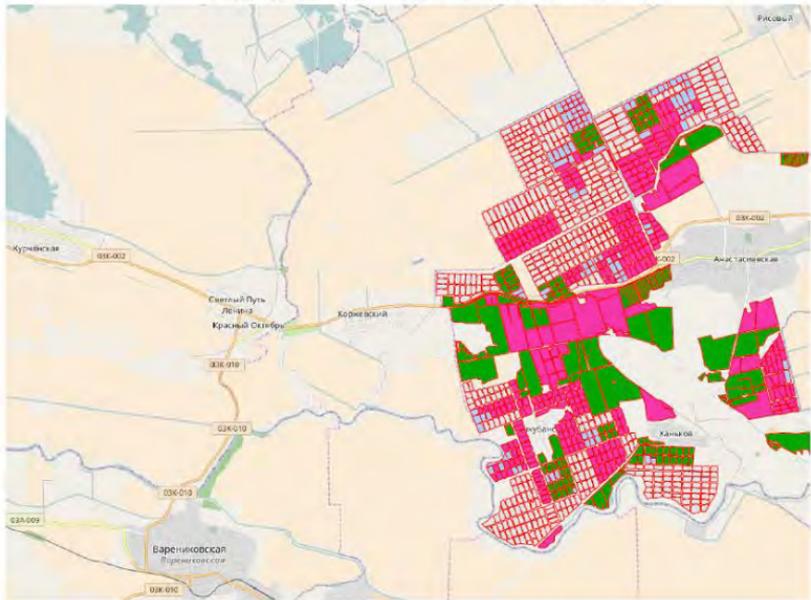
«Реестр выгрузки зерна». Табличный отчет отображает данные, которые приходят с датчика «Выгрузка» (главным образом, в процессе выгрузки зерна из бункера).

Агроскаутинг – это комплекс полевых мероприятий, направленных на исследование и фотофиксацию состояния посевов и степени прироста растительной массы за определенный период.

Мобильная версия программы позволяет делать фотографии с сохранением координат места съемки и загружать их на сервер, для дальнейшего просмотра через интерфейс программы (рис. 10.24).

Для проведения фотофиксации необходимо использовать мобильное приложение «ГЛОНАССсофт Monitoring», проверить доступность геотаргетинга и сделать фото. После этого они могут быть загружены в данные о поле с учетом привязки координат.

**Структура посевных площадей на год (9759.77 га)**



**Анастасьевское: 81.97 га (1%)**

#	название	Площадь, га	Площадь, %
1	Агрометеорологическое поле	81.97	100

**Без подразделения: 9677.8 га (99%)**

#	название	Площадь, га	Площадь, %
1	Агрометеорологическое поле	505.82	5
2	Пшеница озимая	2783.49	29
3	Рис	3067.93	32
4	Соя	3320.56	34

*Рисунок 10.22 – Печатная форма отчета «Структура посевных площадей»*



*Рисунок 10.23 – Отчет «План работы на полях»*



*Рисунок 10.24 – Агроскаутинг*

### **Вопросы для самопроверки**

1. Основные цели и задачи специального программного обеспечения для контроля и управления производством.
2. Классификация специального программного обеспечения.
3. Для решения каких задач в поле и офисе предназначено программное обеспечение «ГЕО-учетчик»?
4. Назначение программы «ГЕО-план».
5. Задачи, решаемые ПО «ГЕО-мониторинг».
6. Функциональные возможности программы Argo Map.

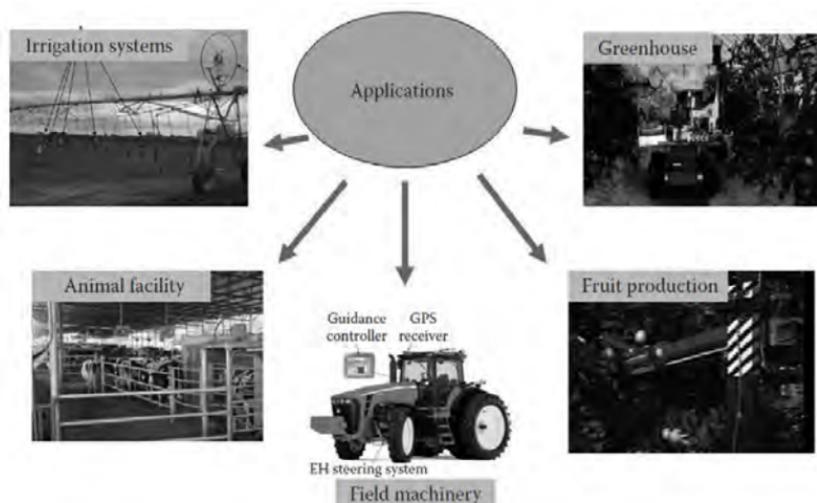
7. Назначение ПО «Панорама АГРО».
8. Возможности ПО Farm Works.
9. Из каких разделов состоит ПО «АГРАР-ОФИС»?
10. Модули информационно-аналитической системы Harver.
11. Назначение программного комплекса (платформы) «ГЛОНАСС-софт».
12. Какие вкладки содержит рабочее окно веб-приложения «ГЛОНАССсофт»?

# 11. РОБОТОТЕХНИКА

## 11.1. Роботизированные системы в сельском хозяйстве

История развития автоматизированных сельскохозяйственных машин продолжительна. Промышленное производство электроники получила в 1970-х гг. Однако наиболее значительный шаг вперед был сделан в 1990-х, когда точное сельское хозяйство стало ключевым фактором.

Интеллектуальные машины в сельском хозяйстве могут быть классифицированы в соответствии с системами сельскохозяйственного производства, в которых используется техника. Такие системы включают отрасли животноводства, производства, а также оросительные системы, теплицы и полевое машинное оборудование (рис. 11.1).



*Рисунок 11.1 – Классификация интеллектуальных машин на основе производственных систем*

Особенность эксплуатации интеллектуальной («умной») машины состоит в том, что она должна достигать поставленной цели в условиях неопределенности и изменчивости.

Весь рынок робототехники делится на два класса – *промышленная* и *сервисная*. Сервисная подразделяется на *персональную* и *профессиональную*.

В области персональной робототехники работают около 220 компаний по всему миру.

По данным Национальной ассоциации участников рынка робототехники, 91% производства полевых роботов в 2014–2015 гг. приходилось на европейские страны, 4% – на США; 5% – на Азию и Австралию (рис. 11.2).

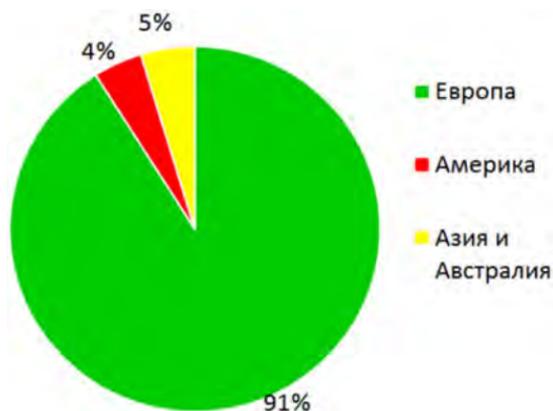
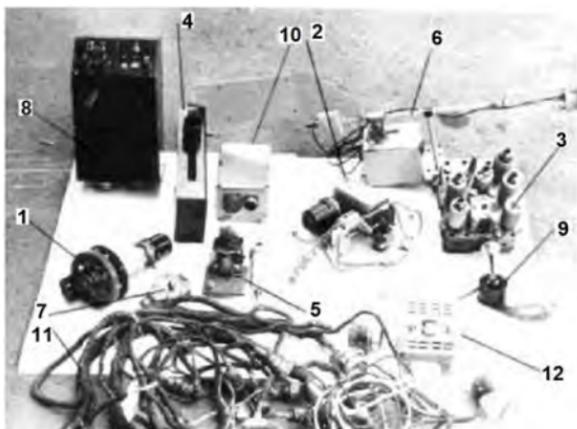


Рисунок 11.2 – Мировое производство полевой робототехники в 2014–2015 гг.

### 11.1.1. Роботизированные тракторы

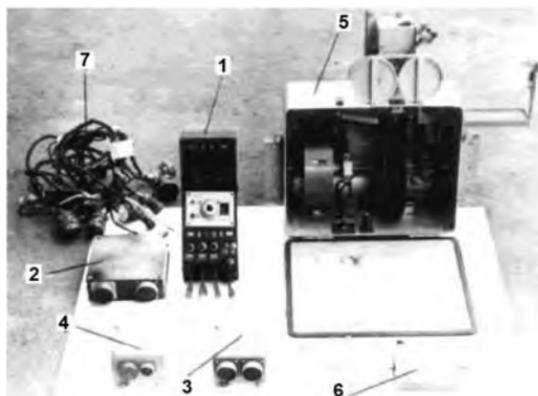
На АО «Петербургский тракторный завод» разработками в области роботизации и автопилотирования занимались еще в 1980-х гг. (рис. 11.3–11.6).

Роботизированные, или автономизированные, тракторы дифференцируют на категории в зависимости от их функциональности. В частности, выделяется категория автономных бескабинных тракторов, управление которыми при их перемещении на поле и с поля может осуществляться в дистанционном режиме, например с планшета или со стационарного компьютера. Прогноз развития рынка таких тракторов представлен на рисунке 11.7.



*Рисунок 11.3 – Комплект управления системы параллельного вождения «Дублер» (1982):*

*1 – электромеханический привод управления рулевым механизмом; 2 – электромеханический привод управления двигателем; 3 – электромеханический переключатель передач; 4 – электромеханический привод управления навесным и выносными механизмами; 5 – электромагнитный клапан и пневмоцилиндр включения тормозов и остановки двигателя; 6 – датчик угла визирования; 7 – датчик излома полурамы трактора; 8 – блок согласующих устройств; 9 – переключатель передач; 10 – блок связи дублера; 11 – система соединительных проводов; 12 – трансформаторно-выпрямительный блок.*



*Рисунок 11.4 – Комплект управления системы параллельного вождения «Лидер» (1982):*

*1 – пульт управления; 2 – бортовой вычислитель; 3 – блок логики; 4 – блок связи; 5 – блок измерения координат; 6 – сигнализатор включаемых передач; 7 – система соединительных передач.*



Рисунок 11.5 – Групповое вождение тракторов «Кировец»



Рисунок 11.6 – Общий вид трактора «Лидер» с комплексом параллельного вождения

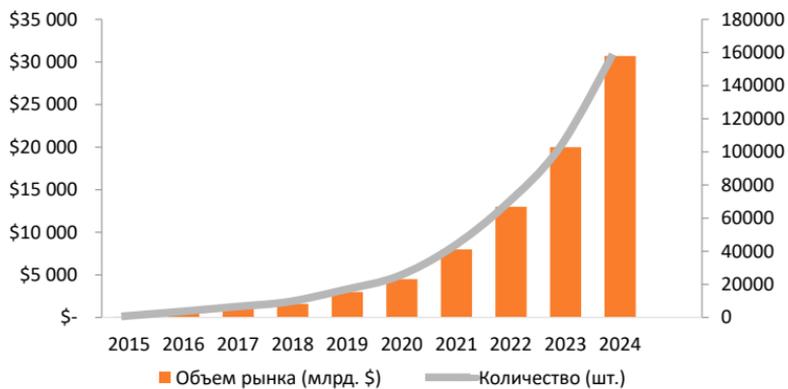


Рисунок 11.7 – Прогноз развития мирового рынка беспилотных тракторов

Есть автономные тракторы, которые отличаются от традиционных только наличием автопилота, их иногда называют гибридными роботизированными тракторами. Они позволяют водителю доставить, например, трактор на поле традиционным методом (ручное управление), а затем человек покидает кабину и переключает трактор в автономный режим работы.

Как вариант могут быть тракторы (или режимы управления ими), когда за рычагами управления остается человек, а автопилот помогает ему, выполняя повторяющиеся операции и подруливая трактором, например с целью оптимизации расхода топлива и устранения повторной обработки почвы на краях возделываемой полосы.

Существуют автопилоты (или режимы работы), не предусматривающие полной автономности, но рассчитанные на работу в тандеме «человек – робот». Например, такой автопилот может быть установлен на втором (ведомом) тракторе, который следует параллельным курсом с первым (ведущим), управляемым водителем, и повторяет его действия.

Для автономизации тракторов практически на любой из них могут быть установлены существующие комплекты оборудования, превращающие его в автономный.

В августе 2016 г. компанией Case IH разработана модель беспилотного пропашного трактора Case IH Magnum (рис. 11.8), который может работать с широким ассортиментом навесных орудий.

Трактор разработан с использованием полностью интерактивного интерфейса, что позволяет осуществлять дистанционное управление запрограммированных операций. Встроенная система автоматически определяет ширину захвата навесного оборудования и строит наиболее подходящие маршруты движения с учетом рельефа местности, препятствий, а также наличия на данном поле других машин. Оператор, находясь на расстоянии от трактора, может наблюдать за его работой и контролировать траекторию движения с помощью интерфейса компьютера или портативного планшета.

Благодаря наличию радара, лидара (активного дальномера оптического диапазона) и установленным на тракторе видеокамерам трактор может обнаруживать неподвижные или движущиеся препятствия на своем пути и самостоятельно останавливаться при их обнаружении. При отсутствии сигнала GPS или данных о положении, а также при

нажатию кнопки «Остановка» трактор немедленно прекращает движение. Операции, выполняемые машиной, также можно изменять в реальном времени через удаленный интерфейс или с помощью автоматических предупреждений о погоде.



*Рисунок 11.8 – Концепт автономного трактора Case IH Magnum*

Несколько автономных тракторов могут работать как единый тракторный парк либо выполнять операции одновременно, работая на разных полях; при этом каждой машине из тракторного парка назначаются собственные карты и даются соответствующие инструкции. Таким образом, один трактор может, например, буксировать чизельный культиватор, а второй, находящийся поблизости, может работать с посевным комплексом.

В настоящее время разработан только опытный образец автономного трактора, однако технология может быть с таким же успехом применена и на стандартном тракторе с кабиной, где можно использовать поступающие в реальном времени данные о погоде и спутниковые данные, на основе которых можно обеспечить, например, внесение оптимального количества различных удобрений, гербицидов или фунгицидов.

На рисунке 11.9 показан автономный трактор *New Holland t8* (CNH Industrial, Нидерланды) с поддержкой режима ручного управления из кабины. Такой трактор человек доводит до заданной стартовой позиции и забирает после работы.



Рисунок 11.9 – Концепт автономного трактора New Holland t8

Концепт трактора *YTO1*, анонсированный японским дизайнером Кен Окуяма и компанией Yanmar (Япония), показан на рисунке 11.10а.

В 2015 г. разработан первый прототип автономного трактора FarmPilot (Kubota Corp., Япония), который можно использовать на рисовых полях (рис. 11.10б).

Колесный беспилотный роботрактор *АгроБот* (Avrora Robotics, Россия) и одноименное решение для автономизации тракторов – комплексная беспилотная система управления, состоящая из «комплекта автоматизации» трактора, диспетчерского центра и ряда вспомогательных систем (рис. 11.11). Решение может применяться для автоматизации работ в сельскохозяйственной или коммунальной сфере.



а



б

Рисунок 11.10 – Концепты тракторов:  
а – *YTO1*; б – *FarmPilot*.



*Рисунок 11.11 – Колесный беспилотный роботрактор Агробот*

Основу работы автопилота определяет программное обеспечение в бортовом компьютере, разработанное компанией «Аврора». Одной из его отличительных особенностей является технология комбинирования данных от разнородных сенсоров об окружающем транспортное средство пространстве (рис. 11.12).

Система управления, лежащая в основе Агробота, может быть установлена практически на любую спецтехнику или трактор (рис. 11.13).

При этом на все органы управления монтируются специальные приводы, которыми управляет центральный компьютер. Вся электроника, антенны, датчики и вспомогательное оборудование смонтированы и размещены на стеклопластиковом корпусе, который устанавливается вместо привычной кабины на новую или существующую основу трактора.

Проект «умного» трактора «Кировец К4» АО «Петербургский тракторный завод» представлен на рисунке 11.14.

Экраны бортового компьютера представлены в транспортном и рабочем режимах (рис. 11.15), имеется также экран работы прицепного оборудования (рис. 11.16).

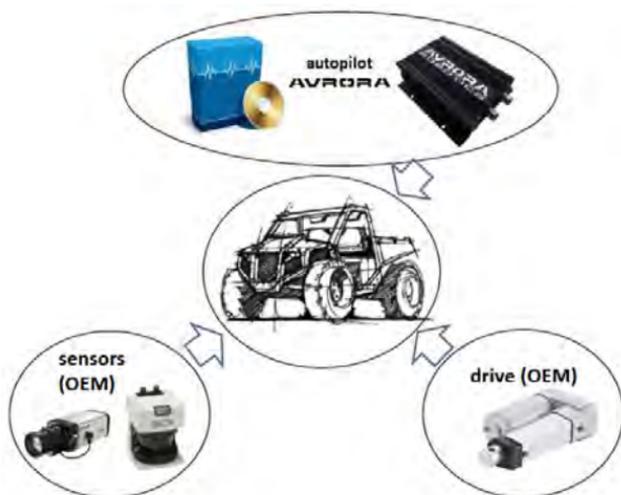


Рисунок 11.12 – Компоненты беспилотного роботрактора



Рисунок 11.13 – Схема расположения оборудования



*Рисунок 11.14 – Концепция трактора «Кировец К4»*



а



б



в

*Рисунок 11.15 – Вид экрана бортового компьютера «Кировец К4»: а – транспортный режим; б – рабочий режим; в – в кабине трактора.*



*Рисунок 11.16 – Вид экрана работы с прицепным оборудованием трактора «Кировец К4»*

В Татарстане российской компанией Cognitive Technologies проведены испытания беспилотных тракторов с системой компьютерного зрения собственной разработки (рис. 11.17).

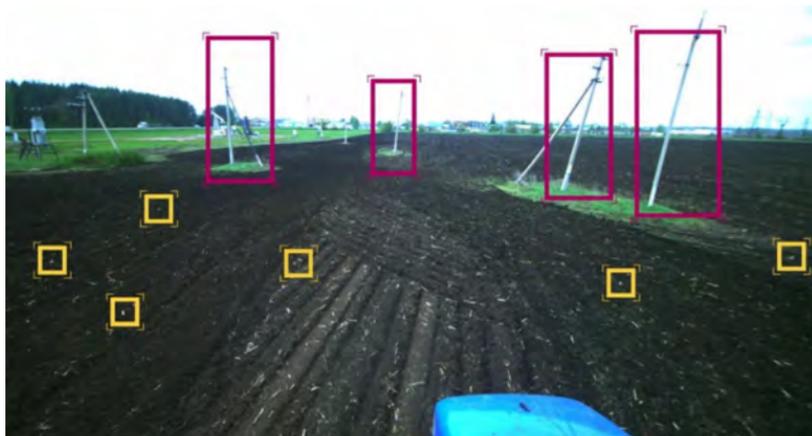


*Рисунок 11.17 – Трактор с системой компьютерного зрения Cognitive Technologies*

По оценке разработчиков, стоимость программно-аппаратного комплекса беспилотного зрения составляет не более 15% от стоимости трактора. Оснащать трактора лидаром пока не планируют, так как это существенно увеличит их стоимость. На них будут устанавливать программно-аппаратные комплексы компьютерного зрения, включающие в себя стереопару – систему из двух видеокамер, которые снимают ви-

део с разрешением Full HD. Кроме того, в комплектацию входят навигационный и инерционный датчики ГЛОНАСС и GPS, вычислительный блок (компьютер). Система компьютерного зрения позволяет с высокой точностью детектировать опасные объекты, определять их размеры и координаты для составления высокоточных карт.

Составление цифровой карты поля и нанесение на нее опасных объектов (столбы, камни и др.) производятся во время выполнения предпосевных операций, таких как внесение удобрений и боронование (рис. 11.18). Операцию проводят весной, когда поля не засеяны, так что все объекты хорошо обнаруживаются системой компьютерного зрения. По этим цифровым картам трактор будет ориентироваться летом и осенью, во время сбора урожая.



*Рисунок 11.18 – Фиксация опасных объектов при составлении цифровой карты*

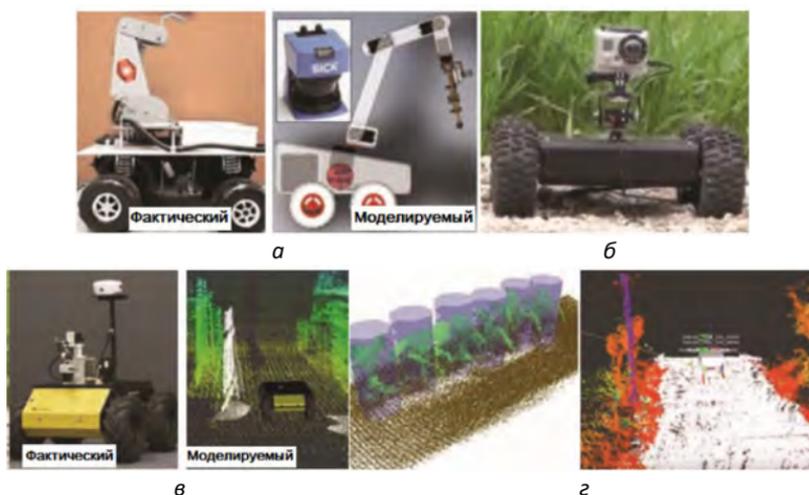
Система компьютерного зрения распознает объекты размером от 10–15 см на расстоянии до 15–20 м. Все остальное не представляет опасности, если на тракторе установлен камнеуловитель.

### **11.1.2. Роботизированные системы и платформы**

Интеграция цифровых инструментов, датчиков ускорила проектирование и разработку сельскохозяйственной робототехники, имеющей преимущества в современной земледелии.

Роботы способны выполнять различные агротехнические операции, включая нахождение сельскохозяйственных культур и плодов, борьбу с сорняками, уборку, опрыскивание, обрезку деревьев, сортировку и др.

Разработка роботов для сбора данных включает в себя широкое использование передовых датчиков для получения результатов при выполнении автоматического управления, перемещения между препятствиями и трехмерных реконструкций окружающей среды. Например, была предложена автономная платформа мобильных роботов для полевых исследований с целью автономной навигации и сбора данных внутри теплиц и на открытых полях (рис. 11.19а–в).



*Рисунок 11.19 – Прототипы и профессиональные полевые роботы для сканирования и 3D-реконструкции растений и окружающей среды: а – полевой робот для сбора данных; б – робот для обзора поля; в – робот для полевой разведки и 3D-картографии; г – обнаруженные растения кукурузы и 3D-облака точек виноградника.*

Некоторые передовые роботизированные технологии для автоматизированной области разведки и сбора данных показаны на рисунке 11.20, в том числе робот для автоматической обрезки кустов (а); робот для обрезки виноградных лоз (б); автономный многоцелевой робот для наблюдения, сопоставления, классификации и обнаруже-

ния овощей (в); мобильный робот (г); робот для наблюдения за птицами и вредителями (д); робот для контроля поля, оснащенный современными датчиками и искусственным интеллектом (е); робот для автоматизации перемещения растений и комнатных деревьев в теплицах и небольших садах (ж); мобильный робот с дополнительными датчиками для автономной съемки, оценки урожайности и обмена информацией (з); робот общего назначения (и); наземный робот для обнаружения растений и мониторинга их состояния (к).

Технология использования полевых роботов позволяет выполнять работу намного быстрее и эффективнее, чем это делает человек или любой вид техники. Но создание роботов, пригодных для работы на поле, связано с определенными трудностями. Необходимо дополнительно создать механический или электрический разъем, позволяющий подсоединять к ним различные орудия.

Таким образом, необходимо комбинировать робота с различными приложениями, подобно тому, как орудие агрегируется с трактором. В отличие от трактора, приложение управляет роботом, поэтому они функционируют как единое целое.

Робот VoniRob (рис. 11.21) значительно облегчает работу растениеводов, собирает при помощи специальных камер и датчиков данные об отдельных растениях и создает большую статистическую базу.



Рисунок 11.20 – Роботы общего назначения для полевой разведки и сбора данных:

а – Trimbot; б – Wall-Ye; в – Lady bird; г – Mars;

д – SMP S4; е – Vinerobot; ж – HV-100 Nurserybot; з – Vinbot; и – Mantis; к – Grape.



*Рисунок 11.21 – Робот BoniRob*

До настоящего времени испытания полевых роботов проводили с использованием навигации по рядам, но BoniRob имеет самостоятельную систему навигации. На небольших опытных растениеводческих полях он может не только определять GPS-координаты отдельных растений, но и составлять карты проводимых работ и подготавливать необходимую документацию.

Беспилотная многофункциональная платформа Rowbot (США) способна передвигаться между рядами кукурузы (рис. 11.22). Робот используется для внесения азотных удобрений в соответствии с потребностями растений, также может накапливать данные, необходимые для осуществления текущей и будущей работы.



*Рисунок 11.22 – Робот Rowbot*

Применение роботов для борьбы с сорняками позволило снизить использование гербицидов на 5–10%.

Фото роботов для опрыскивания и борьбы с сорняками представлены на рисунке 11.23.



*Bonirob  
(Deepfield Robotics)*



*Agbot II  
(Queensland University  
of Technology)*



*Autonome Roboter  
(Osnabrück University)*



*Tertill  
(franklinrobotics.com)*



*Hortibot*



*Kongskilde Robotti*



*Rippa  
(The University  
of Sydney)*



*Spray robot  
(Hollandgreenmachine)*

*Рисунок 11.23 – Роботы для опрыскивания и борьбы с сорняками*

Для выполнения повторяющихся операций на поле и в саду фирмой Dutch Power Company создан робот Greenbot. Он представляет собой четырехколесную самоходную машину, имеющую переднюю и заднюю навесные системы (рис. 11.24).



*Рисунок 11.24 – Робот Greenbot*

В начале работы оператор с помощью пульта, управляя движением, записывает в память машины алгоритм движения и выполнения операций всего цикла. После этого робот по команде самостоятельно выполняет записанную программу, реагируя при этом на возникающие препятствия и другие помехи по сигналам, поступающим от системы датчиков. При обнаружении неизвестного препятствия машина останавливается и посылает текстовое сообщение пользователю.

Технология выращивания некоторых культур позволяет осуществлять селективную нехимическую борьбу с сорняками (рис. 11.25). Сенсорная технология в сочетании с прополкой применяется при борьбе с сорняками на органических фермах. Эта технология также используется при фенотипировании сельскохозяйственных и сорных растений, например, при подсчете количества растений.



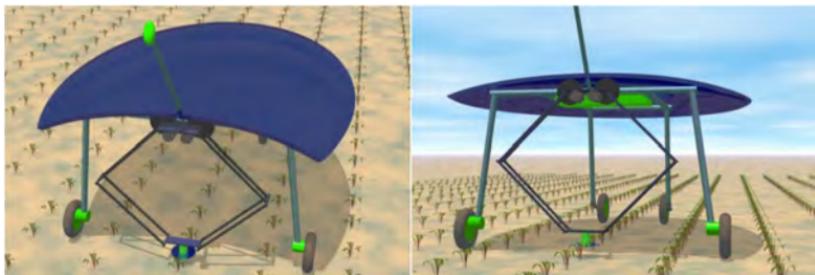
*Рисунок 11.25 – Сенсорная технология, используемая на машинах для селективного контроля сорняков и фенотипирования*

В компании Naio Technologies (Франция) создан полноприводный мобильный робот Naio Technologies Oz (рис. 11.26) для рыхления почвы и уничтожения сорняков в междурядьях культурных растений. Благодаря малой ширине в 40 см робот способен производить обработку почвы при различных схемах посадки. Время автономной работы составляет 4 ч, после чего робот автоматически направляется к пункту зарядки.

Роботизированная платформа для прополки грядок ecoRobotix (Швейцария) работает на основе сенсорных технологий с использованием алгоритмов распознавания сорняков, манипуляторов, беспроводной связи и демонстрирует высокий уровень энергоэффективности (рис. 11.27).



*Рисунок 11.26 – Мобильный робот Naio Technologies Oz*



*Рисунок 11.27 – Роботизированная платформа для прополки грядок ecoRobotix*

Робот, предназначенный для ухода за растениями салата, способен проредить их и прополоть грядки от сорняков (рис. 11.28).



*Рисунок 11.28 – Робот для ухода за растениями салата*

На рисунке 11.29 показан робот Prospero, используемый в сельском хозяйстве для автоматизации процесса посева. Этот робот-фермер способен верно определить место посева, вырыть лунку и заделать семя. В конструкции робота также предусмотрена емкость для удобрений.



*Рисунок 11.29 – Робот Prospero*

Японской фирмой Toshiba производится специальный робот-садовник, способный высаживать деревья, подрезать ветви и выполнять ряд других работ. Благодаря своим незначительным габаритам и массе робот может работать и на полях, не повреждая растения.

Roboplant – робот, предназначенный для высаживания цветов и пересаживания растений (рис. 11.30). Роботизированная система для посадки цветов захватывает саженцы, разделяет их и высаживает по заранее выбранной схеме. Roboplant разработан компанией ISO Group (Нидерланды).



*Рисунок 11.30 – Робот Roboplant*

Фото роботов для уборки фруктов и овощей представлены на рисунке 11.31.



*а*



*б*



*в*



*г*



*д*



*е*



*ж*



*з*



*и*



*к*



л



м



н



о



п

*Рисунок 11.31 – Роботы:*

*а – Harvey (Queensland Univ. of Technology); б – Crops; в – Sweeper;*

*г – система уборки цитрусовых культур (Energid technologies); д – Citrus robot (University of Florida); е – DogTooth; ж –*

*Shibuya Seiki; з – робот для уборки томатов; и – робот для уборки огурцов (Wageningen UR); к, л, м, н, о, п – роботы*

*для уборки яблок (Univ. of Sydney, Washington State University)*

В современных теплицах высок спрос на автоматизацию труда, доля квалифицированной рабочей силы быстро снижается. В последние десятилетия процесс автоматизации уборки фруктов и овощей развивался.

Одним из последних достижений в области сельскохозяйственной робототехники является автоматизированная уборочная платформа, показанная на рисунке 11.32. В проекте создания робота участвуют 6 партнеров из четырех стран (Нидерланды, Бельгия, Швеция и Израиль).



*Рисунок 11.32 – Робот для уборки сладкого перца*

На рисунке 11.33 показана машина, которая определяет качество капусты брокколи и собирает урожай только в том случае, если она достигла нужной степени зрелости.



*Рисунок 11.33 – Селективный сбор брокколи комбайном с сенсорной технологией*

Многорукавный комбайн с буксиром предназначен для сбора урожая плодов, идущих в первую очередь на изготовление соков (рис. 11.34).



*Рисунок 11.34 – Робот для сбора урожая цитрусовых*

Созданный инженерами из Университета Сиднея (Австралия) робот Ladybird («Божья коровка») работает на солнечных батареях. Он оснащен системой лазерного наведения, интегрированным автоматизированным манипулятором, с помощью которого можно собирать урожай. В функции робота входят контроль за процессом выращивания овощей на всех стадиях, обнаружение вредителей, а при необходимости и удаление сорняков (рис. 11.35).



*Рисунок 11.35 – Робот Ladybird*

Фотография гидропонной системы выращивания и сбора урожая клубники Agrobot SW6010 и AGSHydro, разработанной компанией Agrobot (Испания), представлена на рисунке 11.36.



*Рисунок 11.36 – Гидропонная система выращивания и сбора урожая клубники*

Комбайн содержит набор из 60 манипуляторов и систему технического зрения для построения 3D-моделей ягод с различной степенью спелости. Благодаря этому машина осуществляет селективную уборку только зрелой ягоды в автоматическом режиме.

Фирма Vision Robotics Corporation разработала самоходное робототехническое устройство для обрезки виноградной лозы, которое позволяет повысить производительность на 40–50%, срок окупаемости, по информации компании, составляет 2 года (рис. 11.37). В основе системы технического зрения лежит стереоскопическое сканирование видеокамерами ряда виноградной лозы по ходу движения робота на длину захвата секаторов. После обработки информации происходит обрезка по программе, заложенной в бортовой компьютер.

Другой разработкой этой же компании является устройство для учета урожая яблонь, в ней использован принцип сканирования дерева видеокамерами с последующей постройкой его 3D-модели (рис. 11.38).



*Рисунок 11.37 – Робот для обрезки виноградной лозы фирмы Vision Robotics Corporation*



*Рисунок 11.38 – Установка для учета урожая плодовых деревьев*

Фирмой Vision Robotics Corporation разработан также робот – сборщик апельсинов, состоящий из двух модулей: один с системой технического зрения, другой – с восемью мягкими захватами для сбора плодов.

Французская компания Wall-Ye выпустила линейку многофункциональных роботов, один из них – для обрезки виноградной лозы. Колея робота регулируется в диапазоне от 1 до 2,5 м, высота – от 0,8 до 1,4 м, высота обрезки – до 2 м. Робот оснащен системой технического зрения из шести встроенных камер (рис. 11.39).



*Рисунок 11.39 – Робот для обрезки виноградной лозы фирмы Wall-Ye*

Роботизированный внедорожник без кабины Grizzly RUV и Husky UGV компании Clearpath Robotics (Канада) сконструирован как транспортное средство для выполнения различных сельскохозяйственных работ (рис. 11.40).



*Рисунок 11.40 – Роботизированный внедорожник*

Система для взятия почвенных образцов Autoprobe, созданная компанией Agrobotics (США), представляет собой механизм, который крепится к трактору сзади, чтобы обеспечить последовательность, максимальную точность и качество процесса (рис. 11.41). Производительность устройства – более 2500 проб в час.



*Рисунок 11.41 – Система для взятия почвенных образцов*

Таким образом, роботизированные системы зарубежных фирм активно применяются в сельскохозяйственном производстве многих стран.

В России, обладающей значительными ресурсами земель сельскохозяйственного назначения, также не должны отставать во внедрении интеллектуальных средств в сфере АПК.

НИИ прикладной математики и автоматизации реализует концепцию беспилотного сельскохозяйственного производства на основе последовательной разработки и внедрения серии мобильных автономных роботов. Каждый из них будет выполнять определенный, отличный от других, набор технологических операций. Совместное применение всех роботов обеспечит полный функционально замкнутый цикл сельскохозяйственного производства.

Семейство роботов Agromultibot: робот-сборщик для открытого грунта Garnet (рис. 11.42), для теплиц Hyacinth, пропашной робот Pearl, транспортный Toraz, сервисный Sapphire, зарядная станция Chrysolite, культиватор-фитосанитар Ruby, ороситель Diamond и др.



*Рисунок 11.42 – Робот-сборщик плодовоовощной продукции Agromultibot.Garnet*

Основная функциональность робота-сборщика реализована в навесном роботизированном модуле, представляющем собой раму с двумя манипуляторами, ленточным транспортером, ворошителем и системой датчиков для распознавания плодов (рис. 11.43).

Семейство роботов Agromultibot реализуется на основе универсальной технологии их самообучения для решения задач целенаправленного перемещения в пространстве и манипулирования объектами.

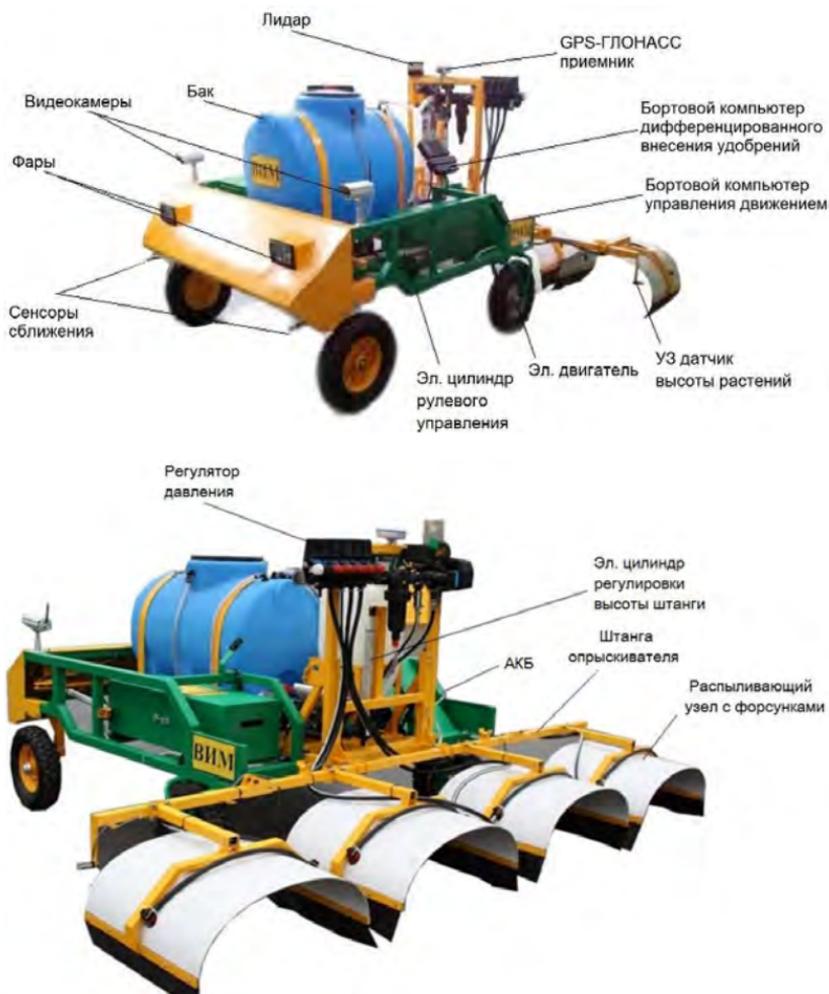


*Рисунок 11.43 – Навесной роботизированный модуль*

В Федеральном научном агроинженерном центре ВИМ активно ведутся работы по обоснованию разработки интеллектуальных машин для технологических операций по химической защите растений в садоводстве (рис. 11.44).

Так, одной из инновационных разработок является роботизированный опрыскиватель с интеллектуальной системой, обеспечивающий минимизацию вредного воздействия химикатов на человека за

счет исключения его непосредственного участия в управлении агрегатом.



*Рисунок 11.44 – Самоходное универсальное электроприводное энергосредство для технологических операций по химической защите растений в садоводстве*

Шасси опрыскивателя с двигателями на электрической тяге, системой интеллектуального управления движением на основе применения сенсорной техники (датчики, 3D-видеокамеры) обеспечивает благодаря использованию технологий спектральной фильтрации изображений возможность позиционирования относительно растений.

Система управления и навигации является комбинированной и состоит из блока позиционирования ГЛОНАСС (GPS) и блока компьютерного (технического) зрения, в который входят телевизионные камеры, ультразвуковые датчики и 3D-дальномер (LIDAR).

Это позволяет успешно применять метод визуального определения местоположения агрегата на основе анализа и последующего сравнения видеоизображений, полученных при первичном и последующем проездах. При первом проезде в нем формируется набор первичных образов, которые позволяют сформировать базу данных, описывающую взаиморасположение устойчивых структур. При последующем автоматическом движении характеристики текущего изображения проверяются на тождественность описаний, хранящихся в базе данных, и при их совпадении осуществляется привязка к текущему местоположению. Управление движением посредством анализа видеоизображений окружающей обстановки и визуального определения местоположения обеспечивает полную автономность движения наземного робота. При движении по междурядьям растений земляники применяются системы технического зрения (СТЗ). При этом используется интеллектуальный модуль распознавания рядков земляники на фоне земли или подстилающей поверхности, который способен путем преобразования потока видеоданных получать изображения с выделенными контурами растений (рис. 11.45).

Управление траекторией движения реализовано на седьмом вычислителе на основе сигнального процессора и работает в режиме реального времени, без какой-либо операционной системы.

Проходимость робота достаточна для уверенного движения по междурядьям плантаций низкорастущих ягодников. Для работы в ночное время используются фары ближнего света. Во время автоматического перемещения робот совершает самостоятельный объезд препятствий.

При необходимости оператор имеет возможность удаленно контролировать работу робота-опрыскивателя посредством планшетного

компьютера. Предполагается, что робот-опрыскиватель должен стать основой для дальнейшей разработки серии роботизированных машин, работающих в автоматическом режиме с использованием систем спутниковой навигации и мониторинга зараженности растений при возделывании плодовых и овощных культур в закрытом и открытом грунте, а также для выполнения работ в селекции и семеноводстве.

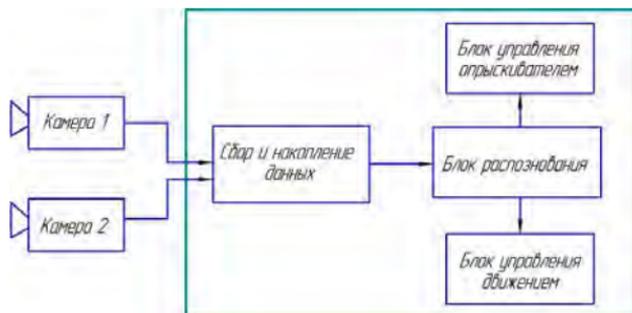


Рисунок 11.45 – Схема модуля видеораспознавания

## 11.2. Нормативно-правовая база в области беспилотных наземно-транспортных средств

### США

На сегодняшний день США занимают лидирующие позиции в области беспилотных наземных транспортных средств. Департамент транспорта США в 2016 г. обнародовал правила Федеральной автоматизированной транспортной политики (Federal Automated Vehicles Policy) – таблица 11.1.

Согласно правилам для стандартизации определено несколько уровней автоматизации, принятых в Международной организации по стандартизации транспортных средств (International engineering vehicle-standards organization-SAE International):

- SAE 0 – водитель полностью контролирует процесс вождения;
- SAE 1 – автоматизированная система на транспортном средстве может иногда помогать человеку, водитель выполняет некоторые из задач вождения;

– SAE 2 – автоматизированная система на транспортном средстве может фактически выполнять некоторые части вождения, в то время как человек продолжает следить за движущей средой и выполняет остальную часть вождения;

– SAE 3 – автоматизированная система может выполнять некоторые части вождения и мониторинг движущей среды в некоторых случаях, но водитель должен быть готов к обратному контролю при запросе автоматизированной системы;

– SAE 4 – автоматизированная система может выполнять задачу вождения и контроля, но работает только в определенных условиях;

– SAE 5 – автоматическая система может выполнять все ведущие задачи при любых условиях.

*Таблица 11.1 – Уровни автоматизации*

Уровень SAE	Автоматизация	Описание уровня	Выполнение рулевого управления	Мониторинг вождения	Резервная производительность	Возможности системы	
<b>Водитель, управляющий движением</b>							
0	–	Реализация режима движения человеком в течение полного рабочего дня	Человек	Человек	Человек	–	
1	Приводная	Реализация режима движения с помощью системы помощи водителю с использованием информации о его условиях	Человек + система			Система	Выполнение некоторых режимов движения
2	Частичная	Выполнение работы одной или несколькими системами поддержки водителя, как рулевого управления, так и ускорения (замедления) движения с использованием информации о его условиях	Система				
<b>Автоматизированная система вождения</b>							
3	Условная	Производительность зависит от режима движения, реализуемого посредством автоматизированной системы вождения с расчетом на соответствующий ответ водителя на просьбу вмешаться	Система	Система	Человек	Выполнение некоторых режимов движения	
4	Высокая	Реализация режима движения с помощью автоматизированной системы вождения без расчета на надлежащий ответ водителя по запросу на вмешательство					
5	Полная	Использование автоматизированной системы вождения во всех дорожных и управляемых условиях окружающей среды в течение полного рабочего дня			Система	Система	Реализация всех режимов вождения

## **Великобритания**

В 2013 г. правительство Великобритании разрешило испытания автономных автомобилей на дорогах общего пользования. До этого все испытания роботизированных транспортных средств проводились на частных территориях. Великобритания активно разрабатывает законодательство в области применения беспилотной наземной техники. Послание королевы в палату лордов 2016 г. включало информацию о необходимости формирования «современного транспортного законопроекта», принятия в ближайшие годы мер по поддержке внедрения беспилотных автомобилей. В законопроекте правительство перечисляет ряд предложений относительно того, как следует застраховать автомобили с самообслуживанием, и предлагает новые правила, требующие, чтобы заправочные станции и предприятия устанавливали дополнительные пункты зарядки для автомобилей с электрическим и водородным двигателями.

Правительство финансирует ряд исследовательских проектов, касающихся беспилотной техники. Однако большинство тестов проводятся на частных трассах, а не на общественных дорогах. Для поддержки нового этапа исследований Министерство транспорта опубликовало свод правил проверки беспилотных автомобилей на дорогах общего пользования. Согласно правилам, необходимо наличие резервного водителя, который может в любой момент восстановить контроль (подобно тому, как это реализовано в США). Водители должны также иметь соответствующие документы – права Великобритании – и быть знакомыми с новыми системами, уметь обслуживать их.

Министерством транспорта издан ряд документов:

- Беспилотные автомобили. Сводный отчет и план действий;
- Беспилотные автомобили. Подробный обзор правил для автоматизированных технологий транспортных средств;
- Основные принципы кибербезопасности для автоматизированных транспортных средств;
- Краткое руководство по безопасности киберавтомобилей.

Издан доклад Комитета по науке и технологиям палаты лордов «Подключенные и автономные транспортные средства: будущее?», в котором излагаются рекомендации для правительства по обеспечению

принятия ими политических и инвестиционных решений, которые позволят Великобритании получать максимальную экономическую выгоду от беспилотных автомобилей.

В стране запускается ряд испытательных проектов. Так, в Гринвиче началось испытание, в котором людям предложили подняться на борт автономного транспортного средства, используемого в терминале аэропорта Хитроу.

Шведский автопроизводитель Volvo также начинает проводить испытания в Лондоне на автомобиле Volvo XC90. Автомобиль уже прошел испытания по общественным дорогам в Гетеборге (Швеция).

### **Германия**

В Германии утвердили закон, разрешающий компаниям проверять свои самоходные автомобили на определенных дорогах, если они следуют ряду условий. Водителю положено все время сидеть за рулем, но он может отвести взгляд от дороги, чтобы воспользоваться телефоном, при этом должен быть в состоянии взять управление в любой момент. Кроме того, транспортные средства должны иметь «черный ящик» для записи условий поездки. По его данным определяют, кто виноват в несчастных случаях: если это водитель, тогда на него возлагается ответственность, если это вина программы, то виноват ее производитель. Тем самым законопроект предусматривает постоянную регистрацию данных, касающихся автоматических функций движения.

В феврале 2017 г. представители Германии и Франции подписали соглашение о создании немецко-французского цифрового тестового поля в Берлине (из Саарланда, Мерцига, Саарбрюкена в Германии) во французский Мец.

### **Япония**

Японское правительство также планирует разработать закон, регулирующий использование беспилотных автомобилей. Действующий в стране закон о дорожном движении и документ Женевской конвенции, ратифицированный Японией, были разработаны с учетом вождения автомобилями людьми. В связи с этим некоторые эксперты из США и Европы призывают внести поправки в Женевскую конвенцию, касающиеся вождения без водителя.

Японское правительство и производители теперь ставят перед собой цель полного перехода на вождение без водителя, что позволило

бы избежать несчастных случаев, вызванных человеческими ошибками, или уменьшить пробки на дорогах.

### **Другие страны**

Европейские государства (Австрия, Бельгия, Болгария, Македония, Венгрия, Германия, Греция, Дания, Ирландия, Испания, Италия, Латвия, Литва, Люксембург, Мальта, Нидерланды, Норвегия, Польша, Португалия, Словакия, Словения, Испания, Швеция, Швейцария), члены Европейского союза и Европейской экономической зоны подписали письмо о намерениях для активизации сотрудничества по проверке автоматизированных автомобильных перевозок на трансграничных испытательных площадках. Эти государства будут совместно работать над трансграничными разделами, маршрутами или коридорами для проведения и содействия исследованиям, испытаниям и широкомасштабным демонстрациям, в частности по безопасности дорожного движения, доступу к данным, качеству данных и ответственности, связи и цифровым технологиям. Цель ЕС на 2025 г. заключается также в том, чтобы все городские районы, а также автомобильные и железные дороги в Европе имели полное покрытие 5G. Это обеспечит высокую скорость, низкую задержку и достаточную емкость интернет-связи для миллионов автомобилей при их одновременном взаимодействии.

### **Вопросы**

1. Краткая история развития роботизированных систем в сельском хозяйстве.
2. Беспилотные тракторы.
3. Роботизированные системы и платформы.
4. Нормативно-правовая база в области беспилотных наземно-транспортных средств.

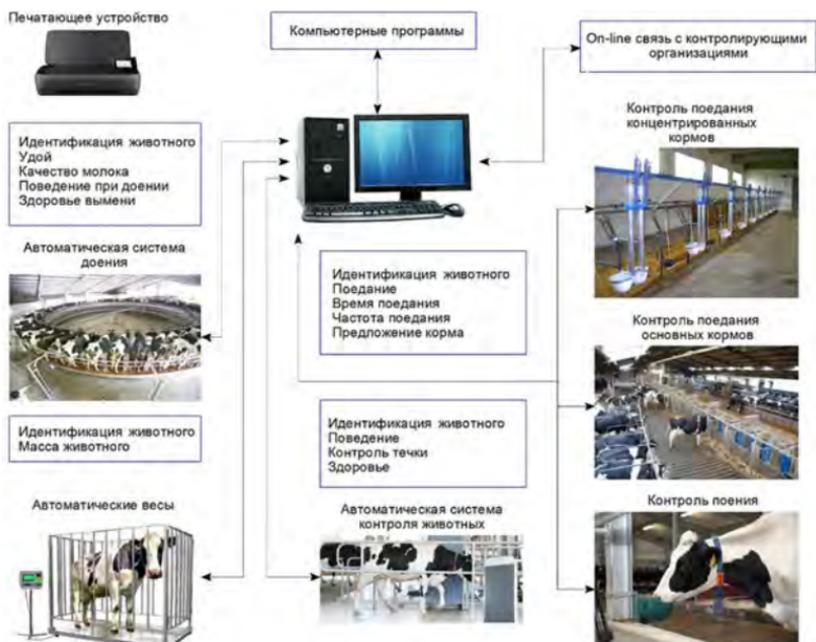
## 12. ТОЧНОЕ ЖИВОТНОВОДСТВО

### 12.1. Элементы точного молочного скотоводства

#### 12.1.1. Общие сведения

*Точное животноводство* (precision livestock farming) – интегрированная сельскохозяйственная производственная система, включающая все животноводческие процессы, которая создает возможности для экономически эффективного выполнения новых требований к ним с помощью современной техники, электронной идентификации отдельных животных или групп содержания, регистрации данных о процессах и продукции, переработке информации.

Информационные технологии охватывают весь производственный процесс, в том числе на молочных фермах (рис. 12.1).





*Рисунок 12.1 – Фото компьютеризированной молочной фермы*

Развитие точного животноводства обеспечивает:

- эффективное использование ресурсов;
- высокое качество продукции животноводства;
- готовность животных к реализации потенциальной продуктивности;
- создание электронной базы данных производственного процесса.

Эффективное животноводство и птицеводство основываются на использовании цифровых технологий (IoT, GPS и ГЛОНАСС), программного обеспечения, автоматизированных систем и тому подобного с целью повышения продуктивности, уменьшения затрат и реализации генетического потенциала животных.

В Нидерландах, Германии и Франции в настоящее время происходит активный переход к автоматическому доению. Около 90% нового оборудования в Швеции и Финляндии и 50% в Германии включает системы автоматизированного доения. По прогнозам, половина молочных стад в Северо-Западной Европе в 2025 г. будет доиться роботами.

Ежегодное молочное производство в расчете на одну корову в ЕС составляет в среднем 6915 кг, некоторые фермы производят почти 12 тыс. кг молока в год с теми же затратами, что и традиционные молочные фермы.

### 12.1.2. Электронная идентификация животных

Более 35 лет в молочном хозяйстве используются электронные системы идентификации животных. Они стали за это время центральным элементом компьютеризованного управления стадом. В процессе совершенствования техники в этой области (миниатюризация, снижение потребности в энергии) в последние годы достигнуты существенные успехи, которые благодаря повышенной безопасности от фальсификаций и манипуляций позволяют применять ее не только для внутрихозяйственных целей управления стадом, но и для административных. Технология идентификации (RFID) на основе радиочастотного излучения считается ключевой в разных отраслях хозяйствования.

Требования к электронным системам идентификации животных можно подразделить на административные и внутрихозяйственные. Электронная система идентификации животных хозяйства должна включать документацию, касающуюся численности поголовья, его происхождения, профилактики. Она должна быть надежной, соответствующей биологическим требованиям животных, защищенной от подделки, предусматривающей однозначную и индивидуальную нумерацию, благодаря которой можно без труда идентифицировать животное в любое время от его рождения до убоя. Внутри хозяйства требуется безошибочная идентификация отдельных животных, находящихся в разных местах, для регистрации их продуктивности, контроля за здоровьем, учета продуктивности и подачи кормов.

В молочном животноводстве используется большое количество различных по конструкции и способу применения электронных систем идентификации животных (транспондеров). К скорости их работы и дистанции считывания данных предъявляются следующие требования в зависимости от ситуации:

- при кормлении и доении коров скорость должна быть низкой, расстояние считывания – 0,3–0,5 м;
- при входе животного в зал кормления предусматривается средняя скорость считывания, расстояние – 0,3–0,9 м; такая же ситуация должна быть при считывании сигнала от коровы, идущей по проходу, но скорость – высокой;
- при идентификации животных, содержащихся в группе, скорость должна быть низкой, а расстояние – 0,5–5,0 м.

Для крупного рогатого скота используются транспортеры, прикрепленные к животному с помощью ошейников или ножных лент.

Все чаще электронные системы идентификации животных используются в комбинации с датчиками (сенсорами), которые дают дополнительную информацию о животных.

### **12.1.3. Датчики и получение информации**

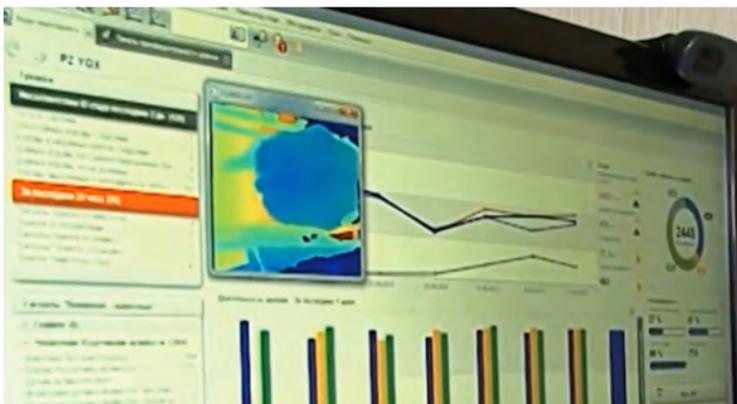
В процессе компьютеризованного управления стадом помимо информации, связанной с животными, необходимы также сведения о функционировании техники и о параметрах внешней среды содержания животных.

Система содержания животных в молочном животноводстве обуславливает разные цели применения и неодинаковую обеспеченность электронными датчиками и средствами для получения и обработки информации. К техническим элементам современной технологии выращивания телят относятся электронные системы идентификации животных, автоматы для параметров поения и подачи концентрированного корма, измерительные системы для поения и температуры тела, а также электронные весы. Такие системы ориентированы на отдельное животное: с учетом возраста и состояния здоровья составляются индивидуальные планы поения, которые реализуются совместно системами электронной идентификации и автоматизированной подачи воды.

Благодаря регистрации и обработке данных о сроках и объемах поения можно физиологически обоснованно регулировать их в зависимости от индивидуального поведения теленка. В следующей фазе развития телят разрабатывают индивидуально контролируемую подачу концентрированного корма.

При выращивании телочек важными задачами являются управление ростом, определение срока осеменения, его проведение и контроль за результативностью, а также оформление соответствующей документации.

Электронная идентификация животных и поточное взвешивание дают точную информацию о развитии массы тела каждого из них. Новые исследования показывают, что для оценки состояния упитанности молодняка применимо измерение толщины жира в области поясницы (рис. 12.2).



*Рисунок 12.2 – Программа для определения упитанности животных в учебно-опытном хозяйстве «Краснодарское» Кубанского ГАУ*

Разработано вспомогательное средство для установления точки у молодняка КРС посредством измерения активности с помощью педометра или датчиков-ошейников. На ошейнике или ножной ленте помещается датчик ускорения или импульсов, который подсчитывает соответствующие события активности и накапливает их. Так как единичные измерения малоинформативны, требуется запоминающее устройство (например, RAM-память) и источник энергии, обычно батарейка. При этом определенная активность соответствует определенному промежутку времени.

Для повышения эффективности молочного скотоводства необходимо организовать по возможности точную подачу корма на основе данных о потребности животных, которые получают с помощью электронных измерительных средств.

Планирование рационов ориентируется на рекомендации по обеспечению животных питательными веществами. Потребность в энергии и питательных веществах рассчитывается исходя из живой массы, удоя (количество и ценные вещества), порядкового номера лактации, ее стадии, а также вида кормов. В зависимости от возможностей хозяйства, в особенности от поголовья, системы содержания и имеющейся техники для кормления, на молочных фермах применяют по возможности два рациона для молодняка, два – при сухостойном содержании и от 1 до 3 – для лактирующих коров. Важной задачей является правильная

оценка поедаемости кормов, потому что только на основе показателей потребления их сухого вещества можно установить необходимую плотность энергии и питательных веществ в рационе. На основе этих данных разрабатывают современные рекомендации по кормлению, они используются в компьютерных программах составления рационов. В хозяйствах необходимо знать эти алгоритмы и основы применения таких программ, чтобы адаптировать их при необходимости к конкретным условиям.

В процессе откорма подача рационов или их компонентов выполняется в последовательности, оптимальной с точки зрения физиологии питания. Количество корма, выдаваемого отдельным группам кормления, также регистрируется.

Системы кормления, применяемые в точном животноводстве (precision livestock farming), можно классифицировать следующим образом (рис. 12.3).



Рисунок 12.3 – Классификация систем кормления для молочных коров

В Германии 80–90% и более прогрессивных молочных хозяйств используют тележки для раздачи приготовленных рационов с разными системами смешивания, 40–50% – предлагают основные корма в виде общесмешанных рационов и дают концентрированный корм отдельно в зависимости от удоя.

В сочетании с электронной идентификацией животных они рассматриваются как «первичные ячейки» точного животноводства. В зависимости от удоя коровы подразделены на партии, которые кормят в

оптимальные с точки зрения физиологии питания распределенные часы дня.

Дифференциация групп по продуктивности находится в тесной связи с кормлением. Подразделение стада на кормовые группы можно проводить с его механическим разделением или путем электронного управления доступом к комбинированной кормушке. В первом случае группы по продуктивности постоянно содержатся раздельно, что требует их перемещения, этот способ недорогой, но он эффективен только для крупных стад. При электронном разделении стадо сохраняется как единица, оно делится на части лишь во время кормления, при этом имеется возможность контроля за отдельными животными. Установка сортировочных ворот требует отделения зоны кормления от зоны покоя. Это реализуется проще, чем загораживание воротами пути к решетке перед кормушкой. Недостатки и преимущества разных вариантов зависят от конкретной ситуации в хозяйстве. При наличии больших стад предпочтение отдается группам кормления с механическим отделением.

Важной частью точного кормления является контроль его эффективности, который включает контроль за поеданием пищи и поведением животного, регистрацию и оценку его упитанности.

За последние годы расширились цели управления стадом – оно включает в качестве основных элементов мониторинг и контроль здоровья и продуктивности.

Чем больше стадо, тем более необходимыми являются вспомогательные технические средства для осуществления контроля процесса, оформления документации, анализа и принятия решений, в том числе и в области здоровья и продуктивности животных. Контроль и мониторинг обмена веществ и пищеварения тесно связаны с контролем поедания корма. Данные ежемесячной проверки молочной продуктивности дают возможность оценки состояния здоровья коров. Показатели соотношения жира и белка, протеина и мочевины, а также совместное рассмотрение их содержания дают важную информацию о ситуации с обменом веществ у отдельных коров, а также о состоянии стада в целом. Получаемые в специализированных лабораториях, эти данные становятся быстро доступными для хозяйств благодаря электронному способу передачи, их можно использовать в рамках программ управления стадом. Регулярное определение живой массы животных с помощью поточных весов и электронная идентификация животных являются постоянной частью системы

сбора данных во многих молочных хозяйствах Германии. При этом наиболее важную информацию для принятия решения о корректирующем вмешательстве составляют временные изменения.

Для перемещения кормов на фермах могут использоваться специальные роботы (рис. 12.4). Их использование позволяет увеличить потребление кормов на 18%, сократить трудозатраты на 50%.

Необходимые условия для работы:

- раздача кормов не менее одного раза в день;
- хорошо перемешанный структурированный корм;
- кормление всегда в определенное время;
- постоянный график маршрута;
- чистый от грязи, ровный пол, отсутствие препятствий;
- наличие Интернета.



*а*



*б*

*Рисунок 12.4 – Робот для перемещения кормов MOOV:  
а – общий вид; б – элементы устройства.*

К элементам управления можно отнести систему управления с 3D-модулированным контроллером и базовую станцию J-Link.

Датчик 3D-ориентации отмеряет пройденное расстояние по каждой оси координат в пространстве. Счетчик оборотов приводного колеса определяет пройденное расстояние.

Существует сенсорная техника для регистрации таких измеряемых величин, как информация о цвете и температуре молока, его электрической проводимости. Значительный прогресс в анализе молока с помощью датчиков достигнут благодаря внедрению автоматических доильных систем. Но в традиционных доильных установках эти датчики пока еще мало используются.

Для оценки достоверности информации о здоровье вымени, получаемой от сенсорных датчиков, используют понятия чувствительности и специфичности. *Чувствительность* характеризует долю успешных идентификаций, т. е. вероятность того, что с помощью одного или нескольких параметров точно устанавливается диагноз «больное вымя». *Специфичность* характеризует вероятность того, что «нормальное» молоко или здоровое вымя достоверно распознаются.

С целью избавления фермеров от тяжелого труда, такого как уборка навоза и перемещение грубых кормов, в последнее десятилетие были разработаны роботы (рис. 12.5).



*Рисунок 12.5 – Пример использования робота для кормления на молочной ферме*

Попытки автоматической подачи грубых кормов предпринимались, но она не была технологически проработана и не прошла проверку практикой.

### **12.1.4. Автоматизированные и роботизированные системы доения**

Использование автоматической системы доения животных обеспечивает оптимальное управление стадом и содержание животных, а также положительно воздействует на организацию труда.

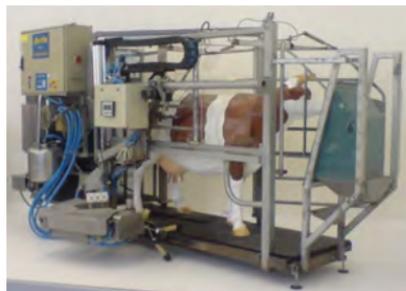
Применяемая в доильных залах система фиксации коров позволяет сократить время доения и улучшает условия работы оператора (снижает физические и психологические нагрузки).

Благодаря электронной системе индивидуального опознавания животных и датчикам продуктивности коров в системах контроля стада и

доения оператор получает обширные и подробные сведения о каждом животном в целом. На основе полученных сведений он может целенаправленно управлять технологическими процессами на предприятии.

С внедрением автоматических доильных систем (рис. 12.6) изменяется также вся конструктивная и производственно-техническая концепция коровников. Целью системы является реализация более близких к естественным условиям содержания животных. Благодаря этому они не приспособляются к искусственной среде, устанавливаемой человеком (времени доения), а могут самостоятельно, без контроля оператора, идти на доение. Он может одновременно выполнять другие операции по уходу за животными, так как нет необходимости контроля за ними в процессе доения.

Особое внимание должно быть уделено здоровью животных, особенно состоянию вымени. Для этого используют датчики автоматической системы доения (рис. 12.7), позволяющие определять качество молока в широком диапазоне.



*Рисунок 12.6 – Автоматическая доильная система*



*Рисунок 12.7 – Система автоматического доения с датчиками контроля молока*

Автоматические системы доения обеспечивают более естественное содержание животных и улучшают условия труда оператора.

Первые роботизированные доильные установки были выпущены в 1980-х гг. в Западной Европе. Разработкой таких систем занимались фирмы Lely и Prolion (Нидерланды), Fullwood (Великобритания), Alfa-Laval-Agri (Швеция), Westfalia Landtechnik (Германия), Gascoigne Melotte (Франция) и др.

Доильный робот Astronaut фирмы Lely состоит из доильного бокса с размерами 4,5×2,5×2,5 м (рис. 12.8).

При входе коровы в бокс происходит ее идентификация и компьютер определяет: необходимо доить корову или немедленно выпустить ее из бокса. Если дойка необходима, то в кормушку выдается порция 1,5–2,5 кг концентрированного корма. Движение животного сзади ограничивается специальным манипулятором 1. Примерно через 10 с после позиционирования коровы рука 8 робота захватывает устройство 9 для обмыва вымени с двумя роликами, покрытыми хлопчатобумажной тканью, увлажненной водой, и подводит под вымя животного. Определяется место расположения сосков и начинается процесс их очистки вращающимися в разные стороны роликами. После очистки рука робота отводит ролики в специальную выемку, где происходит их промывка водой и обеззараживание дезинфицирующими растворами.

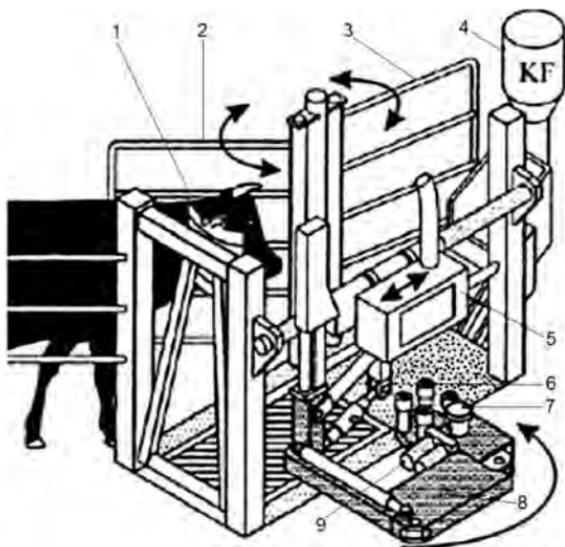


Рисунок 12.8 – Схема доильного робота Astronaut:

- 1 – манипулятор позиционирования животного; 2 – входная дверца;
- 3 – выходная дверца; 4 – автоматическая кормораздаточная станция;
- 5 – блок регулирования перемещения руки; 6 – доильные стаканы;
- 7 – лазерные датчики; 8 – рука робота; 9 – ролики обмыва вымени.

Рука робота снова подводится под корову, но уже с доильным аппаратом 6, и с помощью лазера 7 начинается его позиционирование. Для этого точкой отсчета служат передние соски, по окончании позиционирования робот начинает последовательно надевать на соски доильные стаканы, начиная с задних четвертей вымени. При этом подвижная тестовая плита передает движение коровы с помощью ультразвукового датчика руке робота, которая повторяет движения коровы. При неудачной попытке надеть доильные стаканы робот делает еще две дополнительные. После неудачной третьей попытки робот выпускает корову, выдает звуковой сигнал и сообщение на дисплей компьютера. Первые струйки молока сдаиваются в специальный резервуар. Надоенное из каждой четверти вымени животного молоко поступает по отдельному молокопроводу. Датчики показывают данные о количестве молока и его электропроводность. Доильные стаканы снимаются с каждого соска вымени отдельно, по мере прекращения из него молокоотдачи.

Многобоксовая роботизированная доильная установка Liberty фирмы Prolion включает до 4 боксов, обслуживаемых одной рукой (рис. 12.9).

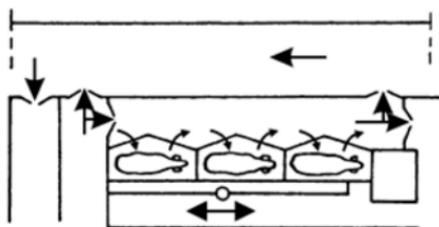


Рисунок 12.9 – Технологическая схема доильного робота Liberty

Входящая корова идентифицируется, и принимается решение о необходимости доения. При положительном решении в кормушку выдается соответствующая порция концентрированного корма. Предварительное позиционирование животного осуществляется за счет перемещения передней стенки с кормушкой (размеры животного занесены в компьютер). Затем рука робота перемещается в доильный бокс, захватывает боковую консоль с доильным аппаратом и подводит его под вымя животного. Места расположения сосков вымени определяются

двумя ультразвуковыми датчиками. При этом относительной точкой отсчета является передний правый сосок, координаты которого определяет один из ультразвуковых датчиков. Другой датчик, перемещаясь сверху вниз, определяет расстояния между относительной точкой и другими сосками. При движении животного подвижный модуль соответственно изменяет свое положение.

При завершении позиционирования последовательно надеваются на отдельные четверти вымени доильные стаканы, и начинается процесс обмыва сосков в стаканах струями воды. Использованная вода вместе с первыми струйками молока отводится в специальный бак. Через 8–10 с после этого начинается процесс доения. Количественные показатели и электропроводность контролируются по каждой четверти вымени.

После надевания доильных стаканов рука робота возвращается в исходное положение и может использоваться в других боксах. Под выменем животного доильный аппарат поддерживается при помощи специальной боковой консоли. По окончании процесса доильные стаканы спадают с сосков вымени и консолью возвращаются в исходное положение. Передняя стенка с кормушкой отходит от коровы, открывается дверца и животное выходит из бокса.

Однoboxовый доильный робот Merlin, выпускаемый фирмой Fullwood, ориентирован на робота Astronaut фирмы Lely. Программное обеспечение и технология доения этого робота разработаны в Великобритании.

Роботизированная доильная система Duvelsdorf (фирма Westfalia) включает 2–4 бокса тандемного типа, установленных в ряд. К ним подключен дополнительный бокс мойки и селекции коров, благодаря чему увеличивается производительность всей установки в целом.

Система работает следующим образом. Для подготовки к доению входящая в доильный зал корова удерживается в боксе селекции, где промывается ее вымя. Рычаг робота с круглой щеткой выдвигается под корову. Для очистки сосков и вымени щетка с поступающей к ней промывочной водой вращается, движется вперед и назад. По истечении установленного заранее времени подача воды прекращается и щетка высушивает вымя. Затем корова входит в один из доильных станков, идентифицируется и компьютер принимает решение о необходимости ее доения. Рука робота захватывает доильный аппарат и перемещает под вымя,

с помощью ультразвуковых и оптических датчиков определяет месторасположение сосков (при загрязнении оптических датчиков они автоматически промываются влажной губкой). Доильные стаканы надеваются последовательно, если корова изменяет свое положение, то рука робота тоже перемещается. Одна рука робота обслуживает все доильные боксы, перемещаясь по специальной направляющей. Процесс доения, снятия доильных стаканов, контроль качества и количества молока осуществляются аналогично другим автоматизированным системам доения.

Фирма Gascoigne Melotte разработала роботизированную систему Zenith, состоящую из одного доильного бокса, сконструированного в виде комбинированной секции для доения и раздачи концентрированных кормов. Позиционирование животного осуществляется при помощи стенки. Рука робота удерживает доильный аппарат во время всего процесса доения.

Использование роботов позволяет учитывать суточные ритмы каждой коровы. Она сама идет в бокс, где одновременно с доением ей выдается суточная норма концентратов. Животные быстро привыкают к доению роботами и самостоятельно посещают бокс. При этом продуктивность коров возрастает до 15%. Использование роботов позволяет в 4 раза снизить затраты труда на доение в сравнении с доильными установками типа «Карусель».

Применение роботов сдерживается их высокой стоимостью. Кроме того, необходим тщательный отбор коров при формировании стада.

### **12.1.5. Обработка информации и обмен данными**

Изолированная информация от одного датчика на одном уровне процесса, как правило, не дает достаточного основания для решений. Полученные показатели необходимо систематически накапливать, хранить и готовить решения на их основе с учетом данных других уровней или разных периодов времени. При этом проводится обработка информации, имеющейся в отрасли молочного производства, а не только на данном сельскохозяйственном предприятии или в хозяйстве.

Управление процессами, стадом, сравнительный анализ хозяйств, оценка племенной ценности или ведение региональных реестров являются разными задачами, которые следует проводить на единой базе данных.

Работу многообразных партнерских информационных систем необходимо согласовывать с целью повышения их функциональности и надежности. Обмен данными между разными уровнями процессов необходим для эффективного управления стадом. Ожидается, что с развитием процессорной техники внутри хозяйства значительно расширится спектр информации о каждом животном, что, например, потребует включения этих данных в программы оценки племенной ценности. Развиваются новые области использования данных об отдельных животных.

### **12.1.6. Система электронного управления производственным процессом**

Главной тенденцией современного животноводства является всеобщая автоматизация и механизация основных производственных процессов содержания КРС. Автоматизация производства обеспечивает облегчение ручного труда доярок, зоотехников и др. Благодаря использованию системы управления стадом на животноводческом комплексе можно контролировать индивидуальные параметры коров в режиме реального времени: проводить диагностику их текущего состояния, контролировать количество и качество надоев, а также вычислять стельность. Однако реальная ситуация такова, что предприятия опасаются использовать электронику на российских фермах, не спешат переходить на *электронную систему управления стадом (ЭСУС)*.

Она включает комплекс оборудования и программного обеспечения, применяемый для установки учета индивидуальных и групповых параметров коров. Кроме основных показателей – надоев, стельности, рациона питания, ЭСУС позволяет контролировать наследственные данные каждой коровы. Основа работы системы – это уникальное программное обеспечение, которое дает возможность накапливать данные по каждой корове и совместно с ветеринарами и зоотехниками организовывать эффективное содержание КРС. Кроме того, ЭСУС позволяет производить тщательный отбор наиболее продуктивных коров и, наоборот, производить выбраковку. Благодаря ведению учета каждой коровы можно просматривать историю продуктивности и принимать верные решения.

Комплектация электронной системы управления стадом может быть индивидуальна и подбирается в зависимости от пожеланий фермеров. Главное в ЭСУС – это процессор, который служит главным элементом управления системой. Он осуществляет функции рабочего журнала, куда поступает вся информация о коровах, а также следит за их перемещениями по секциям коровника, кормлением и доением. Помимо основных параметров осуществления кормления и доения животных система позволяет вести календарь их разведения. Для удобства эксплуатации систему подключают к персональному компьютеру.

Идентификация коров осуществляется при помощи транспондеров, информация с которых считывается на идентификационных воротах или кормостанциях. Это позволяет производить учет индивидуальных параметров и контролировать надой коровы, необходимость концентрированного кормления, а также следить за ветеринарным обслуживанием и при необходимости отправлять коров на лечение. Контроллеры доильного места позволяют вести мониторинг продуктивности коровы. Таким образом, эффективность производства молока повышается как по индивидуальным, так и по групповым показателям. Помимо этого, система позволяет производить сортировку КРС, производить учет кормления, выявлять сроки половой активности животных. Датчик охоты работает по принципу фиксации специфической активности животных: повышенные показатели свидетельствуют о необходимости скорого осеменения, сниженные – о том, что корову необходимо спаривать.

Главная задача использования комплексной системы управления стадом – это повышение рентабельности животноводческого комплекса и эффективности беспривязного содержания КРС, снижение расходов на обслуживание и содержание КРС. На практике система окупается при установке на крупных фермах, на мелких экономически выгоднее осуществлять учет коров вручную.

*Преимущества использования ЭСУС:*

- получение реальных данных о животных;
- учет в журнале записей параметров каждой коровы в течение жизни;
- контроль за основными жизненными параметрами коров позволяет своевременно принимать необходимые меры;

- применение индивидуального кормления и составление рациона питания для каждой коровы в зависимости от жизненного цикла и параметров продуктивности;

- осуществление своевременного ветеринарного обслуживания животных;

- оптимизация доения – контроль за молочным потоком и производительностью оборудования для доения;

- сокращение трудовых затрат на обслуживание коровника.

*Недостатки использования ЭСУС:*

- необходимость вложения финансовых ресурсов на покупку элементов системы;

- необходимость привлечения квалифицированных специалистов и проведения специального обучения для работников животноводческого комплекса;

- необходимость внедрения беспривязной системы содержания стада.

Электронная система доильного зала определяет функции, которые будет обеспечивать оборудование помимо проведения доения. Принципиально можно рассматривать два типа электронных систем: *обеспечения управления процессами доильного поста; передачи данных в компьютерную программу управления стадом.* При этом вторая система является надстройкой над первой.

*Система учета молока, управления доением и автоматического отключения доильных аппаратов* обычно выполняет следующие функции:

- электронная пульсация с функцией изменения режима в соответствии с интенсивностью молокоотдачи животного;

- функция стимуляции при низкой интенсивности молокоотдачи в начале доения;

- измерение, индикация надоя и скорости молокоотдачи на основе работы инфракрасного датчика потока;

- опция измерения электропроводности молока;

- автоматическое отключение доильного аппарата по окончании доения;

- управление доильным постом с помощью одной кнопки.

Система идентификации, учета двигательной активности животных и автоматической передачи данных молочной продуктивности в компьютер выполняет функции:

- идентификации животных в доильном зале при помощи инфракрасных электронных меток;
- передачи данных посредством инфракрасных антенн на каждом доильном месте;
- регистрации прихода животных в охоту, базирующейся на фиксировании с двухчасовым интервалом специфической активности;
- передачи в компьютер данных о продуктивности, скорости молокоотдачи, электропроводности молока и времени доения, записи и обработки этих данных в программе управления стадом;
- интерактивной связи с компьютером при помощи информационного терминала, расположенного в доильной яме;
- информационного стенда в доильном зале, на который выводятся сообщения обо всех случаях сбоя доения.

К дополнительному оборудованию, которым может быть оснащен доильный зал, в первую очередь относятся селекционные ворота, взвешивающие устройства, система раздачи концентрированных кормов (в доильном зале или в стойловом помещении), станции выпойки телят и прочие устройства, интегрированные с компьютерной программой управления стадом. Задача таких устройств – автоматизировать зоотехническую и ветеринарную работу с животными.

Все крупные зарубежные фирмы по выпуску доильного оборудования разработали собственные электронные системы управления доением и стадом. В качестве примера рассмотрим подробнее одну из таких систем – разработку компании SAE Afikim (торговая марка AfiMilk, Израиль). Она помогает пользователям принимать аргументированные решения на основе обширной базы данных, получаемых автоматически в режиме реального времени от модулей системы Afi (AfiMilk, AfiAct, AfiWeigh) и других источников информации о животных и событиях.

Электронная система управления стадом SAE Afikim включает два основных компонента:

- *AfiFarm* – система программного управления, работающая на платформе Windows;
- *AfiMilk* – система контроля состояния стада, состоящая из набора датчиков, установленных главным образом в доильном зале.

Кроме того, продукт фирмы SAE Afikim включает ряд других систем (*AfiAct*, *AfiWeigh*, *AfiSort* и др.).

AfiFarm создается по индивидуальным требованиям пользователя. Система может регистрировать различные показатели состояния молочного стада. Она составляет отчеты, графики и рабочие списки для формирования точной картины происходящего в молочном стаде в любой заданный момент. AfiFarm накапливает сведения об истории лактации коров, о выбраковках, потомстве и быках-производителях. Это позволяет проводить точный анализ данных, а также составлять прогноз на будущее и планировать стадо. Система предоставляет средства для осуществления повседневной деятельности и принятия решений параллельно с тщательным анализом производительности стада и фермы за определенное время.

*Система AfiMilk* (рис. 12.10) – это автоматизированная система, собирающая данные о каждом животном, формирующая информационную базу и выдающая отчеты по запросам специалистов. Система состоит из датчиков, собирающих информацию о каждом животном в доильном зале и посылающих ее в соответствующую программу, установленную на компьютере.



Рисунок 12.10 – Система AfiMilk



Рисунок 12.11 – Молокомер AfiLite

*Молокомер AfiLite* (рис. 12.11) предназначен для точного измерения удоя, многофункциональный, простой в использовании, позволяет руководителю фермы полностью контролировать процесс доения, оснащен системой управления AfiMilk, обеспечивающей сбор необходимых данных и отображающей показатели, требующиеся специалисту доильного зала.

Электронный датчик-шагомер AfiTag (рис. 12.12), прикрепленный к ноге коровы, служит для идентификации животного и измерения его двигательной активности. Благодаря этим данным система AfiMilk эффективно обнаруживает животных.



*Рисунок 12.12 – Электронный датчик-шагомер AfiTag*



*Рисунок 12.13 – Прибор системы идентификации IDeal*

Afilab – это прибор, анализирующий состав и качество молока каждой коровы в режиме реального времени, т. е. во время дойки в доильном зале (рис. 12.14). Аппарат устанавливается на каждом доильном месте между молокомером и молокопроводом.



*Рисунок 12.14 – Прибор Afilab для анализа состава и качества молока*

Достоинство технологии Afilab состоит в том, что она является частью процесса дойки. Замеры производятся для каждой коровы и в каждую дойку. Данные автоматически пересылаются в программу системы AfiMilk.

AfiAct – технология автоматизированного обнаружения и отслеживания коров в период охоты с помощью датчиков-педометров 24 ч в

сутки. Это намного эффективнее, чем традиционные методы – визуальное наблюдение или «пометка мелом». С помощью AfiAct работники молочной фермы достаточно нескольких минут, чтобы определить животных, готовых к осеменению (рис. 12.15).

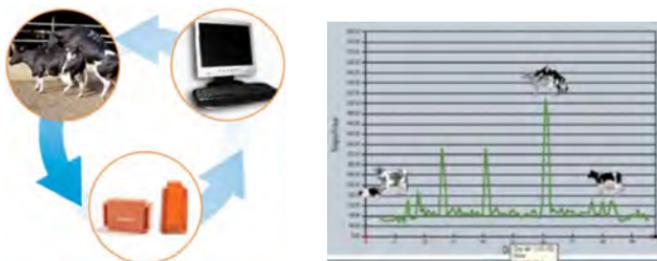


Рисунок 12.15 – Система обнаружения охоты у коров AfiAct

AfiWeigh – автоматическая система взвешивания коров в движении (рис. 12.16), которая определяет их массу и хранит параметры в базе данных. Система состоит из одной или нескольких платформ для взвешивания, установленных по пути следования животных в доильный зал или из него. Каждая корова, проходя по платформе для взвешивания, автоматически идентифицируется и взвешивается. Эти показатели, загруженные в ее индивидуальную базу данных, представляются в виде отчетов, что очень важно для успешного управления молочной фермой.

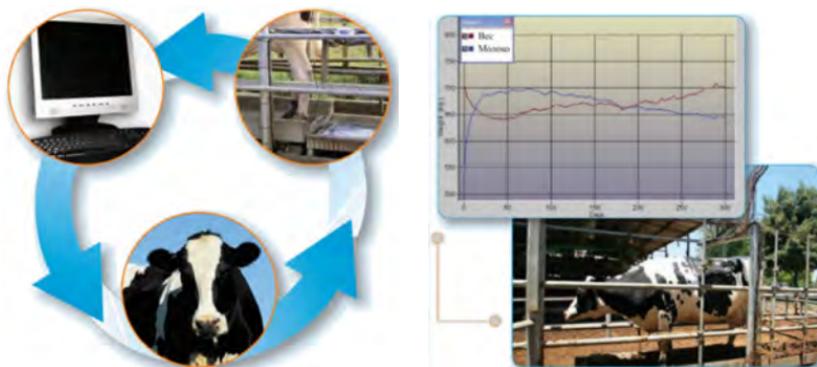
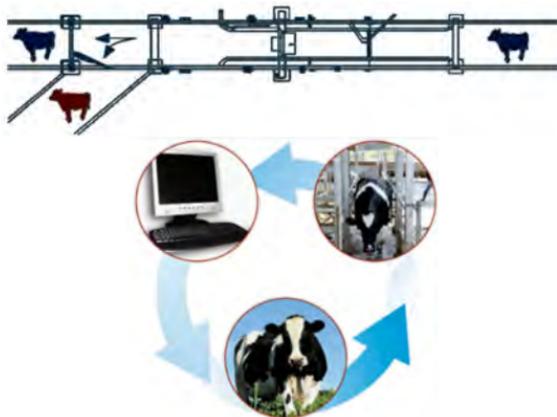


Рисунок 12.16 – Система взвешивания коров в движении AfiWeigh

AfiSort – это компьютеризированная система управления селекционными воротами, предназначенная для регулирования направления движения коров (рис. 12.17). Точный отбор и сортировка коров системой AfiSort производятся автоматически.



*Рисунок 12.17 – Система управления селекционными воротами AfiSort*

AfiWash – контроллер, представляющий собой программируемое устройство для управления системами промывки и дезинфекции оборудования доильного зала (рис. 12.18).



*Рисунок 12.18 – Контроллер системы промывки AfiWash*

AfiWash совместим с большинством существующих систем и технологий, включающих промежуточную емкость для моющего раствора или содержащих ее.

### **12.1.7. Автоматизированные системы управления технологическими процессами в молочном животноводстве**

Научные основы и методологию создания и эксплуатации автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) разрабатывает техническая кибернетика. В рамках этой научной дисциплины имеется свой арсенал методического и технического инструментария, базисной основой которого является использование строго формализованных моделей описания объектов и целевых задач их управления. В рамках этих моделей четко определены места фиксации технологической информации, ее объемы, алгоритмы обработки, формы хранения и виды практического использования.

Работа любого технологического оборудования, в том числе и для животноводческих ферм, должна поддерживаться его внутренней системой управления на оптимальном уровне. При этом конструктивное исполнение самой системы управления не имеет принципиального значения. Важно лишь то, что она является неотделимым атрибутом для любого производственного процесса и технического устройства, обладающего ненулевым множеством рабочих состояний. В этот класс объектов входят практически все сельскохозяйственные машины, механизированные процессы и технологии.

#### ***Кибернетическая оценка молочно-товарной фермы. Проблема оптимального управления***

Промышленная технология получения молока представляет собой производственный процесс переработки корма в продукты животноводства (молоко и мясо) в условиях крупных механизированных ферм и комплексов. С кибернетической точки зрения молочное стадо представляет собой динамический самовоспроизводящийся объект, который в условиях действия ограничивающих факторов внешней среды преобразует один вид питательных веществ в другой. В технических системах действие факторов внешней среды стремятся свести минимум, тогда как в биотехнических системах влияние среды поддерживают на комфортном для жизнедеятельности животных уровне. Это может быть представлено в виде кибернетической модели «черного ящика» (рис. 12.19).

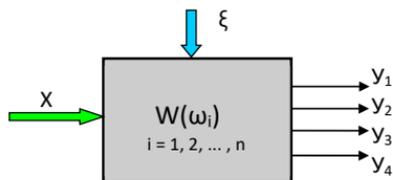


Рисунок 12.19 – Кибернетическая модель коровы:

$X$  – вектор входных питательных веществ;  $\xi$  – вектор факторов среды обитания животного;  $Y_1$  – молоко;  $Y_2$  – мясо;  $Y_3$  – органические удобрения;  $Y_4$  – приплод;  $W$  – передаточная функция животного (математическая модель животного).

В общем случае выходные показатели продуктивности коровы описываются функцией

$$Y_j = f(X, \xi, \omega), \quad j = 1, 2, 3, 4, \quad (12.1)$$

где  $Y_j$  – скалярные величины выходных показателей продуктивности;  $X$ ,  $\xi$ ,  $\omega$  – векторы, характеризующие параметры входных питательных веществ, условий среды и внутренних (племенных) свойств животного.

Уровень современных достижений пока не позволяет в явном виде описать для каждого животного его точные функциональные зависимости выходных показателей продуктивности от условий содержания и кормления. Поэтому в реальном процессе производства животноводческой продукции приходится использовать упрощенные *аппроксимативные* модели, построенные на основе наблюдений за входными и выходными воздействиями. Методология их получения в настоящее время хорошо развита в рамках бурно развивающегося научного направления «прикладная статистика». Точность описания производственных процессов их аппроксимативными моделями во многом зависит от объема и полноты экспериментальных данных.

Глобальной задачей управления продуктивностью является ее постоянное увеличение. Решить эту задачу без знания *функциональных зависимостей продуктивности животных от изменения условий их содержания и кормления* практически невозможно. В силу этого на

любой производственной ферме должна работать надлежащая система сбора необходимой технологической информации. Принципы организации такой системы и диапазон применяемого в ней инструментария колеблются от ручных способов фиксации технологической информации до использования полностью автоматизированных информационных и измерительных устройств. При современном состоянии развития средств электроники и вычислительной техники возможно массовое внедрение на молочно-товарных фермах (МТФ) автоматизированных систем сбора технологической информации.

Известны два метода решения глобальной задачи увеличения продуктивности животных: *селекционный* и *хозяйственный*.

*Селекционный метод* предусматривает совершенствование внутренних свойств объекта ( $\omega = \text{var}$ ), т. е. выведение новых пород скота. Для этого метода факторы  $X$ ,  $\xi$  считаются заранее заданными и отвечающими требованию  $X$ ,  $\xi = \text{const}$ . Теоретически этот метод имеет неограниченные возможности.

*Хозяйственный метод* имеет четкий предел, который обусловлен индивидуальными потенциальными племенными возможностями животного ( $\omega = \text{const}$ ), которые возможно реализовать только за счет регулирования факторов  $X$ ,  $\xi = \text{var}$ .

Таким образом, задача управления МТФ сводится к тому, чтобы вывести ее работу на оптимальный уровень продуктивности ( $Y_{\text{опт}}$ ) и длительное время поддерживать ее в этом состоянии (рис. 12.20).

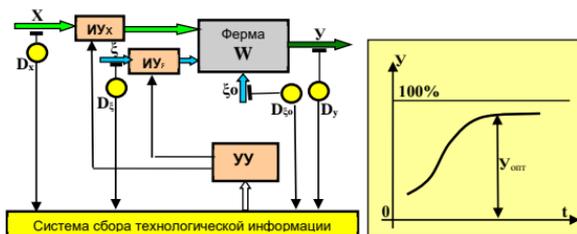


Рисунок 12.20 – Обобщенная блок-схема системы управления МТФ:  
 УУ – орган управления; ИУ – исполнительные органы управления;  
 D – первичные устройства получения и регистрации технологической информации (сенсоры);  $\zeta$ ,  $\xi$  – регулируемые и нерегулируемые факторы среды обитания животного.

При всей очевидности и простоте постановки задачи ее решение оказывается чрезвычайно сложной проблемой, так как отсутствуют четкие критерии, которые однозначно указывают степень удаленности реального производственного объекта от его предельного состояния. Общепринятые критерии экономической эффективности, построенные на сопоставлении результатов хозяйственной деятельности объекта с затратами на их реализацию, здесь оказываются малопригодными. Так, показатель прибыли, представляющий собой разность между выручкой проданной продукции и затратами на ее производство ( $P = S_1 - Z$ ), не имеет в своей основе разумных пределов. Чем выше прибыль, тем эффективнее работает производство.

Закладывать в формализованные алгоритмы оптимального управления такой неопределенный критерий состояния производства нецелесообразно. Здесь нужны принципиально новые способы определения эффективного состояния МТФ и адекватные им оценочные критерии. Этому условию наиболее полно удовлетворяют критерии *предельно-нормированного метода сравнительного анализа*.

### ***Предельно-нормированный метод сравнительного анализа и его оценочные критерии***

Идея этого метода заключается в том, что в качестве базового отсчетного уровня, соответствующего предельно возможной продуктивности стада, принимают показатели работы абстрактного объекта, наделенного идеальными свойствами. Считается, что такой объект работает в реальных условиях, производит мясную и молочную продукцию высшего качества без материальных затрат и со строгим выполнением всех правил технологического процесса. Приняв показатели такого объекта за базовую основу (100%), можно оценивать эффективность работы реального объекта по степени приближения его показателя продуктивности к принятому предельному значению. В силу ограничений, накладываемых действием объективных материальных законов, реальные объекты могут лишь приближаться к такому состоянию.

Затраты на реализацию технологического процесса производства товарной продукции животноводства, а также выручка от ее продажи

оцениваются, как правило, в денежных единицах измерений. Это обстоятельство и определило методологию и общую структуру системы предельно-нормированных критериев:

$$\Psi = (S_1 - Z)/S_0^{-1}, \quad (12.2)$$

где  $\Psi$  – предельно-нормированный критерий;

$S_1, S_0$  – денежная стоимость выходных продуктов, полученных от реального и идеального объектов;

$Z$  – реальные затраты на выполнение технологического процесса производства животноводческой продукции (себестоимость производства).

Отношение  $\alpha = S_1 \cdot S_0^{-1}$  представляет собой коэффициент использования хозяйственной продуктивности. В этом выражении неизвестной величиной является  $S_0$ . Однако ее легко определить из тех же данных, которые были использованы для расчета  $S_1$ . Если учитывать племенные свойства скота, то под  $S_0$  понимают продуктивность стада, в котором отсутствуют болезни и падеж, интенсивность появления лактационных периодов оптимальная (все животные переходят в состояние стельности при осеменении во вторую охоту), надои равны средним для данной породы значениям и вся продукция реализуется на рынке по высшей категории качества. Любые отступления от указанных требований ведут к потерям, величину которых определяют по опытным данным.

Общей тенденцией совершенствования любого технологического процесса, в том числе и процесса производства мясомолочной продукции, является уменьшение затрат на ее производство и реализацию, повышение качества выходной продукции и снижение уровня потерь, т. е.  $Z \rightarrow Z_{\min}, S_1 \rightarrow S_0$ .

При  $Z_{\min} = 0$  критерий  $\psi$  реального объекта в пределе стремится к единице, которую в данном методе принимают в качестве постоянной базы сравнения. Значение  $0 < \psi < 1$  говорит о положительной рентабельности технологического процесса, а  $\psi < 1$  – об отрицательной. Границе перехода соответствует равенство  $\psi = 0$ .

Фактическое значение критерия  $\psi$  не зависит от численности стада, колебаний закупочных цен и зональных условий содержания

животных. Оно полностью определяется степенью отступления реального технологического процесса от идеального, реализация которого предусматривается в тех же производственных условиях.

С точки зрения задач планирования и управления технологическим процессом важным является равенство  $R + \alpha = 1$ , где  $R$  – резерв увеличения хозяйственной продуктивности молочного стада.

*Резерв* – разность между фактическими результатами работы фермы и «потолком» ее предельных технологических возможностей. Наука постоянно стремится к тому, чтобы как можно выше поднять абсолютный «потолок» племенной продуктивности животных. Однако на выведение и последующее распространение новой породы скота уходят многие годы, поэтому хозяйства продолжительное время работают в условиях неизменного «потолка» продуктивности. Такое положение влечет за собой ряд следствий.

*Первое следствие.* Фактически повышение продуктивности ферм может быть достигнуто только за счет реализации имеющихся резервов. При этом в силу действия объективных законов удастся сбыть не весь запас, а лишь какую-то его часть. Состояние технологического процесса, при котором реализуется максимально возможная часть общего резерва, называется оптимальным. Научные методы выведения управляемого объекта в оптимальную зону разрабатывает теория оптимальных систем. Однако выбор и обоснование критерия оптимальности находятся вне рамок этой науки.

*Второе следствие.* Наличие предельной продуктивности («потолка») ставит под сомнение обоснованность применения широко используемого метода планирования и стимулирования работы сельскохозяйственного предприятия от достигнутого уровня. Для хозяйств, достигших оптимальных уровней продуктивности, такое планирование вообще лишено какого-либо смысла.

В рамках предлагаемого метода показатель, характеризующий общий резерв продуктивности, т. е.  $R = \sum r_i$ , где  $r_i$  – частный (дифференцированный) резерв от недоиспользования возможностей  $i$ -го фактора. В целом таких факторов много, но наибольший удельный вес приходится на пять: интенсивность отелов; болезни животных; падёж (выбытие животных); содержание скота (кормление, уход, комфортность среды обитания); сортность производимой продукции.

Полное использование потенциальных возможностей скота достигается лишь в условиях его комфортного содержания (уход, рациональное и сбалансированное питание, надлежащий микроклимат в помещении и т. д.). Поэтому фактор содержания животных сам по себе является интегрированным и при необходимости может быть расчленен на составные части.

С показателем возврата вложенных средств  $\beta = S_1 \cdot Z^{-1}$  и коэффициентом использования хозяйственной продуктивности  $\alpha = S_1 \cdot S_0^{-1}$  критерий  $\psi$  связан соотношением

$$\Psi = \alpha \cdot (1 - \beta^{-1}) = (1 - R) \cdot (1 - \beta^{-1}). \quad (12.3)$$

Из анализа приведенных формул видно, что на всех этапах преобразований  $R \rightarrow \alpha \rightarrow \Psi$  использованы линейные операции сложения, вычитания и умножения. Следовательно, аддитивное свойство критерия  $R$  последовательно передается к  $\alpha$  и далее к  $\Psi$ , т. е.

$$\alpha = \sum \alpha_i, \quad \Psi = \sum \psi_i. \quad (12.4)$$

Такое свойство с точки зрения анализа и принятия управленческих решений является полезным, так как позволяет дифференцированно учитывать влияние каждого фактора на конечные результаты работы объекта. Как правило, за каждым фактором четко просматриваются конкретные исполнители. Поэтому рассматриваемые критерии могут быть использованы для количественной оценки эффективности их работы.

### ***Методика расчета предельно-нормированных критериев***

В качестве объекта принята МТФ, на которой реализован технологический процесс, включающий в себя процедуры получения животноводческой продукции (мясо, молоко) и воспроизводства стада.

#### *Принятые обозначения*

$M_0, G_0$  – «потолок» предельной продуктивности фермы по молоку и мясу;

$M_\phi, G_\phi$  – фактическая продуктивность фермы по тем же показателям;

$M_n, G_n$  – плановые объемы производства молока и мяса;  
 $\Delta M, \Delta G$  – суммарные потери соответственно молока и мяса;  
 $\mu_o, g_o$  – реализационная цена молока и мяса высшей категории качества.

Цифровой индекс при дифференцированных потерях продукции соответствует номеру фактора (1 – интенсивность отелов, 2 – болезни животных, 3 – падёж, 4 – содержание скота, 5 – качество продукции). С учетом принятых обозначений имеем:

$$M_\phi = M_o - \Delta M; \quad (12.5)$$

$$G_\phi = G_o - \Delta G; \quad (12.6)$$

$$\Delta M = \Delta M_1 + \Delta M_2 + \Delta M_3 + \Delta M_4; \quad (12.7)$$

$$\Delta G = \Delta G_1 + \Delta G_2 + \Delta G_3 + \Delta G_4; \quad (12.8)$$

$$\alpha_m = M_\phi / M_o = (1 - \Delta M) / M_o; \quad (12.9)$$

$$\alpha_g = G_\phi / G_o = (1 - \Delta G) / G_o, \quad (12.10)$$

где  $\alpha_m, \alpha_g$  – коэффициенты использования хозяйственной продуктивности по валовому производству молока и мяса.

При переходе к стоимостным единицам измерения происходит добавление таких факторов, как сортность молока и мяса. Ферма с идеальной технологией всю свою продукцию производит по высшей категории качества.

Стоимостные показатели:

$$S_o = \mu_o \cdot M_o + g_o \cdot G_o; \quad (12.11)$$

$$S_1 = S_o - \mu_o \cdot \Delta M - g_o \cdot \Delta G. \quad (12.12)$$

Предельно-нормированные критерии

$$\Psi = (S_1 - Z) / S_o^{-1}; \quad \alpha = S_1 \cdot S_o^{-1}; \quad R = 1 - \alpha.$$

В приведенном алгоритме неизвестными величинами являются абсолютные потери продуктивности стада от различных факторов.

За коэффициент интенсивности отелов принимают отношение фактической величины годового надоя, полученного от здорового стада, к значению теоретического годового надоя, который получают

от того же стада в предположении, что все животные приведены в состояние стельности во вторую охоту:

$$K_1 = Q_{\phi}/Q_n, \quad (12.13)$$

где  $Q_{\phi}$ ,  $Q_n$  – годовой надой молочного стада при фактических и нормированных сроках стельности коров.

*Алгоритм определения численных значений годового надоя молочного стада при фактических и нормированных сроках стельности коров*

Алгоритм оперирует базой данных, представляющей собой набор фактических лактационных кривых каждой коровы, находящейся в стаде МТФ. База данных молочной продуктивности коров регулярно пополняется показателями их фактических надоев, которые измеряются при каждой дойке. Наивысшая точность получения лактационных кривых достигается при реализации принципа «каждая дойка – контрольная». Такая дойка представляет собой трудоемкую операцию, и в реальном производстве ее проводят в лучшем случае один раз в месяц. Так, для случая двухразового доения коров на 60 производственных доек приходится лишь одна контрольная. Лактационная кривая, построенная по таким данным, обладает малой информативностью и в данном алгоритме не используется.

1. Полагают, что все животные в стаде здоровы. Если это не так, то восстанавливают лактационную кривую больного животного. Вариантов несколько: либо берут предыдущую лактационную кривую, либо методом интерполирования восстанавливают имеющуюся.

2. Суммируя площади под полученными таким образом кривыми, определяют величину годового надоя  $Q_{\phi}$ .

3. Лактационные кривые, которые были использованы в расчетах предыдущего пункта, сдвигают по временной оси так, чтобы результирующее осеменение приходилось на вторую охоту.

4. Суммируя площади под сдвинутыми кривыми, определяют значение  $Q_n$ .

Физическую сущность описанного алгоритма иллюстрирует рисунок 12.21.

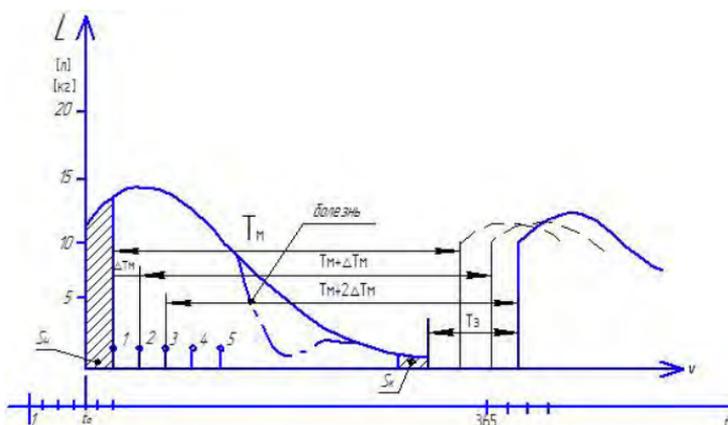


Рисунок 12.21 – Лактационная диаграмма:

1, 2, ... – момент появления первой, второй и последующих течек;  
 $T_m$  – период между двумя смежными отелами;  $S_n, S_k$  – объем молока, полученного в начале и конце лактации;  $t_0$  – дата отела;  
 $t, v$  – естественная и биологическая временная ось;  $T_3$  – период запуска (сухостойный период).

В стаде, которое состоит из животных, имеющих одинаковые лактационные кривые, расчет упрощается, так как для этого требуется минимум данных – сроки двух смежных отелов. Такое стадо можно легко смоделировать. Для этого необходимо подобрать лактационную кривую, соответствующую среднему годовому надою на одну корову, и наложить ее на реальные сроки отелов. Далее реализовать вышеописанный алгоритм, начиная со второго пункта.

### Потери продукции

**Молоко.** Абсолютные потери молока на ферме из-за несвоевременного осеменения коров определяют по формуле

$$\Delta M_1 = M_n - M_\phi = M_\phi \cdot K_1^{-1} = M_\phi \cdot (K_1^{-1} - 1), \quad (12.14)$$

где  $M_n$  – расчетный годовой объем молока, который могло бы получить хозяйство от имеющегося стада при результативном осеменении всех коров во вторую охоту;

$M_{\phi}$  – фактический объем молока, полученного от стада с реальными сроками результивного осеменения коров;  
 $K_1$  – коэффициент интенсивности отелов.

**Мясо.** Потери мясной продукции определяют аналогичным образом. При этом вместо лактационных кривых в расчете используют кривые прироста живой массы животных:

$$\Delta G_1 = G_{\phi} \cdot (K_1^{-1} - 1). \quad (12.15)$$

### ***Потери продуктивности от болезней животных***

Алгоритм определения абсолютных потерь продуктивности животных от болезней аналогичен описанному выше:

$$K_2 = Q_p/Q_3, \quad 0 < K_2 \leq 1, \quad (12.16)$$

где  $Q_p$ ,  $Q_3$  – годовой надой от реального стада и модельного стада, в котором отсутствуют болезни.

Продуктивность стада, в котором отсутствуют болезни, рассчитывают по восстановленным лактационным кривым и моделям прироста биологической массы.

Абсолютные потери молока и мяса из-за наличия в стаде больных коров определяют по приведенным ниже формулам:

$$\Delta M_2 = M_p \cdot (K_2^{-1} - 1), \quad (12.17)$$

$$\Delta G_2 = G_p \cdot (K_2^{-1} - 1). \quad (12.18)$$

Известно, что болезни всегда сопровождаются снижением надоев и суточных привесов. Чтобы выявить заболевшее животное, необходимо постоянно контролировать его физиологическое состояние. Другими словами, нужны данные ежедневного учета индивидуальных надоев и привесов. Такая возможность есть не на всех фермах, поэтому потери продуктивности от болезней трудно определить. Это происходит потому, что отсутствуют технические средства регистрации заболеваемости.

### ***Потери продуктивности от падежа животных***

**Молоко.** При падеже коровы хозяйство недополучает определенное количество молока:

$$\Delta M_3 = \Delta M_A + \Delta M_B, \quad (12.19)$$

где  $\Delta M_A$  – потери от несвоевременной замены в стаде выбывшего животного;

$\Delta M_B$  – потери из-за ввода в стадо менее продуктивного животного.

### ***Потери продуктивности животных от нарушений комфортных условий их содержания***

Под условиями содержания понимают уход за животным, его кормление, принятый распорядок дня, состояние микроклимата в животноводческом помещении и другие факторы, которые значимо влияют на продуктивность. При соблюдении комфортных условий содержания животные имеют продуктивность, близкую к «потолку» их племенных возможностей. Следовательно, любые нарушения комфортности неизбежно ведут к потерям продуктивности:

$$\Delta M_4 = M_B - M_4; \quad (12.20)$$

$$\Delta G_4 = G_B - G_4, \quad (12.21)$$

где  $M_B$ ,  $M_4$  – расчетный годовой надой молока, полученный от стада с заданной племенной продуктивностью, и фактической надой (имеется в виду продуктивность с учетом ранее рассмотренных потерь);

$G_B$ ,  $G_4$  – годовой прирост живой массы в идеальных и реальных условиях содержания.

В описанной методике требуют уточнения алгоритмы определения численных значений величин  $M_B$  и  $G_B$ . В первом приближении можно принять усредненные данные для конкретной породы животных.

### **Пример модельных расчетов молочной продуктивности дойного стада на ЭВМ**

**Задача.** Оценить характер изменения годовой продуктивности животных в зависимости от дня отела и номера результативного осеменения.

В качестве объекта моделирования используется «модельное» стадо, в котором все животные подобраны с одинаковой продуктивностью: 5740 кг за 305 дней непрерывной лактации (результативное осеменение в четвертую охоту). Лактационная кривая аппроксимирована аналитическим выражением:

$$\mu_v = \exp[a \cdot \ln v] \exp[b - cv], \quad (12.22)$$

где  $\mu_v$  – величина удоя в определенный день  $v$  лактации коровы;  
 $a, b, c$  – параметры аппроксимативной модели. Численные значения ее параметров определяются по экспериментальным данным методом наименьших квадратов. В нашем примере  $a = 0,25$ ;  $b = 2,8$ ;  $c = 0,0075$ .

Стадо состоит из 322 коров. Каждое животное периодически приходит в охоту с интервалом в 21 дней, средний срок стельности – 281 дней, сухостойный период – 60 дней, время непрерывной лактации – не более 305 дней. График отелов равномерный: ежедневно происходит один отел. К концу года (начиная с 323-го дня) часть животных отелится по второму разу.

#### **Алгоритм расчета**

Принятые обозначения:

$t$  – календарные дни (1, 2, ..., 365);  $n$  – номер охоты (2, 3, 4, 5, ...);

$\Sigma_m$  – суммарный объем молока, полученного от животного за  $m$  дней непрерывной лактации (кг);

$S_1, S_2, S_3$  – промежуточные суммарные объемы молока;

$M_i$  – количество молока, полученного от  $i$ -го животного за год.

При рассмотрении технологического процесса возникают три ситуации, каждая из которых обладает своей спецификой расчета.

### Ситуация А ( $t = 1-42$ )

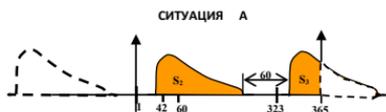
$$S_1 = 0;$$

$$S_2 = \sum_k,$$

$$k = 1, 2, \dots, 263 + (n - 2) \cdot 21;$$

$$S_3 = \sum_g, g = 1, \dots, 305 - (t + k);$$

$$M = S_1 + S_2 + S_3 = S_2 + S_3.$$



### Ситуация В ( $t = 43-60$ ):

$$S_1 = 0;$$

$$S_2 = \sum_k,$$

$$k = 1, 2, \dots, 263 + (n - 2) \cdot 21;$$

$$S_3 = 0;$$

$$M = S_1 + S_2 + S_3 = S_2.$$



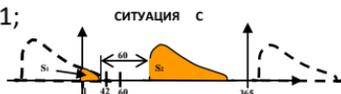
### Ситуация С ( $t = 61-322$ ):

$$S_1 = \sum_q; q = (263 + (n - 2) \cdot 21) - (t - 60)$$

$$S_2 = \sum_k, k = 1, 2, \dots, 263 + (n - 2) \cdot 21;$$

$$S_3 = 0;$$

$$M = S_1 + S_2 + S_3 = S_1 + S_2.$$



### **Причины неопределенности показателя «продуктивность за 305 дней непрерывной лактации»**

Для их выявления рассмотрим ситуацию А. Результативное осеменение коровы произведено во вторую охоту. Длительность непрерывной лактации составляет 263 дня. За это время надоено 5403 кг молока ( $S_2$ ). После отела корова в текущем году доится еще 42 дня и дает 1195 кг молока. Итого за год от коровы получено 6598 кг молока. Число лактационных дней в году 305 ( $263 + 42 = 305$ ).

При результативном осеменении этой же коровы в третью охоту за год молока надоено на 7,02% меньше, чем во вторую. Период непрерывного доения составил уже 284 дня. Число лактационных дней в году также 305 ( $284 + 21 = 305$ ).

Результативное осеменение в четвертую охоту позволяет получить от коровы 5740 кг молока в год, т. е. на 13% меньше, чем при результативном осеменении во вторую охоту. При этом количество непрерывных дней лактации совпадает с числом лактационных дней в году (305).

Рассмотренный пример указывает на то, что годовая продуктивность коровы при прочих равных условиях во многом зависит от номера охоты, в которую осуществлено резульативное осеменение, и календарных дней ее отелов. Резульативные осеменения в периоды охоты с номером два и более всегда ведут к прямой потере молочной продуктивности дойного стада.

## **12.2. Элементы точного свиноводства**

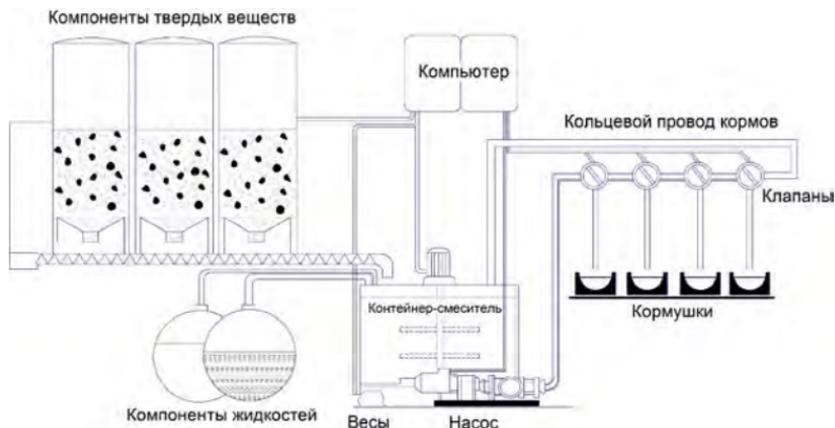
Элементы и технологии точного животноводства в свиноводстве применяются для оптимизации условий внешней среды (климата) и содержания свиней с целью обеспечения возможности анализа их поведения, своевременного обнаружения заболеваний и других проблем, а также для организации производственного процесса и его контроля.

Для климатизации свинарников используют системы регулирования, датчики которых регистрируют параметры климата, преобразуют эти данные в алгоритмы управления и таким образом осуществляют вентиляцию помещения. Традиционно в качестве управляемой величины используется температура воздуха. Помимо этого показателя важную роль играет качество воздуха в помещении (содержание вредных газов). Поэтому создаются такие устройства регулирования, которые, например, измеряют концентрацию углекислого газа и регулируют климат в свинарнике по этому показателю.

Организация кормления по потребности начинается с составления рациона с учетом возраста животных и производственной ступени. Если кормовые смеси производятся в самом животноводческом хозяйстве, то требуются емкости для их смешивания и хранения, а также электронные весы, гарантирующие точную дозировку ингредиентов. С помощью компьютера вычисляется содержание отдельных компонентов, их направляют в смесительную емкость (рис. 12.22). Затем корм транспортируется в помещение для содержания животных через автоматизированные стационарные системы.

Корма можно выдавать свиньям вручную в определенных количествах либо они доставляются животным без ограничения. В последнем случае практикуется скармливание в системе «датчик – кормушка», где датчик измеряет ее наполнение и при отсутствии корма дает сигнал в устройство кормления, вызывая подачу новой порции. Как правило, в

животноводстве практикуется групповое кормление. Исключение составляют свиноматки с поросятами или супоросные свиноматки.



*Рисунок 12.22 – Схема компьютеризированной кормушки для кормления жидким кормом*

На отдельных ступенях производства применяются разные точные технологии. Так, в помещении осеменения необходимо вовремя получать информацию об успешном осеменении свиноматки.

В свиарнике для опоросов требования к управлению внешней средой особенно высоки. Это вытекает из того, что у свиноматок и поросят сильно различаются потребности в температуре среды: для первых оптимальная температура составляет 15–18°C, для вторых – выше 30°C. Поэтому с помощью систем датчиков в свиарнике регулируют как общую температуру помещения, так и микроклимат в гнезде поросят. Целью производства в свиарнике для опоросов является высокая продуктивность по количеству выращенных поросят, т. е. их низкий отход. Одна из важных причин отхода состоит в том, что свиноматки могут раздавить поросят. Во избежание этого используют, например, датчики, которые регистрируют движение свиноматок и включают вентилятор, воздушный поток которого принуждает поросят отойти от свиноматки.

В свиарнике для выращивания отъемных поросят, в котором животные содержатся в группах в условиях оптимального по потребности

кормления, климат регулируется в соответствии с их возрастом. С его увеличением требования животных к температуре уменьшаются, с учетом этого условия программируются и датчики. Благодаря этому имеется возможность снизить расходы на отопление.

В свиарнике-откормочнике все условия постоянно приспособляются к потребностям растущих свиней.

Так как свиньи в рамках биологических вариаций в одной группе по-разному развиваются и растут, то они достигают убойных кондиций неодновременно. Поскольку срок убоя имеет первостепенное значение, их взвешивают отдельно или определяют другим способом пригодность к убою. В первом варианте помещают электронные весы в свиарнике таким образом, что свиньи попадают в них, например, возле кормушки или по дороге к водопойному корыту. Когда достигнута определенная минимальная масса, свиньи маркируются. Все животные должны нести ушной респондер, благодаря чему возможна их идентификация на весах и введение данных в персональный компьютер.

В другом варианте пригодность к убою определяют на станке, в котором свиньи кратковременно фиксируются. С помощью камер устанавливаются контуры тела свиней, а с помощью специального программного обеспечения оцениваются их убойные кондиции (рис. 12.23).

При интенсивном откорме свиней условия содержания необходимо по возможности лучше приспособлять к их потребностям. Колебания в климате свиарника могут снизить продуктивность животных или вызывать нарушения нормального поведения с серьезными последствиями. Так, например, накопление вредных газов в воздухе помещения (углекислый газ, окись углерода, аммиак и др.) может усиливать агрессивность свиней, результатом чего может стать нанесение ими ран друг другу и даже каннибализм. Такие изменения в поведении животных часто сопровождаются изменениями и в звуках, производимых свиньями. Специальные микрофоны улавливают их при мониторинге стада, можно выделить эти звуки с помощью специального программного обеспечения и сигнализировать о возникающих проблемах.

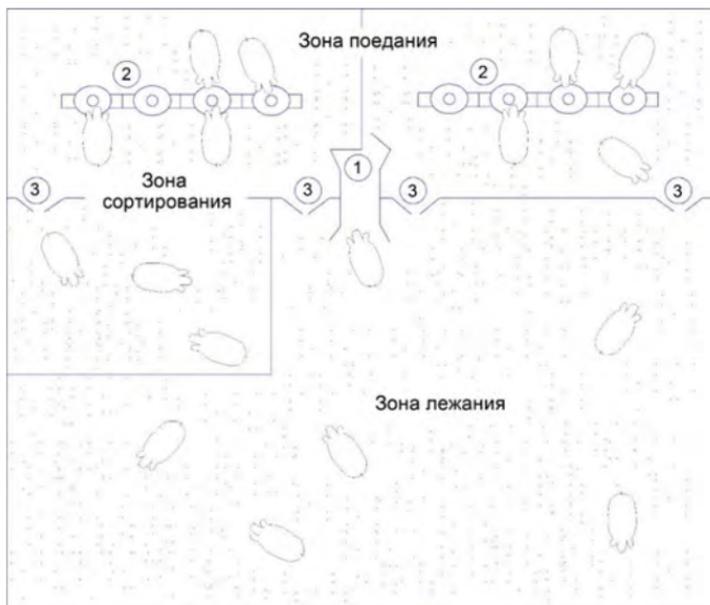


Рисунок 12.23 – Схема системы сортировки свиней с помощью камер (opti-SORT-система):

1 – сортировальный шлюз с камерой; 2 – единицы поедания;  
3 – выходные ворота.

Современное свиноводство организовано по принципу регулярных производственных процессов (циклов). У более крупного поголовья эти циклы короче (1 нед.), у молодняка – длиннее (3 нед.). При цикловом принципе организации работы однотипные работы проводятся с регулярными интервалами (отъем поросят, переведение свиноматок в другие помещения, сдача откормочных свиней на убой и пр.). Такая система имеет преимущества как с точки зрения гигиены животных, так и в смысле организации труда. По принципу «все пусто – все занято» полностью освобождаются целые секции свинарников, после чего производится их очистка и дезинфекция до того, как туда будет помещена новая группа животных. По свинарнику перемещаются роботы и с помощью очистителей высокого давления обрабатывают полы, стены и сооружения.

Для организации производства все чаще используют компьютерные программы управления стадами, которые на основе первичных данных об отдельных животных (сосредоточенных в так называемых планах-дневниках свиноматок) вычисляют показатели продуктивности, анализируют эффективность хозяйствования и дают рекомендации для дальнейших действий (рис. 12.24). Данные об отдельной свиноматке (происхождение, возраст, дата осеменения) затем дополняются в ходе производственного процесса необходимой информацией (число рожденных поросят, число отъемных поросят, перенесенные заболевания, применяемые медикаменты, новая дата осеменения, дата перевода в другие ступени содержания).



*Рисунок 12.24 – Схема связи процессоров между собой и с персональным компьютером с помощью ISOBUS-интерфейсов в единую коммуникативную систему*

Таким образом, о каждом животном можно получить широкую информацию для его оценки с помощью интегрированных программ. Это дает основу для анализа недостатков и принятия решений об их устранении.

## 12.3. Элементы точного птицеводства

### 12.3.1. Система автоматического управления микроклиматом

Надежная система вентиляции является залогом получения хороших результатов при содержании птицы независимо от типа ее содержания.

Идеальный климат в птичниках любого типа обеспечивается благодаря правильному подбору оборудования для приточной и вытяжной вентиляции, а также компьютеру для управления микроклиматом.

Компьютер МС 236 (рис. 12.25) предназначен для поддержания оптимального микроклимата в птичниках любого типа.



Рисунок 12.25 – Компьютер МС 236

Он может регулировать не только температуру и влажность воздуха, но и процессы увлажнения, охлаждения и замачивания помещения перед дезинфекцией. Особенно эффективно применение этого компьютера для использования в больших птичниках-бройлерниках.

Основные характеристики МС 236:

- быстрая и точная установка температуры в помещении до необходимого значения;
- наличие компактной флэш-карты: с ее помощью пользователь может легко устанавливать новые программы, изменять конфигурации по своему усмотрению и сохранять копии всех настроек своего компьютера;
- отображение кривых динамики микроклимата в графическом виде на большом экране;

- доступность ежедневно используемых функций через меню, что обеспечивает простоту обслуживания;
- наличие различных уровней доступа, защищенных паролем: неавторизованные пользователи не могут изменить настройки;
- наличие возможности расширения функций (при необходимости) благодаря модульной конструкции компьютера.

Должна быть обеспечена надежность работы системы вентиляции, поэтому помещения должны быть оснащены системой аварийного открытия.

Система аварийного открытия МС 278 Т (рис. 12.26), регулируемая уровнем температуры, гарантирует сохранность животных при перебоях в подаче электроэнергии или технических неисправностях.



Рисунок 12.26 – Система аварийного открытия МС 278 Т

Температура, при которой срабатывает система аварийного открытия, задается с помощью МС 278 Т вручную. В случае аварии приточные и вытяжные элементы не открываются сразу полностью, их открытие регулируется в зависимости от температуры.

Компьютер микроклимата МС 236 оснащен функцией аварийного открытия, т. е. контролирует систему МС 278 Т и дает сигнал тревоги, когда, например, установлена слишком высокая температура для запуска системы аварийного открытия.

**Приточная вентиляция.** Для стабильного функционирования системы вентиляции на основе разрежения воздуха необходимы соответствующие приточные элементы, включая управление ими. Основные элементы представлены следующими вариантами.

*Приточный стенной клапан CL 1200* (рис. 12.27). Этот универсальный клапан подачи свежего воздуха на этапе строительства монтируется непосредственно в стену. В уже существующих помещениях может быть использован фланцевый клапан. Его изолированная заслонка удерживается в закрытом положении при помощи пружин из нержавеющей стали и герметично «запирает» помещение. Входящий в комплект блок управления обеспечивает одновременное или дифференцированное открытие клапанов.

*Клапаны Baffle и Split-Baffle* часто используются в качестве приточных элементов при клеточном содержании птицы, монтируются по длине помещения. Элементы изготавливаются из пенополистирольных пластин толщиной 40 мм с теплоизолирующим эффектом.



*Рисунок 12.27 – Приточный стенной клапан CL 1200*

При открытом клапане Baffle внешний воздух поступает в помещение под потолком. При высоких внешних температурах чаще используется система Split-Baffle, в этом случае воздух может дополнительно подаваться вниз в помещение.

*Серводвигатель CL 75* (рис. 12.28) регулирует положение приточных стенных клапанов. Имея компактный дизайн, он является очень прочным и не требует специального технического обслуживания.

*Отопление с использованием теплогенераторов JET MASTER.* Поддержание оптимальной температуры в птичнике имеет наибольшее значение для здоровья и продуктивности птицы. Теплогенератор (рис. 12.29) может работать как на природном газе, так и на пропане.

Теплогенератор оснащен предохранителем горения пламени. Встроенный вентилятор обеспечивает дальнобойность струи горячего воздуха, что гарантирует его равномерное распределение в птичнике.

Для эксплуатации этого прибора не нужна дымовая труба, производимое тепло на 100% используется животными.



Рисунок 12.28 – Серводвигатель  
CL 75



Рисунок 12.29 – Теплогенератор  
JET MASTER

**Вытяжная вентиляция.** Создание оптимального микроклимата обеспечивается в том числе системой вентиляции, основа которой – вытяжные элементы, включая вентиляторы.

Вытяжной камин CL 600 имеет аэродинамическую форму и обладает высокой производительностью (рис. 12.30). Камин изготовлен из полипропилена и имеет гладкую грязеотталкивающую поверхность. Самонесущая конструкция плит крыши исключает использование дополнительного подвесного или жесткого крепления. Входящий в комплект поставки встраиваемый вентилятор легко монтируется и поставляется в различных вариантах. Диаметр вытяжного камина составляет 650 мм.



Рисунок 12.30 – Вытяжной камин CL 600

Вытяжные каминны оборудованы серводвигателем, который бесступенчато регулирует их открытие (закрытие). По сравнению с традиционной системой разрежения воздуха в данном случае возможна ежегодная экономия электроэнергии до 70%.

*Вытяжной камин со встроенным вентилятором* (рис. 12.31) изготавливается из полиуретановых труб толщиной 50 мм. Благодаря прочному внутреннему и внешнему покрытию армированным стекловолокном с полиэфиром монтаж встраиваемых вентиляторов выполняется достаточно просто. Приточная воронка и отводящий конус делают возможным осуществлять приток и вытяжку воздуха без потерь.

В зависимости от необходимого уровня воздухообмена поставляются каминны различных размеров (370–920 мм).

Осевые вентиляторы с рамой (рис. 12.32) монтируются в стене или на потолке. Литая стальная рама имеет аэродинамическую форму, алюминиевые лопасти обеспечивают длительный срок службы.

Осевые вентиляторы имеют высокую вытяжную производительность при минимальном потреблении энергии, легко регулируются и имеют низкий уровень шума. Диаметр вентиляторов составляет от 300 до 920 мм.



*Рисунок 12.31 – Вытяжной камин со встроенным вентилятором*



*Рисунок 12.32 – Осевой вентилятор с рамой*

Высокопроизводительный и прочный вентилятор очень большого диаметра AIR MASTER (рис. 12.33) обеспечивает высокий КПД при расходе электроэнергии до 60% и менее по сравнению с вентиляторами меньших размеров. Центробежная система обеспечивает открытие вентилятора без потерь, а в состоянии покоя – надежное закрытие жалюзи.

Компьютерная программа InfoMaTic для графического отображения микроклимата в помещении позволяет представлять в графическом виде следующие его показатели: внутренняя и внешняя температура; влажность воздуха в помещении; процент открытия элементов вытяжной и приточной вентиляции.



*Рисунок 12.33 – Вытяжной вентилятор AIR MASTER*

Помещения открываются при помощи компьютера одним щелчком мыши. Быстро могут быть проанализированы возможные отклонения от нормы и приняты соответствующие меры. Кроме того, существует комбинированная версия программы, контролирующая климат и производство (специально для откорма бройлеров). Для этого дополнительно используется производственный компьютер MC 95.

Примеры систем вентиляции на основе разрежения воздуха приведены на рисунках 12.34, 12.35.

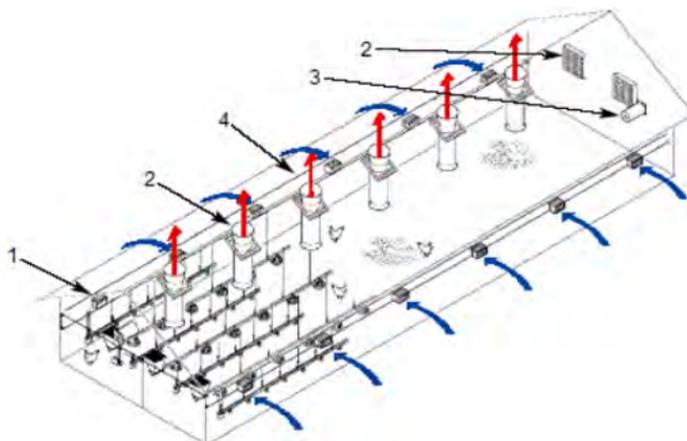
В небольших птичниках для управления системой микроклимата можно использовать компьютер MC 236 (он регулирует работу до трех групп MulTiSTer и имеет подключение к водомеру).

Многоцелевой компьютер Viper позволяет высокопрофессионально управлять микроклиматом на всех участках птичника. Его можно применять для управления всеми распространенными типами вентиляции – боковой, поперечной, тоннельной и комбинированной.

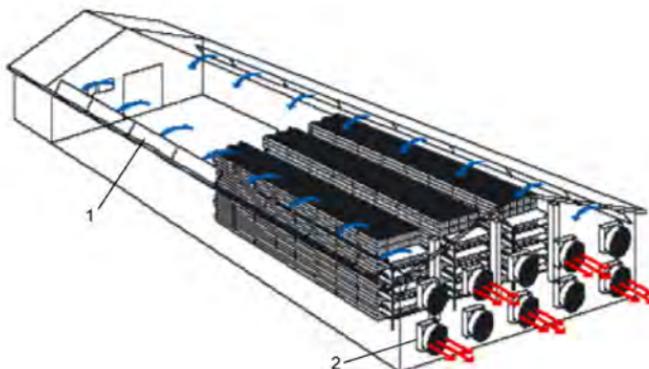
Компьютер управляет приточными и вытяжными вентиляторами в зависимости от температуры воздуха внутри и снаружи птичника с учетом возраста птицы. Это позволяет подавать животным свежий воздух

в оптимальном объеме. Отличительной особенностью Viper является его возможность управлять микроклиматом в трех различных режимах.

Схема системы автоматического управления микроклиматом представлена на рисунке 12.36.



*Рисунок 12.34 – Схема помещения при напольном содержании:  
1 – приточная вентиляция (приточный стенной клапан CL 1200);  
2 – вытяжная вентиляция (вытяжной камин CL 600, AIR MASTER);  
3 – отопление (JET MASTER); 4 – система охлаждения (Fogging Cooler).*



*Рисунок 12.35 – Схема помещения с клеточным содержанием:  
1 – приточная вентиляция (клапан Vaffle); 2 – вытяжная вентиляция (AIR MASTER).*

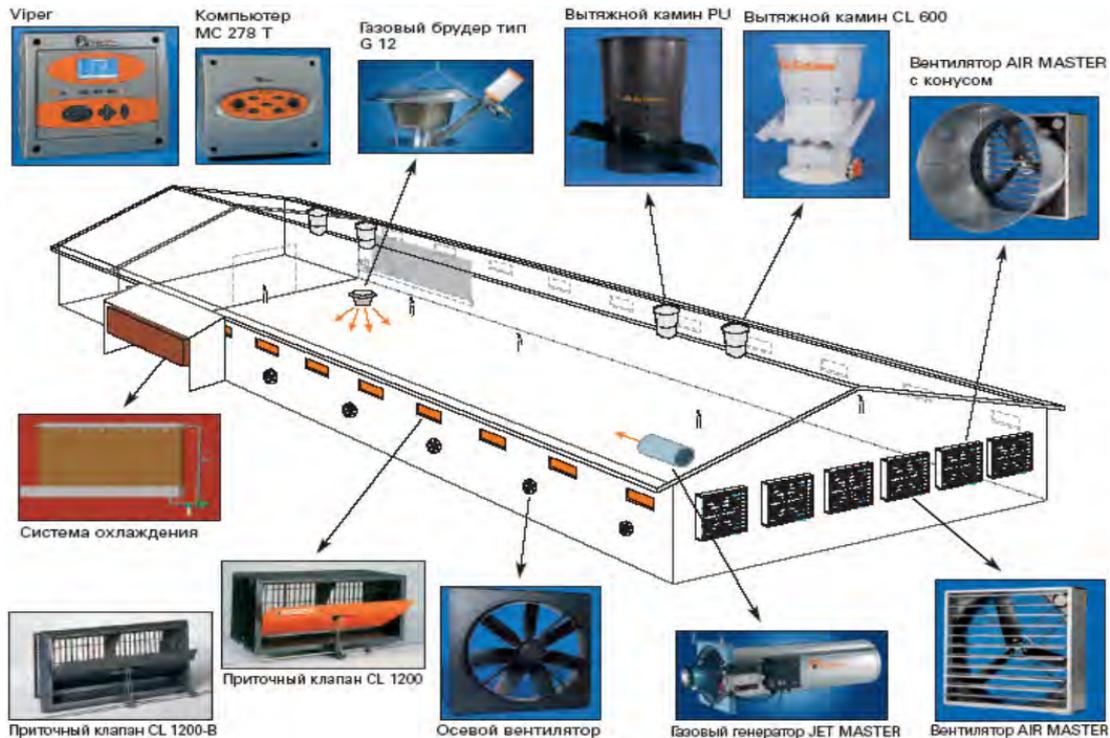


Рисунок 12.36 – Схема системы автоматического управления микроклиматом

### 12.3.2. Система автоматического управления производственным процессом

Модульный компьютер микроклимата и управления производственными процессами Viper (рис. 12.37) используется для поддержания оптимальных климатических условий.

Viper не только регулирует работу системы микроклимата, но и одновременно с этим осуществляет полноценное управление производственными процессами и менеджментом. Компьютер Viper регистрирует все необходимые данные производства, роста, падежа, потребления корма и воды, а также микроклимата, давая пользователю возможность оперативно реагировать на любые изменения условий содержания принятием тех или иных мер. Это, в свою очередь, позволяет повысить продуктивность животных и увеличить рентабельность производства.



Рисунок 12.37 – Система автоматического управления производственным процессом

Функциональные характеристики Viper по управлению производственными процессами:

- регистрация потребления корма (общего, ежедневного и из расчета на 1 гол.) при помощи механических саморазгружающихся и бункерных весов;

- управление целевым кормлением. Позволяет заполнить две емкости одного птичника определенным количеством разного корма, например при кормлении родительского стада бройлеров с отдельным рационом для петушков;

- регистрация расхода воды (общего, ежедневного и из расчета на 1 гол.) при помощи импульсного водомера;

- подключение двух весов для птицы (INCAS или SWING) с целью регистрации массы;

- управление освещением за счет свободно программируемого таймера с функцией рассвет/закат, а также регулирование интенсивности освещения;

- возможно подключение до четырех таймеров различного назначения, к примеру: для включения/выключения воды, зонального освещения, предохранения боя яиц;

- функция паузы позволяет оптимизировать параметры микроклимата относительно процессов;

- функция замачивания, чистки, сушки и подогрева помещения в периоды между заселениями птицы;

- программное обеспечение Viper совместимо с компьютерной программой менеджмента Info-Matik для обработки и отображения параметров микроклимата и производственных данных в виде таблиц и графиков;

- включение аварийной сигнализации при прекращении подачи электроэнергии, при отклонениях в температурных параметрах, показателях по потреблению воды и корма, а также минимальном запасе корма в бункере.

Viper предоставляет возможность использования весов различного типа для регистрации потребления корма, а именно:

- механических саморазгружающихся весов;

- электронных весов для бункера при помощи весового модуля.

Через весовой модуль может быть подключено двое бункерных весов, максимум по 8 тензодатчиков на каждые. Это позволяет контролировать заполненность бункера кормом, а также регистрировать поставки корма.

## **12.4. Тенденции инновационного развития техники для животноводства**

В настоящий момент четко прослеживается основная тенденция – разработка системных решений с использованием результатов развития оптических и сенсорных систем, лазерной и компьютерной техники, спутниковых навигационных систем, датчиков различного назначения и средств беспроводной связи, систем математического анализа и программного обеспечения.

### ***Тенденции в молочном скотоводстве***

Среди основных тенденций развития техники для кормления крупного рогатого скота – разработка и производство разнообразных по конструктивному исполнению и функциональным возможностям машин для приготовления и раздачи кормов.

Это предоставляет сельхозтоваропроизводителям широкие возможности по комплектованию оптимального парка техники для эффективного кормления животных с учетом особенностей каждого конкретного предприятия: размера фермы, уровня развития инфраструктуры и технического оснащения, технологии кормления, используемых кормовых рационов и др.

При этом инновационная деятельность в основном ведется по пути создания кормосмесителей с учетом уровня развития инфраструктуры и размера предприятий, обеспечения высокого качества приготовления смесей и совершенствования автоматизированных систем кормления животных.

В последнее время наблюдается увеличение спроса потребителей на самоходные кормосмесители. Фирмы-изготовители с целью расширения области применения таких кормосмесителей ведут активную работу по повышению их маневренности за счет «трехточечной» конструкции шасси машины.

Одним из приоритетных направлений развития технологической схемы смесителей-кормораздатчиков с учетом различного уровня развития инфраструктуры предприятий является их конструктивное исполнение по модульному принципу.

Доминирующее положение на европейском рынке по-прежнему занимают смесители-кормораздатчики с вертикальной системой измельчения-смешивания. Это обусловлено главным образом тем, что

они обеспечивают высокое качество приготовления кормосмеси с сохранением структуры корма.

Для управления процессом кормления производители разрабатывают программное обеспечение, которое позволяет осуществлять контроль за работой операторов, отслеживать результаты кормления животных по группам, обмениваться данными с внешними консультантами по кормлению в режиме on-line, готовить отчеты по использованию кормовых компонентов и др.

Для решения вопросов приготовления и раздачи сбалансированных по питательности кормосмесей на фермах, где применение смесителей-кормораздатчиков не представляется возможным или неэффективно, разработаны и выпускаются автоматизированные системы кормления животных.

В последнее время получают развитие автоматизированные системы кормления животных, перемещение которых осуществляется не по подвесным направляющим, а в автономном режиме с использованием современных систем управления движением мобильных объектов. При создании конструкции таких роботов за основу были взяты не подвесные роботы-кормораздатчики, а мобильные смесители-кормораздатчики.

Наряду с совершенствованием процесса кормления идет работа по созданию комфортных условий на рабочем месте для обслуживающего персонала доильных залов. В последнее время все чаще используются свободонесущие конструкции стойлового оборудования, которые обеспечивают оператору лучший обзор с рабочего места.

Для снижения затрат труда операторов некоторые доильные залы типа «Карусель» оборудованы роботизированными устройствами для обработки вымени коров. Преимущества устройств очевидны: одно обслуживает всех находящихся на платформе доильной установки коров, средства при обработке расходуются рационально, предусмотрены автоматическая программа промывки и возможность интегрирования в уже работающие доильные залы.

Наиболее высокая эффективность доения на этих установках «Карусель» может быть достигнута при выравнивании стада по строению вымени и скорости молокоотдачи.

Актуальны предложения для использования в доильных залах автоматической руки-манипулятора для надевания доильных стаканов на соски, аналогично применяемым в доильных роботах.

Часто в зоне перегона (принудительного движения животных) для управления процессом доения коров устанавливают селекционные ворота, которые позволяют без проблем сортировать животных и при необходимости отделять их от группы.

Концепция конструктивного исполнения доильных роботов несколько изменилась. На рынке предлагаются автоматизированные установки четырех типов: состоящие из одного доильного бокса, обслуживаемого одной рукой-манипулятором; включающие в себя два параллельно установленных доильных бокса, обслуживаемых размещенной между ними одной рукой-манипулятором; выполненные в виде модуля с двумя сблокированными параллельными доильными боксами, обслуживаемыми одной рукой-манипулятором; состоящие из нескольких доильных боксов, смонтированных один за другим (тандемного типа) и обслуживаемых одной рукой-манипулятором. Наибольшее распространение получили однокорпусные доильные роботы.

Один из примеров внедрения технологии «Цифровая ферма» – автономная бирка с радиомодулем NB-IoT, которая позволяет в реальном времени контролировать ситуацию в загоне (индивидуальные показатели и групповую динамику), выявлять опасность в контролируемых зонах и немедленно информировать сотрудников о потенциальных опасностях (рис. 12.38).

Главная тенденция, выявленная в результате анализа информационных материалов, – разработка системных решений, позволяющих создать надежные коммуникационные связи между всеми элементами фермы и обеспечить их согласованную и эффективную работу.

Всевозможные датчики в качестве многофункционального инструмента для управления стадом поставляют информацию в рамках проактивного менеджмента здоровья животных, а также для оптимизации режимов и параметров работы оборудования. Современные решения в менеджменте животноводства представляют собой гибкую систему, в составе которой машины и средства контроля работают под управлением специальной программы в согласованном режиме, обеспечивая эффективное выполнение отдельной операции или процесса в целом. Они гарантируют индивидуальный подход к каждому животному, который позволяет получать высокие результаты, увеличивать период продуктивного использования животного и снижать внутрихозяйственные риски.



Рисунок 12.38 – Пример одного из решений «Цифровая ферма»

### ***Тенденции в свиноводстве***

Важным аспектом в содержании становится зонирование станочной площади. Обязательным является наличие мест для отдыха свиноматок и площади для перемещения остальных животных к местам поения, кормления, зоне дефекации и местам общения со свиноматками в смежных станках. Каждая свиноматка имеет индивидуальные кормовое место и бокс для отдыха. Остальная площадь станка предназначена для их перемещения при моционе или к местам поения или дефекации.

В откормочных свинарниках перспективным направлением остается содержание животных большими группами, которое характеризуется меньшей стоимостью строительных и трудовых затрат. Хотя в больших группах получают более низкие производственные результаты, чем в малых, но необходимость выполнения новых требований, касающихся благополучия животных, обуславливает перспективность такого способа содержания свиней.

Новые законодательные условия определяют и новые требования к применяемому в свиноводстве оборудованию, которое должно обеспечить большую свободу перемещения животных (применение групповых станков со станциями самокормления, индивидуальных станков с самооткрывающимися дверцами в сочетании с зоной группового содержания). Актуален и вопрос совершенствования кормораздаточного оборудования, который определен необходимостью использования его для кормления разных половозрастных групп свиней.

### ***Тенденции в птицеводстве***

Производители оборудования больше концентрируются на совершенствовании напольных систем содержания кур-несушек и родительского стада. Оно направлено на решение проблем обеспечения безопасности птицы, адаптации оборудования к ее изменяющимся размерам, чистоты яиц, отлова птицы, осушения подстилки. Совершенствование клеточных систем предполагает улучшение регулировки натяжения ленточных транспортеров сбора яиц и уборки помета.

Объявлен переход на энергосберегающие системы освещения. Успехи в области светодиодных технологий позволяют как организовать системы освещения для больших помещений, так и решать конкретные технологические задачи: регулировать свет при отлове птицы,

интенсивность освещения в помещении (создание сумеречного периода). Специально для предприятий малого бизнеса предлагаются мобильные птичники для кур-несушек и откармливаемого поголовья, рассчитанные на содержание до 2000 гол. и доступные практически для любого бюджета. Эти птичники создают максимально комфортные условия для птицы, соответствующие современным требованиям.

Производители оборудования для содержания птицы совершенствуют альтернативные системы (прежде всего многоярусные вольерные) для родительского поголовья и откорма, повышают надежность отдельных узлов и систем оборудования.

### ***Вопросы для самопроверки***

1. Элементы точного молочного скотоводства.
2. Электронная идентификация животных.
3. Автоматизированные и роботизированные системы доения.
4. Система электронного управления производственным процессом.
5. Автоматизированные системы управления технологическими процессами в молочном животноводстве.
6. Элементы точного свиноводства.
7. Элементы точного птицеводства.
8. Тенденции инновационного развития техники для точного животноводства.

## **13. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТОЧНОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

### **13.1. Цифровая экономика**

Эксперты предполагают, что благодаря технологиям точного земледелия, основанным на Интернете вещей (Internet of Things, IoT, глобальная концепция взаимодействия различных устройств и обмена информацией, посредством интернет-сети), может последовать всплеск урожайности такого масштаба, какого не было даже во времена появления тракторов, изобретения гербицидов и генетически измененных семян.

Цифровизация и автоматизация максимального количества сельскохозяйственных процессов – необходимое звено в стратегии развития крупнейших агропромышленных и машиностроительных компаний в мире.

Приоритетными для инвесторов крупных АПК в мире, по данным международной компании J'son & Partners Consulting, являются следующие секторы рынка:

- большие данные и аналитика;
- продукты питания и безопасность;
- биотехнологии;
- аппаратные средства оптимизации;
- датчики, сенсоры, средства связи.

Рост доли цифровой экономики в ВВП стран G20 показан на рисунке 13.1. Доля цифровой экономики в ВВП России составляет 2,8%, что в 4,4 раза меньше, чем в Великобритании, 2,5 раза – чем в Китае и 2 раза – чем в США (по данным The Boston Consulting Group и Минсельхоза РФ). По прогнозам, ВВП развитых стран к 2020 г. может вырасти за счет цифровой экономики на 1,8%, а развивающихся – на 3,4%.

Количество приобретенных организациями России новых технологий и программных средств в 2016 г. увеличилось по сравнению с 2010 г. в 3 раза.

Внедрение новых технологий является ключевым фактором роста производства и прибыльности экономических секторов (рис. 13.2).

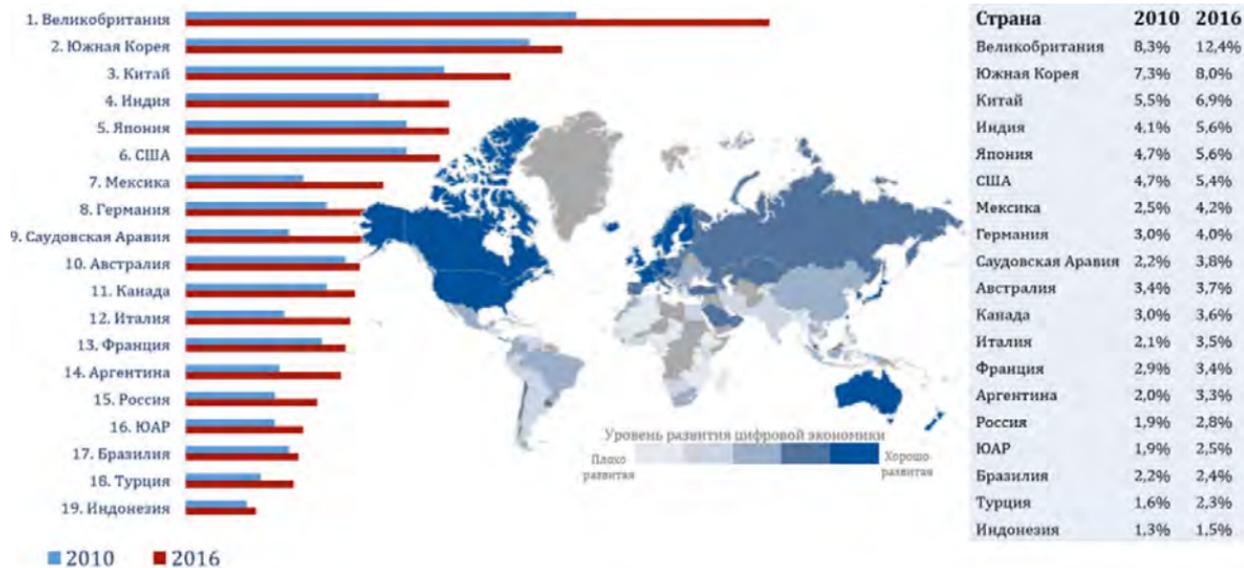


Рисунок 13.1 – Рост доли цифровой экономики в ВВП стран G20 в 2010 и 2016 гг.

Количество приобретенных организациями новых технологий и программных средств, ед.



Структура приобретенных СХТП новых технологий и программных средств в 2016 г., ед.



Объем отгруженных инновационных товаров, работ, услуг включает продукцию, произведенную на основе разного рода технологических инноваций, млрд руб.



Структура отгруженных инновационных товаров, работ, услуг включает продукцию, произведенную на основе разного рода технологических инноваций в 2016 г., млрд руб.



Рисунок 13.2 – Уровень использования цифровых технологий в России (по данным Росстата и Минсельхоза РФ)

Объем отгруженных инновационных товаров (работ, услуг), произведенных на основе разного рода технологических инноваций, вырос на 3120 млрд руб.

Внедрение технологий цифровой экономики, по данным Аналитического центра Минсельхоза РФ, обеспечивает получение положительного экономического эффекта и позволяет снизить затраты при комплексном подходе не менее чем на 23%.

При несбалансированном использовании семенного потенциала, средств защиты растений, мощностей машинно-тракторного парка, новых технологий утрачивается до 40% урожая.

За счет внедрения цифровых технологий общий прирост продукции сельского хозяйства может составить 361,4 млрд руб. (рис. 13.4).

Фактический объем продукции растениеводства в 2017 г. составил 3033,2 млрд руб., этот показатель с применением цифровых технологий – 3227,1 млрд руб. Ожидаемый прирост продукции растениеводства за счет внедрения цифровых технологий составляет 193,9 млрд руб.

В Российской Федерации около 112,9 тыс. IT-специалистов в отрасли сельского хозяйства, или 2,4% от всего населения, занятого в сельском хозяйстве, т. е. на 1000 чел. приходится примерно один IT-специалист (рис. 13.5). Для достижения такого показателя, как у стран-лидеров (США, Германия, Великобритания), России необходимо еще 90 тыс. таких специалистов в сельском хозяйстве.

По данным Росстата, в 2017 г. размер инвестиций в информационно-коммуникационные технологии составил 3,6 млрд руб., или 0,5% от общего объема инвестиций в основной капитал. Это самый низкий показатель по отрасли, что свидетельствует о невысоком уровне цифровизации отечественного АПК и конкурентном преимуществе иностранных товаропроизводителей.

Показатели потенциала цифровой экономики в АПК России представлены на рисунке 13.6.



Рисунок 13.3 – Снижение затрат до и после внедрения технологий цифровой экономики (по данным Аналитического центра Минсельхоза РФ)



Рисунок 13.4 – Снижение затрат до и после внедрения технологий цифровой экономики (Росстат, Аналитический центр Минсельхоза РФ)



Рисунок 13.5 – Доля IT-специалистов в сельском хозяйстве от общего количества работников АПК (по данным Аналитического центра Минсельхоза РФ)



Рисунок 13.6 – Затраты до и после внедрения цифровой экономики (по данным Минсельхоза РФ)

Средняя себестоимость производства зерновых культур составляет 6579,5 руб./т, а после внедрения цифровой экономики – 5066,2 руб./т (экономия около 30%).

Сельское хозяйство России с 2013 г. показывает в целом почти непрерывный рост в условиях рецессии и «войны санкций» (рис. 13.7, 13.8).



Рисунок 13.7 – Темпы увеличения производства сельхозпродукции в России



Рисунок 13.8 – Структура роста показателей агроотрасли

На фоне рекордных урожаев в 2017 г. наблюдается устойчивая тенденция снижения качества зерна (по данным Минсельхоза РФ и Центра оценки качества зерна, рисунок 13.9).

По третьему классу зерна снижение в два раза, по четвертому и пятому – повышение на 13,5 и 11,3% соответственно.



Рисунок 13.9 – Рекордные урожаи зерновых и зернобобовых в СССР и России

Сравнивая качество зерна за 2012 и 2017 гг., надо отметить, что при валовом сборе 70,9 и 134 млн т соответственно доля зерна III класса снизилась с 49,8% в 2012 г. до 24,8 в 2017 г., IV – повысилась с 30,1 до 43,6%, а V – с 20,1 до 31,4%.

По данным ФАО ООН, нераскрытый потенциал урожайности сельхозкультур составляет около 30% (рис. 13.10).



Рисунок 13.10 – Потенциал урожайности культур

В рейтинге стран по уровню инноваций в сельском хозяйстве Global Innovation Index-2017 Россия находится на 45-м месте из 127 (минус две позиции в 2017 г. по отношению к 2016 г.).

Удельный вес инновационной продукции в общем объеме отгруженных товаров и выполненных работ в сельском хозяйстве (по данным НИУ ВШЭ): Испания – 12,7%; Дания – 11,6%; Нидерланды – 9,2%; Россия – 1,4%.

Элементы Интернета вещей уже используют 0,05–5% сельхозпроизводителей России (Агрофизический НИИ). Для сравнения: в США – до 60%, в ЕС – до 80%.

В той или иной степени решения, связанные с точным земледелием, используют около 8–10% российских агрохозяйств, холдингов и ферм.

Согласно опросам, самыми ходовыми инновациями среди американских фермерских хозяйств являются (J'son & Partners Consulting):

- сбор и анализ проб почвы (используют 90% респондентов);
- карты урожайности, мониторы урожайности, навигационные GPS-системы (порядка 80%);
- технологии дифференцированного внесения удобрений и предписывающие карты (60%);
- спутниковые снимки и анализ вегетативного индекса растений (30%).

По данным Аналитического центра Минсельхоза РФ, в 2017 г. использование цифровых платформ возросло на 11%.

В России в сфере точного земледелия в последнее время активнее всего использовались системы параллельного вождения, информатизации и мониторинга, картирования урожайности и дифференцированного внесения удобрений. Многие агрохолдинги и фермерские хозяйства переходят на создание электронных карт полей.

Системы параллельного вождения способствуют повышению общей производительности машин и качества их работы. Например, использование в темное время суток техники, оснащенной этими элементами, позволяет минимизировать огрехи и снизить воздействие человеческого фактора при условии, что ею должны управлять высококвалифицированные механизаторы и агрономы. В результате применения этих технологий сокращаются издержки на топливо, семена, удобрения, средства химической защиты агрокультуры.

К преимуществам от применения дифференцированного внесения удобрений можно отнести экономию удобрений, снижение экологической нагрузки на почву, повышение урожайности сельхозкультур и качества урожая, сохранение и повышение плодородия почвы, а также снижение расхода топлива.

Освоение технологии точного земледелия – это возможность внедрения новых форм управления производством и уменьшения влияния человеческого фактора, более эффективного использования сельхозтехники и, самое главное, – сокращения затрат на производство продукции, семена, удобрения, ядохимикаты, а также повышения урожайности агрокультур.

Максимизация урожая, финансовых выгод и минимизация вложений капитала, воздействия на окружающую среду являются главными драйверами внедрения точного земледелия не только в России, но и во всем мире (рис. 13.11).



Рисунок 13.11 – Пример комплексного использования новых технологий

Проблемы цифровой экономики в АПК (Аналитический центр Минсельхоза РФ):

– низкий уровень охвата цифровыми технологиями сельскохозяйственного производства и сельской местности (уровень цифровизации – менее 10%), слабое покрытие сетями передачи данных;

– недостаток и неполнота информации о существующих и разрабатываемых цифровых технологиях;

– недостаточное нормативное закрепление правовых основ, обеспечивающих координацию и межведомственное взаимодействие при сборе информации и внедрении цифровых технологий в сельском хозяйстве;

– отсутствие программ, способствующих внедрению (субсидирующих затраты на производство) цифровизации АПК для малых и средних сельскохозяйственных товаропроизводителей, в том числе ЛПХ;

– отсутствие правовых оснований для взаимодействия и сбора информации о ведении сельскохозяйственной деятельности хозяйствами населения (ЛПХ) и связанная с этим ограниченная возможность поддержки их деятельности;

– низкая маржинальность (развивающийся сегмент) отрасли – непривлекательность для технологического и инфраструктурного инвестора.

Предложения Минсельхоза РФ по разработке (внесению изменений) в законодательные и нормативные правовые акты в сфере цифровой экономики АПК:

– в рамках реализации Федерального закона «О развитии сельского хозяйства» предусмотреть финансирование мероприятий по переподготовке кадров в связи с высвобождением трудовых ресурсов и подготовке кадров для сбора и управления данными с помощью устройств Интернет вещей;

– увеличить финансирование строительства инфраструктуры антенно-мачтовых сооружений и иных инфокоммуникационных объектов для обеспечения покрытия сельских территорий сетями передачи данных;

– рассмотреть возможность льготного предоставления (субсидирования затрат) земель для размещения инфокоммуникационных объектов;

– предусмотреть возможность финансирования разработок, развивающих беспроводные технологии для построения сетей доступа для устройств интернета вещей;

– предусмотреть возможность финансирования разработок, обеспечивающих безопасность формирования, хранения и передачи данных в области Интернета вещей;

- предусмотреть финансирование продвижения новых отечественных цифровых решений и защиты интеллектуальных прав;
- предусмотреть возможность принятия мер государственной поддержки на внедрение (капитальный ремонт и модернизацию) новых цифровых технологий в технологических цепочках производства и реализации продовольствия;
- увеличить финансирование мероприятий по созданию агропарков для поддержки локализации сборки и производства необходимого иностранного оборудования;
- предусмотреть принятие и финансирование мероприятий в рамках распоряжения Правительства РФ «Об утверждении системы государственного информационного обеспечения в сфере сельского хозяйства Российской Федерации» на срок не менее пяти лет.

### **13.2. Использование элементов точного сельского хозяйства в России**

Для формирования научно обоснованного прогноза необходима информация о хозяйствах РФ, использующих новые технологии.

В связи с этим центром прогнозирования и мониторинга Кубанского ГАУ совместно с Департаментом научно-технологической политики и образования Минсельхоза РФ в 2018 г. организован через региональные органы управления сбор статистической информации по использованию элементов точного сельского хозяйства.

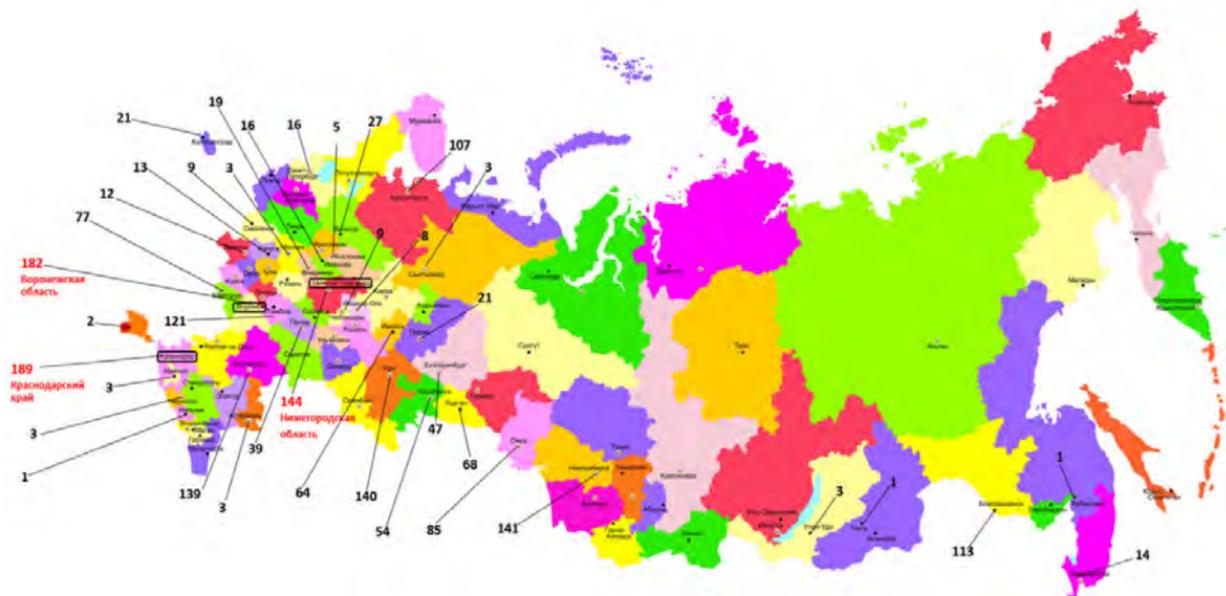
Рейтинги составлены на основе данных, полученных из 52 регионов, и достоверность полученных результатов обусловлена прежде всего достоверностью представления информации региональными органами.

При анализе учитывалось следующее:

- количество хозяйств в регионе (по районам) с указанием их названия, площади и используемых элементов точного сельского хозяйства (земледелия и животноводства);
- количество сотрудников (по районам), прошедших повышение квалификации по направлению «Точное сельское хозяйство».

Если в хозяйстве используется хотя бы один из элементов, то данное хозяйство учитывалось при подсчете.

На рисунке 13.12 представлена география хозяйств, использующих элементы точного земледелия (используется в 40 регионах, 1930 хозяйствах на площади 12,5 млн га).



*Рисунок 13.12 – Количество хозяйств в регионах (по результатам анализа 52 регионов), использовавших элементы точного земледелия в 2018 г.*

По результатам анализа использования элементов точного земледелия (табл. 13.1) в лидерах находятся Краснодарский край (189 хозяйств), Воронежская область (182 хозяйства), Нижегородская область (144 хозяйства). Конкурируют по показателю общей площади, на которой используются элементы точного земледелия (табл. 13.2) Воронежская область (1129 тыс. га), Краснодарский край (963 тыс. га), Омская область (921 тыс. га).

Большая часть экспертов считают, что точное земледелие в классическом понимании связано прежде всего с дифференцированным внесением удобрений. Среди лидеров по использованию этой технологии (табл. 13.3) можно выделить Краснодарский край (54 хозяйства), Воронежскую область (51 хозяйство), Белгородскую область (30 хозяйств).

*Таблица 13.1 – Количество хозяйств, использующих элементы точного земледелия в регионах России*

Регион	Количество хозяйств
<b>Краснодарский край</b>	<b>189</b>
<b>Воронежская область</b>	<b>182</b>
<b>Нижегородская область</b>	<b>144</b>
Новосибирская область	141
Республика Башкортостан	140
Волгоградская область	139
Тамбовская область	121
Амурская область	113
Архангельская область	107
Омская область	85
Белгородская область	77
Курганская область	68
Удмуртская Республика	64
Челябинская область	54
Свердловская область	47
Пензенская область	39
Вологодская область	27
Калининградская область	21
Пермский край	21
Владимирская область	19
Республика Марий Эл	18
Ивановская область	16
Ленинградская область	16
Приморский край	14
Калужская область	13
Брянская область	12
Смоленская область	9
Чувашская Республика	9
Костромская область	5
Карачаево-Черкесская Республика	3
Республика Адыгея	3

Продолжение табл. 13.1

Регион	Количество хозяйств
Московская область	3
Астраханская область	3
Республика Бурятия	3
Республика Крым	2
Кабардино-Балкарская Республика	1
Забайкальский край	1
Хабаровский край	1
Еврейская автономная область	–
Кемеровская область	–
Магаданская область	–
Мурманская область	–
Ненецкий автономный округ	–
Новгородская область	–
Республика Ингушетия	–
Республика Калмыкия	–
Ростовская область	–
Севастополь	–
Чеченская Республика	–

Таблица 13.2 – Площадь, на которой используются элементы точного земледелия, по регионам России

Регион	Общая площадь, га
<b>Воронежская область</b>	<b>1129164</b>
<b>Краснодарский край</b>	<b>962981</b>
<b>Омская область</b>	<b>921293</b>
Тюменская область	909500
Белгородская область	901513
Новосибирская область	876972
Республика Башкортостан	859507
Амурская область	793169
Тамбовская область	750318
Волгоградская область	746580
Курганская область	510803
Нижегородская область	478725
Пензенская область	406141
Челябинская область	335541
Республика Коми	303297
Удмуртская Республика	233646
Свердловская область	214950
Калининградская область	187413
Вологодская область	110364
Республика Марий Эл	107127
Приморский край	94409
Пермский край	88972
Смоленская область	77693
Калужская область	72385
Владимирская область	70271
Республика Саха (Якутия)	45845
Брянская область	35013
Ивановская область	33905
Ленинградская область	27958
Кабардино-Балкарская Республика	27181
Забайкальский край	26057
Чувашская Республика	25364

Продолжение табл. 13.2

Регион	Общая площадь, га
Карачаево-Черкесская Республика	15170
Республика Адыгея	11641
Республика Крым	7853
Московская область	7160
Костромская область	5883
Астраханская область	6311
Республика Бурятия	3137
Хабаровский край	3000
Еврейская автономная область	–
Кемеровская область	–
Магаданская область	–
Мурманская область	–
Ненецкий автономный округ	–
Новгородская область	–
Республика Ингушетия	–
Республика Калмыкия	–
Ростовская область	–
Севастополь	–
Чеченская Республика	–

Таблица 13.3 – Количество хозяйств в регионах, использующих дифференцированное внесение удобрений

Регион	Количество хозяйств, использующих	
	элементы точного земледелия	дифференцированное внесение удобрений
<b>Краснодарский край</b>	<b>189</b>	<b>54</b>
<b>Воронежская область</b>	<b>182</b>	<b>51</b>
<b>Белгородская область</b>	<b>77</b>	<b>30</b>
Волгоградская область	139	19
Новосибирская область	141	9
Курганская область	68	8
Пензенская область	39	7
Тамбовская область	121	6
Вологодская область	27	4
Калининградская область	21	4
Приморский край	14	4
Пермский край	21	3
Владимирская область	19	3
Ленинградская область	16	3
Карачаево-Черкесская Республика	3	3
Удмуртская Республика	64	2
Челябинская область	54	2
Свердловская область	47	2
Ивановская область	16	2
Астраханская область	3	2
Тюменская область	–	2
Архангельская область	107	1
Московская область	3	1
Республика Адыгея	3	1
Нижегородская область	144	0
Республика Башкортостан	140	0
Омская область	85	0

Продолжение табл. 13.3

Регион	Количество хозяйств, использующих	
	элементы точного земледелия	дифференцированное внесе- ние удобрений
Республика Марий Эл	18	0
Смоленская область	9	0
Чувашская Республика	9	0
Республика Бурятия	3	0
Республика Крым	2	0
Хабаровский край	1	0
Республика Коми	–	0
Республика (Саха Якутия)	–	0
Еврейская автономная область	–	–
Кемеровская область	–	–
Магаданская область	–	–
Мурманская область	–	–
Ненецкий автономный округ	–	–
Новгородская область	–	–
Республика Ингушетия	–	–
Республика Калмыкия	–	–
Ростовская область	–	–
Севастополь	–	–
Чеченская Республика	–	–

На рисунке 13.13 представлена география хозяйств, использующих элементы точного животноводства (используется в 35 регионах, 789 хозяйствах с общим поголовьем 1,7 млн КРС).

По количеству хозяйств, использовавших элементы точного животноводства (табл. 13.4), доминируют Свердловская область (83 хозяйства), Республика Башкортостан (68 хозяйств), Удмуртская Республика (67 хозяйств); по поголовью КРС (табл. 13.5) – Омская область (218 тыс.), Свердловская область (151 тыс.), Воронежская область (119 тыс.).

По повышению квалификации работников в области точного животноводства лидируют Забайкальский край (35 хозяйств), Новосибирская область (29 хозяйств), Краснодарский край (20 хозяйств); Республика Башкортостан (500 человек), Забайкальский край (479 человек), Тамбовская область (209 человек) – таблицы 13.6 и 13.7.

Проанализируем географию районов Краснодарского края, хозяйства которых используют элементы точного земледелия (рис. 13.14).

В результате анализа определено, что около 156 хозяйств используют параллельное вождение, 94 – спутниковый мониторинг транспортных средств, 83 – определение границ полей (рис. 13.15).



*Рисунок 13.13 – Количество хозяйств в регионах (по результатам анализа 46 регионов), использовавших элементы точного животноводства в 2018 г.*

Таблица 13.4 – Количество хозяйств, использующих элементы точного животноводства по регионам России

Регион	Количество хозяйств
<b>Свердловская область</b>	<b>83</b>
<b>Республика Башкортостан</b>	<b>68</b>
<b>Удмуртская Республика</b>	<b>67</b>
Пермский край	50
Нижегородская область	42
Краснодарский край	41
Калужская область	41
Курганская область	37
Владимирская область	31
Ленинградская область	31
Новосибирская область	29
Воронежская область	26
Тюменская область	25
Вологодская область	23
Чувашская Республика	23
Челябинская область	22
Архангельская область	21
Ростовская область	19
Республика Бурятия	15
Белгородская область	12
Амурская область	12
Ивановская область	12
Пензенская область	10
Костромская область	10
Республика Саха (Якутия)	8
Калининградская область	5
Республика Крым	5
Тамбовская область	4
Приморский край	4
Смоленская область	3
Республика Коми	3
Карачаево-Черкесская Республика	3
Московская область	2
Хабаровский край	1
Магаданская область	1
Еврейская автономная область	–
Кабардино-Балкарская Республика	–
Кемеровская область	–
Мурманская область	–
Ненецкий автономный округ	–
Новгородская область	–
Республика Ингушетия	–
Республика Калмыкия	–
Севастополь	–
Чеченская Республика	–

Таблица 13.5 – Поголовье КРС в хозяйствах, использующих элементы точного животноводства по регионам России

Регион	Поголовье
<b>Омская область</b>	<b>218 054</b>
<b>Свердловская область</b>	<b>151 250</b>
<b>Воронежская область</b>	<b>119 363</b>
Республика Башкортостан	95 389
Забайкальский край	93 812
Удмуртская Республика	87 784
Краснодарский край	78 330
Новосибирская область	77 589
Тюменская область	75 991
Калининградская область	74 906
Владимирская область	69 578
Вологодская область	69 312
Ленинградская область	64 978
Нижегородская область	46 991
Калужская область	40 882
Ростовская область	34 853
Пензенская область	34 530
Архангельская область	33 640
Белгородская область	33 107
Курганская область	30 833
Челябинская область	23 492
Чувашская Республика	23 411
Республика Бурятия	21 298
Амурская область	16 944
Пермский край	16 066
Ивановская область	10 845
Республика Крым	9 794
Республика Саха (Якутия)	4 395
Смоленская область	4 211
Приморский край	3 743
Тамбовская область	2 771
Республика Коми	2 628
Карачаево-Черкесская Республика	2 536
Московская область	1 878
Хабаровский край	1 100
Магаданская область	–
Еврейская автономная область	–
Кабардино-Балкарская Республика	–
Кемеровская область	–
Мурманская область	–
Ненецкий автономный округ	–
Новгородская область	–
Республика Ингушетия	–
Республика Калмыкия	–
Севастополь	–
Чеченская Республика	–

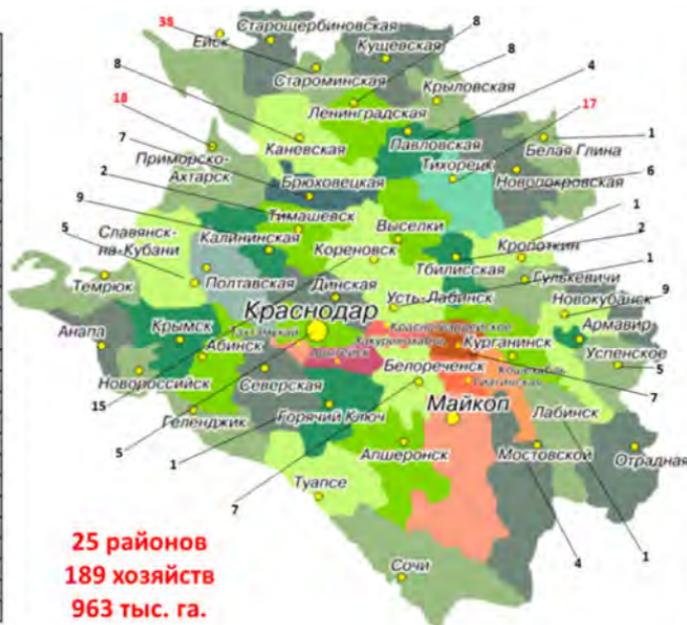
*Таблица 13.6 – Количество хозяйств, сотрудники которых прошли обучение в области точного сельского хозяйства*

Регион	Количество хозяйств
<b>Забайкальский край</b>	<b>35</b>
<b>Новосибирская область</b>	<b>29</b>
<b>Краснодарский край</b>	<b>20</b>
Воронежская область	18
Тамбовская область	17
Удмуртская Республика	12
Белгородская область	9
Республика Саха (Якутия)	9
Вологодская область	8
Владимирская область	4
Республика Крым	3
Ивановская область	3
Калининградская область	2
Ленинградская область	2
Архангельская область	2
Волгоградская область	2
Пермский край	2
Нижегородская область	1
Кабардино-Балкарская Республика	1
Костромская область	1
Челябинская область	1

*Таблица 13.7 – Количество сотрудников, повысивших квалификацию в области точного сельского хозяйства*

Регион	Количество человек
<b>Республика Башкортостан</b>	<b>500</b>
<b>Забайкальский край</b>	<b>479</b>
<b>Тамбовская область</b>	<b>209</b>
Воронежская область	201
Краснодарский край	190
Калужская область	185
Новосибирская область	127
Белгородская область	88
Вологодская область	71
Республика Крым	34
Республика Саха (Якутия)	29
Удмуртская Республика	22
Владимирская область	9
Калининградская область	7
Нижегородская область	7
Ивановская область	5
Ленинградская область	4
Архангельская область	4
Волгоградская область	4
Пермский край	4
Кабардино-Балкарская Республика	1
Костромская область	1
Челябинская область	1

Район	Количество хозяйств
<b>Староминский</b>	<b>38</b>
<b>Приморско-Ахтарский</b>	<b>18</b>
<b>Тихорецкий</b>	<b>17</b>
<b>Кореновский</b>	<b>15</b>
<b>Новокубанский</b>	<b>9</b>
Калининский	9
Каневской	8
Ленинградский	8
Крыловской	8
Брюховецкий	7
Курганинский	7
Белореченский	7
Новопокровский	6
Славянский	5
Успенский	5
Краснодар	5
Павловский	4
Мостовской	4
Тбилисский	2
Тимашевский	2
Усть-Лабинский	1
Лабинский	1
Белоглинский	1
Горячий Ключ	1
Кавказский	1



Район	Площадь, га
<b>Каневской</b>	<b>90100</b>
<b>Новокубанский</b>	<b>85731</b>
<b>Кореновский</b>	<b>83003</b>
<b>Староминский</b>	<b>69646</b>
<b>Тихорецкий</b>	<b>66322</b>
Славянский	64923
Калининский	63582
Брюховецкий	57592
Приморско-Ахтарский	48280
Ленинградский	45946
Усть-Лабинский	45000
Успенский	35818
Павловский	27457
Тбилисский	26000
Курганинский	23318
Крыловской	22304
Лабинский	20000
Новопокровский	19898
Белореченский	15935
Мостовской	14986
Тимашевский	14941
Краснодар	13139
Белоглинский	4282
Горячий Ключ	3000
Кавказский	1778

Рисунок 13.14 – Количество хозяйств Краснодарского края, использующих элементы точного земледелия

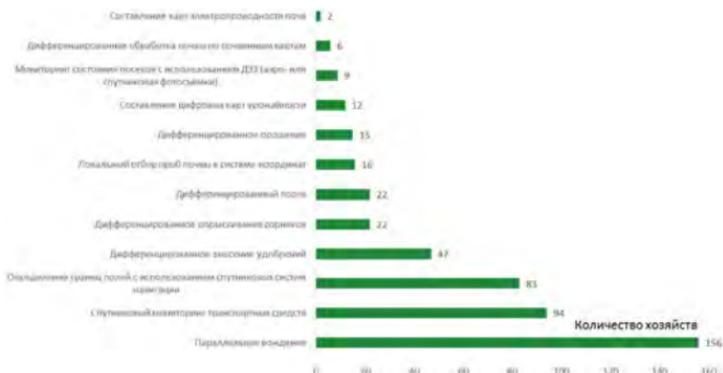


Рисунок 13.15 – Использование элементов точного земледелия хозяйствами Краснодарского края

Районы Краснодарского края, хозяйства которых используют элементы точного животноводства, отображены на рисунке 13.16.



Рисунок 13.16 – Хозяйства Краснодарского края, использующие элементы точного животноводства (по количеству хозяйств и поголовью)

В результате анализа используемых этими хозяйствами элементов ТЖ определено, что в 33 хозяйствах есть электронная база данных производственного процесса, 29 применяют идентификацию и мониторинг отдельных животных в рамках современных технологий, 21 – мониторинг состояния здоровья стада (рис. 13.17).



*Рисунок 13.17 – Использование элементов точного животноводства хозяйствами Краснодарского края*

### 13.3. Экспертный опрос

На базе ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина» создан Центр прогнозирования и мониторинга научно-технологического развития в области технологий точного сельского хозяйства как постоянно действующая коммуникационная площадка для взаимодействия вузов, научных организаций и компаний соответствующего профиля.

Для мониторинга и прогнозирования в 2016 г. сформирована сеть экспертов из 65 человек (63% из научного и образовательного сообщества, 17% – из бизнеса, 14% – из сферы производства и 6% – из административных органов (рис. 13.18).



Рисунок 13.18 – Сеть экспертов Центра прогнозирования и мониторинга в 2016 г.

География сети экспертов (рис. 13.19) включала 16 регионов – Краснодарский (22), Ставропольский (1) края; Воронежская (4), Иркутская (1), Курганская (1), Московская (3), Орловская (2), Пензенская (2), Ростовская (11), Рязанская (1), Самарская (1), Тамбовская (2), Тюменская (1), Ярославская (1), Новосибирская (2) области; Кабардино-Балкарская Республика (2); г. Москва (5); г. Санкт-Петербург (1); Нинбург (Германия, 1).



*Рисунок 13.19 – География сети экспертов Центра прогнозирования и мониторинга в 2016 г.*

Подготовлена анкета, содержащая 26 тест-вопросов. С каждым экспертом проведено анкетирование или интервьюирование.

Использование систем точного сельского хозяйства в РФ, по мнению экспертов, находится, несмотря на существующую текущую экономическую и политическую ситуацию, на прежнем уровне (42%) или повысилось (42%), рисунок 13.20а.

Основные проблемы развития точного сельского хозяйства в РФ большая часть экспертов связывает с отсутствием государственной программы (32%); с тем, что отечественная промышленность практически не занимается производством таких систем (25%) и существует недостаток квалифицированных специалистов (22%), рисунок 13.20б.

Основные причины сдержанного отношения руководителей и главных специалистов предприятий к технологиям точного сельского хозяйства связывают со значительным дефицитом информации об их преимуществах (33%) и высокой стоимостью оборудования (33%), рисунок 13.20в.

Эффективность от применения может быть достигнута за счет сокращения затрат на производство продукции, семена, удобрения, ядохимикаты (32%) и эффективного использования технических средств (31%), рисунок 13.20г.

Внедрение точного сельского хозяйства наиболее актуально для крупных агропромышленных компаний и холдингов (81%) и КФХ (12%).

Наиболее перспективные направления: навигационное оборудование (56%), автоматизированные системы управления (30%), роботизированные системы (12%), беспилотная техника (2%).

Уровень оснащенности АПК регионов средствами автоматизации и роботизации – невысокий (33% экспертов) и низкий (38%). Большинство экспертов (78%) считают, что внедрение автоматизации и роботизации является перспективным направлением.

Однако степень внедрения инновационных разработок – низкая (41%) и крайне низкая (31%).

Показатели повышения урожайности от применения таких технологий могут составить 10–20%, считают 43% экспертов (рис. 13.20е).



а



б



в



г

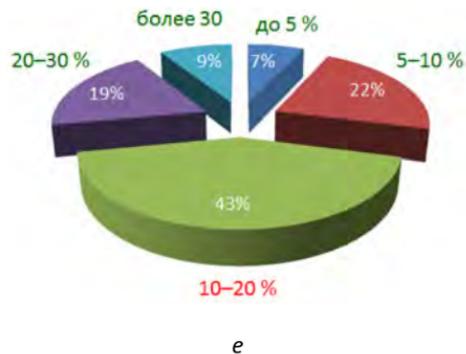


Рисунок 13.20 – Результаты анкетирования экспертов Центра прогнозирования и мониторинга

По эффективности использования различных технологий:

- систем параллельного вождения – повышение общей производительности (36% экспертов), повышение качества работы (42%);
- дифференцированного внесения удобрений – их экономия (48%);
- дифференцированного опрыскивания гербицидами – их экономия (60%);
- дифференцированного посева – повышение урожайности за счет лучшего распределения семян (55%), снижение затрат на семена (43%);
- дифференцированного орошения – экономия воды (57%);
- дифференцированной обработки почвы – повышение ее качества (32%), экономия топлива (28%).

Для мониторинга и прогнозирования развития технологий точного сельского хозяйства в 2017 г. сформирована сеть из 55 экспертов, приглашенных из научного и образовательного сообщества (72%), бизнеса (14%), производства (14%), рисунки 13.21, 13.22.



Рисунок 13.21 – Структура сети экспертов Центра прогнозирования и мониторинга в 2017 г.

Свердловская область	9
Москва	6
Краснодарский край	5
Республика Татарстан	5
Волгоградская область	3
Ростовская область	3
Иркутская область	2
Курганская область	2
Республика Бурятия	2
Санкт-Петербург	2
Удмуртская Республика	2
Белгородская область	1
Брянская область	1
Воронежская область	1
Нижегородская область	1
Новосибирская область	1
Омская область	1
Орловская область	1
Псковская область	1
Республика Башкортостан	1
Республика Дагестан	1
Рязанская область	1
Тамбовская область	1
Ульяновская область	1
Osnabrück, Deutschland	1

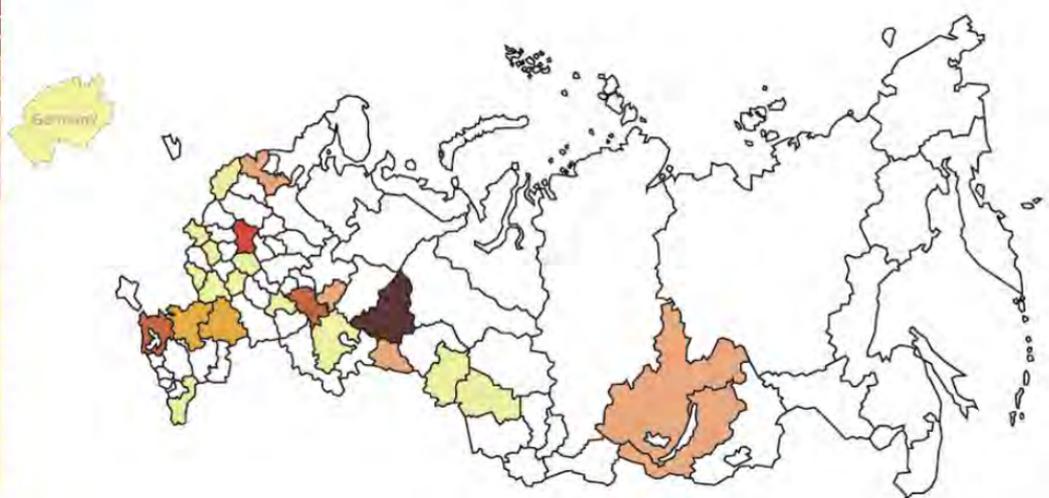


Рисунок 13.22 – География сети экспертов Центра прогнозирования и мониторинга в 2017 г.

Научно-технологическое развитие РФ 98% экспертов считают одним из приоритетов государственной политики. Большинство респондентов (93%) считают, что наука и технологии являются одним из инструментов решения социальных проблем в РФ.

Масштабной проблемой является обеспечение продовольственной безопасности и независимости РФ, – полагают 90% опрошенных (рис. 13.23).

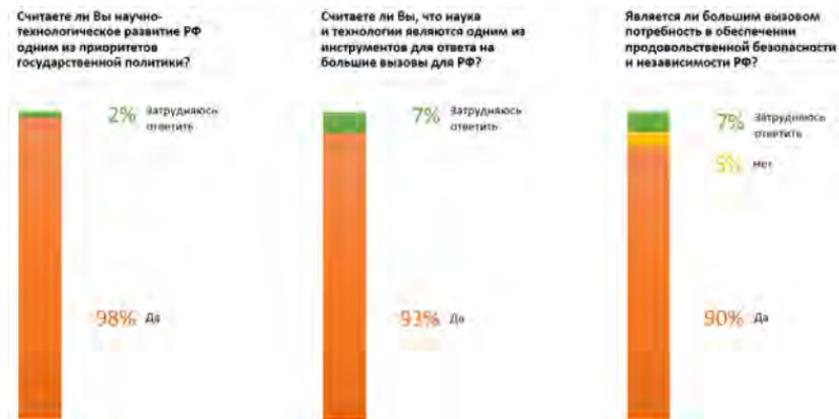


Рисунок 13.23 – Результаты анкетирования экспертов Центра прогнозирования и мониторинга

В ближайшие 10–15 лет следует считать приоритетами научно-технологического развития АПК переход к цифровым, интеллектуальным технологиям и роботизированным системам, считают 96% экспертов (рис. 13.24).

Несмотря на локализацию в РФ иностранных производителей сельскохозяйственной техники, тракторов, комбайнов и элементов точного сельского хозяйства, 69% опрошенных считают, что необходимо развивать собственное производство.

Многие иностранные и некоторые российские компании работают над созданием автоматизированных наземно-транспортных средств. Перспективным считают использование беспилотных тракторов (комбайнов) около 80% респондентов за рубежом и 77% – в

России. В случае внедрения беспилотной наземной техники требуется внесение изменений в ПДД, – считают 70% опрошенных.

Одним из главных вопросов является экономическая эффективность внедрения элементов точного сельского хозяйства. Большая часть экспертов (93%) полагает, что можно ожидать экономического эффекта от цифровизации АПК.

Внедрение технологий искусственного интеллекта в сельское хозяйство выгодно для бизнеса в РФ – считают 84% опрошенных.

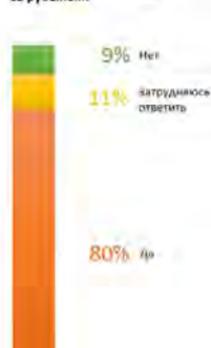
В ближайшие 10–15 лет следует ли считать приоритетами научно-технологического развития АПК переход к цифровым, интеллектуальным технологиям и роботизированным системам?



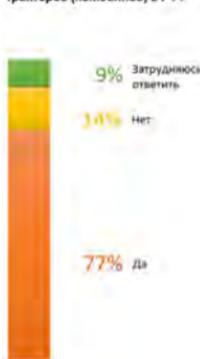
Поможет ли решить проблему технического обеспечения РФ локализация иностранных производителей сельскохозяйственной техники, тракторов, комбайнов и элементов точного сельского хозяйства?



Считаете ли Вы перспективным использование беспилотных тракторов (комбайнов) за рубежом?



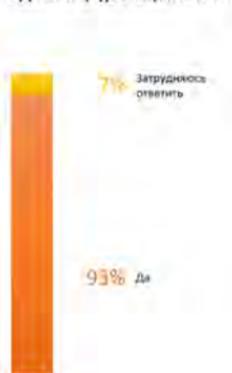
Считаете ли Вы перспективным использование беспилотных тракторов (комбайнов) в РФ?



В случае внедрения беспилотной наземной техники в сельское хозяйство РФ требуется ли внесение изменений в ПДД?



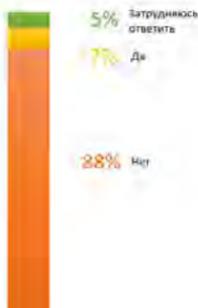
Можно ли ожидать экономического эффекта от цифровизации АПК РФ?



Несет ли внедрение технологий искусственного интеллекта в сельское хозяйство выгоды для бизнеса РФ?



Достаточно ли квалификация работающих специалистов в АПК для внедрения и использования элементов точного сельского хозяйства?



Ведет ли внедрение элементов точного сельского хозяйства к сокращению рабочих мест в АПК?

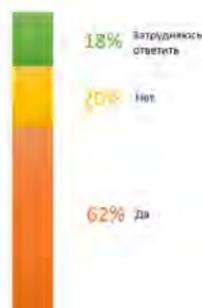


Рисунок 13.24 – Результаты анкетирования экспертов

Однако квалификация работающих в АПК специалистов недостаточна для внедрения и использования элементов точного сельского хозяйства (88%). При этом их внедрение ведет к сокращению рабочих мест в АПК (62% – «да», 20% – «нет»). В то же время использование элементов точного сельского хозяйства может замедлить или остановить тенденцию оттока людей из сельских районов, так как создает новые деловые возможности и рабочие места для специалистов, считают 60% респондентов.

Результаты экспертного опроса, касающегося реализации технологических трендов в области точного сельского хозяйства в 2017–2030 гг., представлены в таблицах 13.8–13.10.

Анализируя результаты экспертного опроса, можно выделить в порядке убывания значимости: составление цифровых карт и планирование урожайности, дифференцированное внесение удобрений, мониторинг состояния посевов с использованием дистанционного зондирования, мониторинг качества урожая, дифференцированное опрыскивание, локальный отбор проб почвы в системе координат, определение границ поля с использованием спутниковых систем навигации, дистанционное зондирование (аэро- или спутниковая фотосъемка), дифференцированный по площади посев, большие данные, дифференцированная обработка почвы и внесение регуляторов роста, системы параллельного вождения, искусственный интеллект

для АПК, Интернет вещей, беспилотные трактора (комбайны), составление карт электропроводности почв; для точного животноводства – мониторинг состояния здоровья стада, качества продукции животноводства, идентификация и мониторинг отдельных особей на животноводческих комплексах с использованием современных информационных технологий, электронная база данных производственного процесса, автоматическое регулирование микроклимата и контроль за вредными газами, роботизация процесса доения (табл. 13.9).

Таблица 13.8 – Результаты экспертного опроса (%), касающегося реализации технологических трендов в области точного сельского хозяйства в 2017–2030 гг.

Перспективное направление	Важность для РФ				Ожидаемые сроки появления (внедрения)			
	высокая	средняя	низкая	не актуально	2017–2020	2021–2025	2026–2030	после 2030
<b>Точное земледелие</b>								
Системы параллельного вождения	60	33	4	3	56	42	2	–
Дистанционное зондирование (аэро- или спутниковая фотосъемка)	73	27	–	–	60	40	–	–
Локальный отбор проб почвы в системе координат	82	18	–	–	62	31	7	–
Определение границ поля с использованием спутниковых систем навигации	80	13	7	–	80	20	–	–
Составление карт электропроводности почв	36	47	11	6	35	47	16	2
Составление цифровых карт и планирование урожайности	96	4	–	–	67	33	–	–
Мониторинг состояния посевов с использованием дистанционного зондирования	91	9	–	–	62	36	2	–
Мониторинг качества урожая	87	13	–	–	49	51	–	–
Дифференцированное внесение удобрений	96	4	–	–	71	27	2	–
Дифференцированное опрыскивание	87	13	–	–	64	27	9	–
Дифференцированный по площади посев	65	31	4	–	40	52	4	4
Дифференцированная обработка почвы	62	36	2	–	40	45	11	4
Дифференцированное внесение регуляторов роста	62	31	7	–	45	38	13	4
Беспилотные трактора (комбайны)	42	45	9	4	13	45	31	11
Интернет вещей	49	47	2	2	24	53	16	7
Большие данные	65	29	4	2	22	54	20	4
Искусственный интеллект для АПК	56	42	2	–	11	42	31	16

Продолжение табл. 13.8

Перспективное направление	Важность для РФ				Ожидаемые сроки появления (внедрения)			
	высокая	средняя	низкая	не актуально	2017–2020	2021–2025	2026–2030	после 2030
<b>Точное животноводство</b>								
Идентификация и мониторинг отдельных особей на животноводческих комплексах с использованием современных информационных технологий (рацион кормления, удой, привес, температура тела, активность), удовлетворение их индивидуальных потребностей	85	13	2	–	62	29	7	2
Автоматическое регулирование микроклимата и контроль за вредными газами	82	16	–	2	58	29	11	2
Мониторинг состояния здоровья стада	98	2	–	–	53	38	9	–
Мониторинг качества продукции животноводства	93	7	–	–	62	29	9	–
Электронная база данных производственного процесса	82	18	–	–	56	33	11	–
Роботизация процесса доения	69	31	–	–	60	34	4	2

Таблица 13.9 – Результаты экспертного опроса (%), касающегося важности для РФ реализации технологических трендов в области точного сельского хозяйства

Перспективное направление	Важность для РФ			
	высокая	средняя	низкая	не актуально
<b>Точное земледелие</b>				
Составление цифровых карт и планирование урожайности	96	4	–	–
Дифференцированное внесение удобрений	96	4	–	–
Мониторинг состояния посевов с использованием дистанционного зондирования	91	9	–	–
Мониторинг качества урожая	87	13	–	–
Дифференцированное опрыскивание	87	13	–	–
Локальный отбор проб почвы в системе координат	82	18	–	–
Определение границ поля с использованием спутниковых систем навигации	80	13	7	–
Дистанционное зондирование (аэро- или спутниковая фотосъемка)	73	27	–	–
Дифференцированный по площади посев	65	31	4	–
Большие данные	65	29	4	2
Дифференцированная обработка почвы	62	36	2	–
Дифференцированное внесение регуляторов роста	62	31	7	–
Системы параллельного вождения	60	33	4	3
Искусственный интеллект для АПК	56	42	2	–
Интернет вещей	49	47	2	2

Продолжение табл. 13.9

Перспективное направление	Важность для РФ			
	высокая	средняя	низкая	не актуально
Беспилотные трактора (комбайны)	42	45	9	4
Составление карт электропроводности почв	36	47	11	6
<b>Точное животноводство</b>				
Мониторинг состояния здоровья стада	98	2	–	–
Мониторинг качества продукции животноводства	93	7	–	–
Идентификация и мониторинг отдельных особей на животноводческих комплексах с использованием современных информационных технологий (рацион кормления, удой, привес, температура тела, активность), удовлетворение их индивидуальных потребностей	85	13	2	–
Электронная база данных производственного процесса	82	18	–	–
Автоматическое регулирование микроклимата и контроль за вредными газами	82	16	–	2
Роботизация процесса доения	69	31	–	–

Анализируя результаты экспертного опроса, касающегося ожидаемых сроков появления (внедрения) новых технологий в 2017–2020 гг., реализации технологических трендов в области точного земледелия, можно выделить в порядке убывания значимости: определение границ поля с использованием спутниковых систем навигации, дифференцированное внесение удобрений, составление цифровых карт и планирование урожайности, дифференцированное опрыскивание, мониторинг состояния посевов с использованием дистанционного зондирования, локальный отбор проб почвы в системе координат, дистанционное зондирование (аэро- или спутниковая фотосъемка), системы параллельного вождения, мониторинг качества урожая, дифференцированное внесение регуляторов роста, дифференцированный по площади посев, дифференцированная обработка почвы, составление карт электропроводности почв, Интернет вещей, большие данные, беспилотные трактора (комбайны), искусственный интеллект для АПК; в области точного животноводства – идентификация и мониторинг отдельных особей на животноводческих комплексах с использованием современных информационных технологий, мониторинг качества продукции животноводства, роботизация процесса доения, автоматическое регулирование микроклимата и контроль за вредными газами, электронная база данных производственного процесса, мониторинг состояния здоровья стада (табл. 13.10).

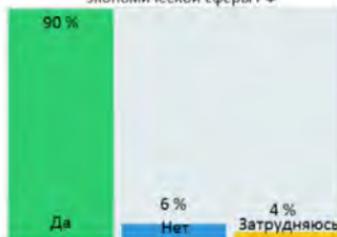
В 2018 г. также проводилось онлайн-анкетирование по направлению «Цифровое сельское хозяйство». В экспертном опросе участвовало 155 экспертов из 35 регионов. В анкете было 17 основных вопросов и 12 вопросов по реализации технологических трендов в 2019–2030 гг.

Результаты экспертного опроса, касающегося направления «Цифровое сельское хозяйство», представлены на рисунке 13.25.

*Таблица 13.10 – Результаты экспертного опроса (%), касающегося ожидаемых сроков реализации в РФ технологических трендов*

Перспективное направление	Ожидаемые сроки появления (внедрения)			
	2017–2020	2021–2025	2026–2030	после 2030
<b>Точное земледелие</b>				
Определение границ поля с использованием спутниковых систем навигации	<b>80</b>	20	–	–
Дифференцированное внесение удобрений	<b>71</b>	27	2	–
Составление цифровых карт и планирование урожайности	<b>67</b>	33	–	–
Дифференцированное опрыскивание	<b>64</b>	27	9	
Мониторинг состояния посевов с использованием дистанционного зондирования	<b>62</b>	36	2	–
Локальный отбор проб почвы в системе координат	<b>62</b>	31	7	–
Дистанционное зондирование (аэро- или спутниковая фотосъемка)	<b>60</b>	40	–	–
Системы параллельного вождения	<b>56</b>	42	2	–
Мониторинг качества урожая	49	<b>51</b>	–	–
Дифференцированное внесение регуляторов роста	<b>45</b>	38	13	4
Дифференцированный по площади посев	40	<b>52</b>	4	4
Дифференцированная обработка почвы	40	<b>45</b>	11	4
Составление карт электропроводности почв	35	<b>47</b>	16	2
Интернет вещей	24	<b>53</b>	16	7
Большие данные	22	<b>54</b>	20	4
Беспилотные трактора (комбайны)	13	<b>45</b>	31	11
Искусственный интеллект для АПК	11	<b>42</b>	31	16
<b>Точное животноводство</b>				
Идентификация и мониторинг отдельных особей на животноводческих комплексах с использованием современных информационных технологий (рацион кормления, удой, привес, температура тела, активность), удовлетворение их индивидуальных потребностей	<b>62</b>	29	7	2
Мониторинг качества продукции животноводства	<b>62</b>	29	9	–
Роботизация процесса доения	<b>60</b>	34	4	2
Автоматическое регулирование микроклимата и контроль за вредными газами	<b>58</b>	29	11	2
Электронная база данных производственного процесса	<b>56</b>	33	11	–
Мониторинг состояния здоровья стада	<b>53</b>	38	9	–

Цифровая экономика будет являться новой технологической основой для социальной и экономической сферы РФ



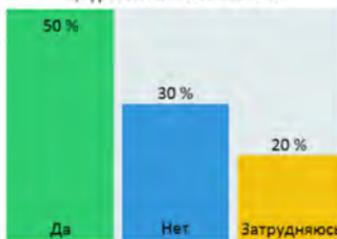
Цифровое сельское хозяйство будет способствовать производству сельскохозяйственной продукции в цифровой среде «от поля до прилавка»



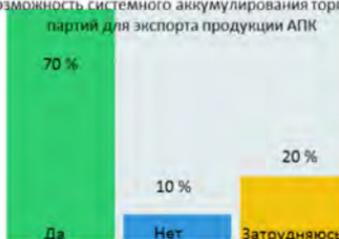
Цифровое сельское хозяйство создаст условия для перехода к индустрии с минимизацией посредников и торговой наценки



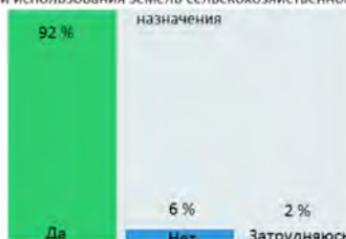
Объем отчетности снизится при использовании цифровых технологий в АПК



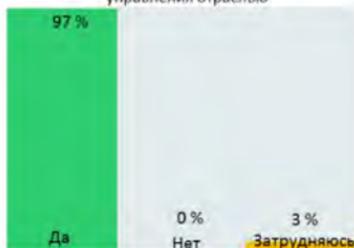
Цифровизация процессов производства и сопровождения товарных потоков создаст возможность системного аккумуляирования торговых партий для экспорта продукции АПК



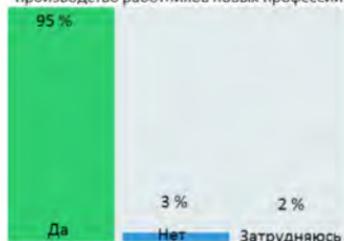
Цифровая инвентаризация и мониторинг земель повысят уровень контроля состояния и использования земель сельскохозяйственного назначения



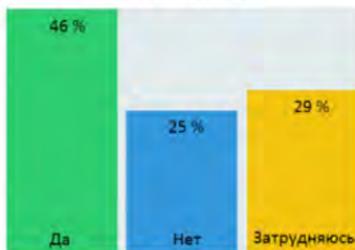
Цифровизация сельскохозяйственного производства в целом повысит эффективность управления отраслью



Цифровизация позволит вовлечь в с.-х. производство работников новых профессий



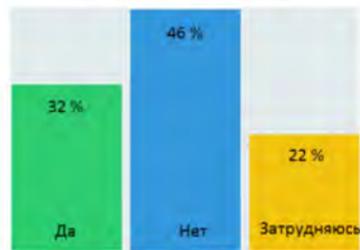
Цифровизация повысит качество жизни в сельских территориях



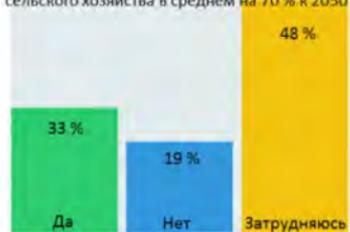
Необходимо ли стимулирование внедрения цифровых технологий через государственную поддержку сельхозтоваропроизводителей



Цифровизация поможет снизить влияние сельского хозяйства на изменение климата



Применение технологий нового поколения способно увеличить производительность мирового сельского хозяйства в среднем на 70% к 2050 г.



Компетенции для цифрового сельского хозяйства в настоящее время востребованы рынком



Нужны ли в аграрных ВУЗах кафедры по цифровизации сельского хозяйства



В настоящее время отсутствуют образовательные технологии подготовки специалистов для цифрового сельского хозяйства



Для подготовки специалистов данного направления отсутствуют высококвалифицированные преподаватели в аграрных ВУЗах



Рисунок 13.25 – Результаты экспертного опроса по направлению «Цифровое сельское хозяйство»

На основе анкетирования, по мнению экспертов, можно резюмировать следующее:

- цифровая экономика будет являться новой технологической основой для социальной и экономической сферы РФ – «да» (считают 90% экспертов);

- цифровое сельское хозяйство будет способствовать производству сельскохозяйственной продукции в сквозной цифровой среде «от поля до прилавка» – «да» (80%);

- цифровое сельское хозяйство создаст условия для перехода к индустрии с минимизацией посредников и торговой наценки – «да» (73%);

- объем отчетности снизится при использовании цифровых технологий в АПК – «да» (50%);

- цифровизация процессов производства и сопровождения товарных потоков создаст возможность системного аккумулирования торговых партий для экспорта продукции АПК – «да» (70%);

- цифровая инвентаризация и мониторинг земель повысят уровень контроля состояния и использования земель сельскохозяйственного назначения – «да» (92%);

- цифровизация сельскохозяйственного производства в целом повысит эффективность управления отраслью – «да» (97%);

- цифровизация повысит качество жизни в сельских территориях – «да» (46%);

- цифровизация поможет снизить влияние сельского хозяйства на изменение климата – «нет» (46%);

- цифровизация позволит вовлечь в с.-х. производство работников новых профессий – «да» (95%);

- необходимо ли стимулирование внедрения цифровых технологий через государственную поддержку сельхозтоваропроизводителей – «да» (95%);

- применение технологий нового поколения способно увеличить производительность мирового сельского хозяйства в среднем на 70% к 2050 г. – «затрудняюсь ответить» (48%);

- компетенции для цифрового сельского хозяйства в настоящее время востребованы рынком – «да» (73%);

- нужны ли в аграрных вузах кафедры по цифровизации сельского хозяйства – «да» (83%);

– в настоящее время отсутствуют образовательные технологии подготовки специалистов для цифрового сельского хозяйства – «да» (76%);

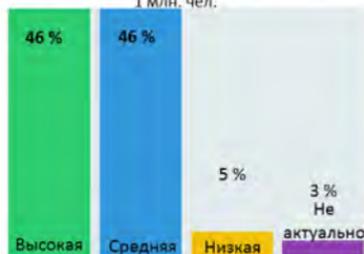
– для подготовки специалистов данного направления отсутствуют высококвалифицированные преподаватели в аграрных вузах – «да» (74%).

Перспективы реализации технологических трендов по значимости и ожидаемым срокам появления или внедрения представлены в таблице 13.11 и на рисунках 13.26, 13.27.

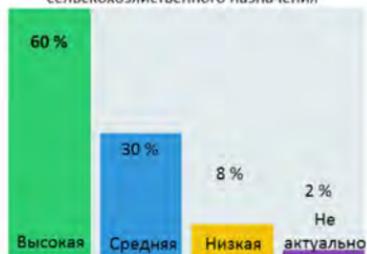
*Таблица 13.11 – Реализация технологических трендов в области цифрового сельского хозяйства в 2019–2030 гг.*

Перспективное направление	Важность для РФ, %				Ожидаемые сроки появления (внедрения)			
	высокая	средняя	низкая	не актуально	2019–2020	2021–2025	2026–2030	после 2030
Внедрение технологии подвижной и фиксированной связи 5G в городах с численностью населения более 1 млн чел.	46	46	5	3	6	71	19	4
Обеспечение покрытия широкополосным Интернетом (4G, 5G, Wi-Fi) земель сельскохозяйственного назначения	60	30	8	2	8	46	32	14
Построение федеральной сети узкополосной связи по технологии LPWAN для сбора и обработки телематической информации	60	38	2	–	10	50	23	17
Сквозная система информационного обеспечения в сфере сельского хозяйства, будут оцифрованы все циклы сельхозпроизводства	69	23	7	1	3	38	37	22
Система прослеживаемости отдельных видов продукции с использованием блокчейна	49	44	5	2	2	55	31	12
Система прослеживаемости семенного материала и продукции животноводства с использованием блокчейна	68	24	6	2	3	52	35	10
Системы сквозной прослеживаемости от производства продукции до прилавка с использованием блокчейна	56	32	11	1	3	53	23	21
Цифровизация технологий селекции и семенного фонда	71	25	4	–	3	53	32	12
Цифровизация технологий генетического фонда животноводства	74	22	4	–	5	55	27	13
Цифровые цепочки для поддержки логистики снабжения и сбыта продукции с параллельно происходящими процессами цифровизации транспорта и логистики, обмена информацией, получаемой с транспортных средств	67	25	6	2	3	60	31	6
Использование преимущественно отечественного программного обеспечения государственными органами, органами местного самоуправления и организациями	60	26	6	8	2	48	31	19
Создание глобальной конкурентоспособной инфраструктуры передачи, обработки и хранения данных преимущественно на основе отечественных разработок	68	14	16	2	2	40	24	34
Обеспечение подготовки высококвалифицированных кадров для цифрового сельского хозяйства	79	16	5	–	21	55	24	–

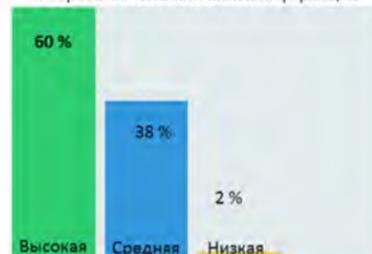
Внедрение технологии подвижной и фиксированной связи 5G в городах с численностью населения более 1 млн. чел.



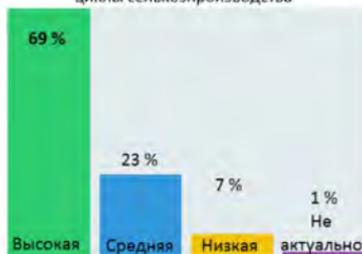
Обеспечение покрытия широкополосным интернетом (4G, 5G, Wi-fi) земель сельскохозяйственного назначения



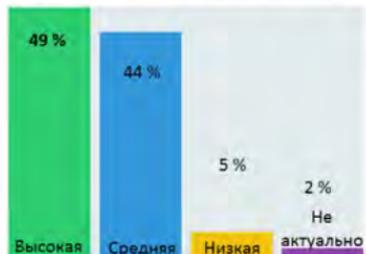
Построение федеральной сети узкополосной связи по технологии LPWAN для сбора и обработки телематической информации



Сквозная система информационного обеспечения в сфере сельского хозяйства, будут оцифрованы все циклы сельхозпроизводства



Система прослеживаемости отдельных видов продукции с использованием блокчейна



Система прослеживаемости семенного материала и продукции животноводства с использованием блокчейна



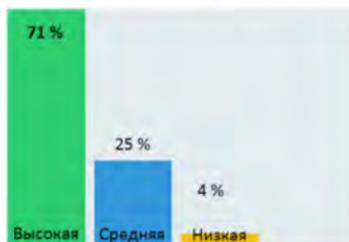
Системы сквозной прослеживаемости от производства продукции до прилавка с использованием блокчейна



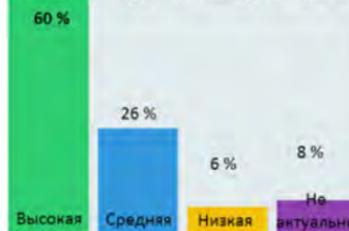
Цифровые цепочки для поддержки логистики снабжения и сбыта продукции с параллельно происходящими процессами цифровизации транспорта и логистики, обмена информацией, получаемой с транспортных средств



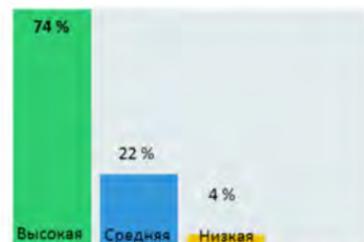
Цифровизация технологий селекции и семенного фонда



Использование преимущественно отечественного программного обеспечения государственными органами, органами местного самоуправления и организациями



Цифровизация технологий генетического фонда животноводства



Создание глобальной конкурентоспособной инфраструктуры передачи, обработки и хранения данных преимущественно на основе отечественных разработок



Рисунок 13.26 – Важность для РФ реализации технологических трендов в 2019–2030 гг.

Обобщая результаты опроса, касающиеся важности реализации технологических трендов в 2019–2030 гг. с учетом мнений экспертов получим:

– внедрение технологии подвижной и фиксированной связи 5G в городах с численностью населения более 1 млн чел. – значимость высокая (считают 46% экспертов), средняя (считают 46% экспертов);

– обеспечение покрытия широкополосным Интернетом (4G, 5G, Wi-fi) земель сельскохозяйственного назначения – высокая (60%);

– построение федеральной сети узкополосной связи по технологии LPWAN для сбора и обработки телематической информации – высокая (60%);

– сквозная система информационного обеспечения в сфере сельского хозяйства, будут оцифрованы все циклы сельхозпроизводства – высокая (69%);

– система прослеживаемости отдельных видов продукции с использованием блокчейна – высокая (49%);

– система прослеживаемости семенного материала и продукции животноводства с использованием блокчейна – высокая (68%);

– системы сквозной прослеживаемости от производства продукции до прилавка с использованием блокчейна – высокая (56%);

– цифровизация технологий селекции и семенного фонда – высокая (71%);

– цифровизация технологий генетического фонда животноводства – высокая (74%);

– цифровые цепочки для поддержки логистики снабжения и сбыта продукции с параллельно происходящими процессами цифровизации транспорта и логистики, обмена информацией, получаемой с транспортных средств, – высокая (67%);

– использование преимущественно отечественного программного обеспечения государственными органами, органами местного самоуправления и организациями – высокая (60%);

– создание глобальной конкурентоспособной инфраструктуры передачи, обработки и хранения данных преимущественно на основе отечественных разработок – высокая (68%);

– обеспечение подготовки высококвалифицированных кадров для цифрового сельского хозяйства – высокая (79%).

Обобщая результаты экспертного опроса по предполагаемым срокам появления (внедрения) технологических трендов в 2019–2030 гг., получим:

- внедрение технологии подвижной и фиксированной связи 5G в городах с численностью населения более 1 млн чел. – 2021–2025 гг. (считают 71% экспертов);

- обеспечение покрытия широкополосным интернетом (4G, 5G, Wi-fi) земель сельскохозяйственного назначения – 2021–2025 гг. (46%);

- построение федеральной сети узкополосной связи по технологии LPWAN для сбора и обработки телематической информации – 2021–2025 гг. (50%);

- сквозная система информационного обеспечения в сфере сельского хозяйства, будут оцифрованы все циклы сельхозпроизводства – 2021–2025 гг. (38%), 2026–2030 гг. (37%);

- система прослеживаемости отдельных видов продукции с использованием блокчейна – 2021–2025 гг. (55%);

- система прослеживаемости семенного материала и продукции животноводства с использованием блокчейна – 2021–2025 гг. (52%);

- системы сквозной прослеживаемости от производства продукции до прилавка с использованием блокчейна – 2021–2025 гг. (53%);

- цифровизация технологий селекции и семенного фонда – 2021–2025 гг. (53%);

- цифровизация технологий генетического фонда животноводства – 2021–2025 гг. (55%);

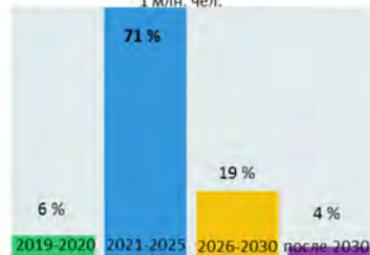
- цифровые цепочки для поддержки логистики снабжения и сбыта продукции с параллельно происходящими процессами цифровизации транспорта и логистики, обмена информацией, получаемой с транспортных средств – 2021–2025 гг. (60%);

- использование преимущественно отечественного программного обеспечения государственными органами, органами местного самоуправления и организациями – 2021–2025 гг. (48%);

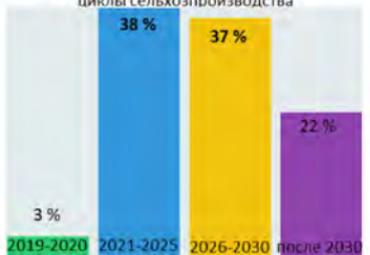
- создание глобальной конкурентоспособной инфраструктуры передачи, обработки и хранения данных преимущественно на основе отечественных разработок – 2021–2025 гг. (40%);

- обеспечение подготовки высококвалифицированных кадров для цифрового сельского хозяйства – 2021–2025 гг. (55%).

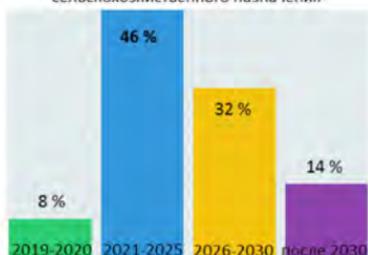
Внедрение технологии подвижной и фиксированной связи 5G в городах с численностью населения более 1 млн. чел.



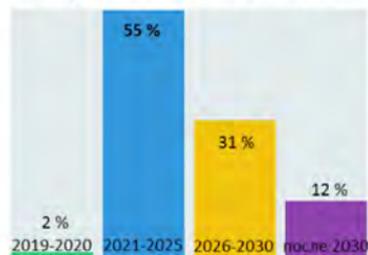
Сквозная система информационного обеспечения в сфере сельского хозяйства, будут оцифрованы все циклы сельхозпроизводства



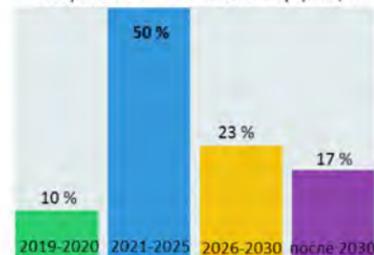
Обеспечение покрытия широкополосным интернетом (4G, 5G, Wi-fi) земель сельскохозяйственного назначения



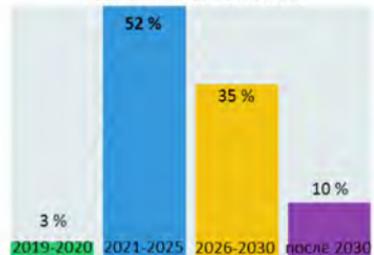
Система прослеживаемости отдельных видов продукции с использованием блокчейна



Построение федеральной сети узкополосной связи по технологии LPWAN для сбора и обработки телематической информации



Система прослеживаемости семенного материала и продукции животноводства с использованием блокчейна



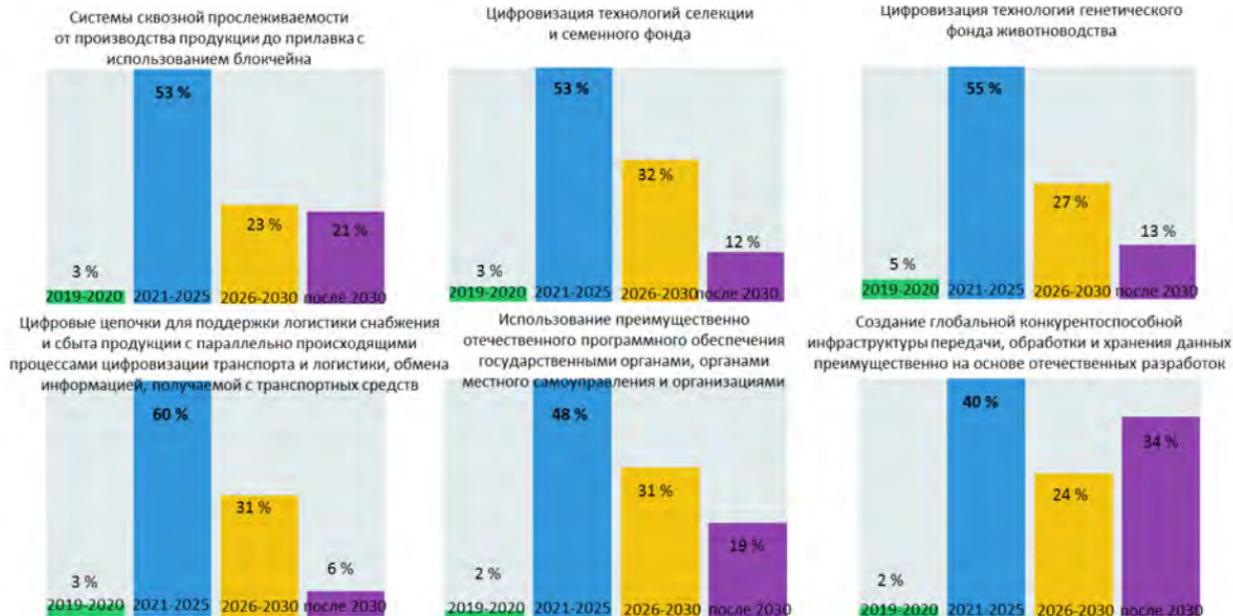


Рисунок 13.27 – Ожидаемые сроки появления (внедрения) технологических трендов

## **13.4. Сельскохозяйственное производство в Европейском союзе**

Глобальное сельское хозяйство сталкивается со многими проблемами: быстрый международный прирост населения, изменение климата, растущий спрос на энергию, нехватка ресурсов, урбанизация, диетические изменения, стареющее население в сельских районах развитых стран. Все это усиливает конкуренцию на мировых рынках в условиях отсутствия свободных земель в развивающихся странах.

В то же время сельское хозяйство в Европе и других странах позволяет производить продукты питания и выращивание животных с еще более высокой эффективностью и еще более низким воздействием на окружающую среду.

В целом в ЕС площади земель, доступных для сельского хозяйства, постепенно уменьшаются с развитием лесоводства и урбанизации, поэтому должна повышаться производительность труда для поддержания или увеличения объемов производства.

В Европе из земель с.-х. назначения 60% – пахотные; 34% – постоянные пастбища и 6% – площади под плодовыми культурами и виноградниками.

Более 50% производимого зерна идет на получение кормов, поэтому спрос на них имеет главное влияние на рынок.

Каждая из таких стран, как Испания, Франция, Италия, Португалия, Румыния, Греция и Германия, производит более 0,8 млн т винограда (94% виноградного производства ЕС). Средняя урожайность находится на уровне 7,9 т/га (варьирует от 3,4 до 11,5 т/га). При этом 92% используется для производства вина.

В 2013 г. под масличные деревья было отведено 4,9 млн га, а произведено 13,6 млн т оливок. Эта продукция из Испании, Италии, Греции и Португалии составляет 99% производства ЕС. 95% сбора идет на производство оливкового масла, а 5% – для столового использования. Средняя урожайность в Евросоюзе составляет 2,7 т/га (варьирует от 0,8 до 3,7 т/га).

Большая часть мяса, произведенного в ЕС, состоит из свинины (55%), куриного мяса (25%), говядины (18%), мяса овец и коз (2%), причем производство свинины составляет 11% сверх потребления, мяса

птицы – 4% сверх социальной нормы. По прогнозам, производство мяса птицы возрастет до 2025 г. на 4%.

Евросоюз самодостаточен в производстве молочных продуктов и является экспортером главным образом порошкообразного сыра и сухого молока.

В среднесрочной перспективе прирост населения и увеличивающееся предпочтение молочных продуктов приведет к росту мирового спроса и цен на молочные продукты. Мировой импорт, по прогнозам, увеличится на 2,4% (более чем 1,4 млн т) в год.

Производство молока в ЕС, по прогнозам, будет расти до 2025 г. на 0,8% в год.

В 2013 г. фермерские хозяйства (фермы) в ЕС занимали 174 млн га. С 2010 по 2013 г. их число снизилось на 11,5%.

Количество постоянных работников в сельском хозяйстве снизилось на 12,8% – с 25 млн в 2010 г. до 22 млн в 2013 г. При этом 31% фермеров старше 65 лет, 6% моложе 35 лет.

Большинство фермеров в ЕС не получило специального образования – у 70% есть только практический опыт, 20% получили начальную подготовку, у 8% – полный сельскохозяйственный учебный курс.

### **13.4.1. Точное сельское хозяйство в ЕС**

В растениеводстве и молочном животноводстве существуют некоторые элементы точного сельского хозяйства (табл. 13.12), оно развивается, рынок полностью охвачен, но потенциал еще не использован.

Сельское хозяйство в ЕС сталкивается со многими трудностями: финансовые кризисы, глобальная конкуренция, изменение климата и растущие затраты. Для дальнейшего развития сектора сельского хозяйства трудовые ресурсы и их профессионализм очень важны.

В ответ на эти проблемы Евросоюз создал систему субсидирования и сельхозпрограмм Common Agricultural Policy (CAP) в 1962 г., представленный как «сотрудничество между сельским хозяйством и обществом».

Точное земледелие в ЕС сегодня – экономический сектор (табл. 13.12), это приблизительно 11 млн фермерских хозяйств, которые используют 174 млн га земли.

Таблица 13.12 – Влияние точного сельского хозяйства на экономику Евросоюза

Направление	Описание	Эффект*
Конкурентоспособность сельского хозяйства	Фермерские хозяйства применяют технологии ТСХ, чтобы произвести больше продукции с меньшими затратами, увеличивая конкурентоспособность. Наибольшую выгоду получают крупные хозяйства	+
Количество и размер фермерских хозяйств	Размер фермерских хозяйств будет увеличиваться из-за необходимых инвестиций в технологии ТСХ. Число фермерских хозяйств снижается	=
Рабочие места в хозяйствах в основном производстве	Количество рабочих мест в фермерских хозяйствах уменьшится из-за внедрения технологий ТСХ	–
Квалифицированные трудовые ресурсы	Внедрение ТСХ требует большего количества квалифицированных фермеров	+
Развитие агробизнеса	Использование ТСХ предлагает много возможностей для сферы услуг (датчики, Интернет вещей, производство с.-х. техники) и продовольственные компании (процессоры, логистика, розничная продажа)	++
Демографический фактор развития сельского хозяйства	Использование ТСХ может замедлить или остановить тенденцию оттока людей из сельских районов в города, так как создает новые деловые возможности и предоставляет работу для высококвалифицированных людей	+
Продовольственная безопасность	Системы мониторинга и системы поддержки принятия решений предоставят фермерам и заинтересованным сторонам информацию и прогнозы по урожаю	++
Безопасность пищевых продуктов	Технологии ТСХ предоставляют фермерам и другим заинтересованным сторонам информацию об обнаружении претензии к качеству продуктов питания	++
Стабильность производства	Использование природных ресурсов, агрохимикатов, антибиотиков и энергии снижается	++
Ситуация с изменением климата	Фермеры и заинтересованные стороны могут обнаружить эффект влияния изменения климата на сельскохозяйственное производство на более ранней стадии и принять меры	+

\* «+» и «++» – положительный; «=» – нейтральный или неизвестен; «–» – отрицательный эффект.

### **13.4.2. Прогноз развития точного сельского хозяйства в ЕС**

#### ***Сценарий 1 – «Экономический оптимизм»***

У этого первого вымышленного сценария, разработанного как инструмент исследования, есть следующие особенности:

- главная цель – экономический рост;
- очень быстрые темпы экономического роста;
- быстрый технический прогресс;
- довольно медленный темп прироста населения;
- увеличение объемов международной торговли (глобализации, свободной торговли);
- ТСХ и другие технологии осуществляются с единственной целью – повышение эффективности;
- ТСХ развивается максимально, с применением автономных роботов и платформ управления, что приводит к потере рабочих мест;
- политика и законодательство благоприятствуют созданию открытых рынков.

#### ***Сценарий 2 – 2050: «Глобальное устойчивое развитие»***

У этого второго вымышленного сценария, разработанного как инструмент исследования, следующие особенности:

- главная цель – глобальная устойчивость;
- быстрый экономический рост;
- (относительно) медленный прирост населения;
- средний (быстрый) технический прогресс;
- международная торговля (глобализация, свободная торговля);
- сильное глобальное управление;
- увеличение интенсивности регулирования;
- ТСХ разрабатывает быстрые полуавтономные технологии на большинстве ферм.

#### ***Сценарий 3 – 2050: «Региональное соперничество»***

Особенности третьего вымышленного сценария, разработанного как инструмент исследования:

- главная цель – безопасность;
- медленный экономический рост;
- быстрый прирост населения;
- медленный технический прогресс;

- торговые барьеры;
- сильные национальные правительства;
- для экономии времени и производства большего количества продукции внедряются технологии ТСХ;
- фермеры рассматриваются как важные члены сообщества.

#### **Сценарий 4 – 2050: «Региональное устойчивое развитие»**

У этого сценария, разработанного как инструмент исследования, следующие особенности:

- главная цель – региональная устойчивость;
- среда, способная замедлить экономический рост;
- средний прирост населения;
- медленный технический прогресс;
- торговые барьеры;
- местное управление, местные игроки на рынке;
- ТСХ используется для продовольственной безопасности и целей устойчивости.

### **13.4.3. Проблемы и возможности европейской политики в отношении точного сельского хозяйства**

В таблице 13.13 указаны навыки, которые будут необходимы фермерам при реализации каждого из сценариев.

*Таблица 13.13 – Навыки, необходимые фермерам при любом сценарии развития точного сельского хозяйства*

Навыки (знания)	Сценарии			
	Экономический оптимизм	Глобальное устойчивое развитие	Региональное соперничество	Региональное устойчивое развитие
Владение технологическими знаниями	+	+	+	+
Владение юридическими знаниями	+	+	+	+
Руководство местным сообществом		+	+	+
Управление бизнесом	+		+	+
Управление инновациями	+		+	+
Предпринимательство	+		+	+

Главные проблемы и возможности реализации различных сценариев развития ТСХ описаны в таблице 13.14.

Таблица 13.14 – Проблемы, характерные для различных сценариев развития точного сельского хозяйства

Проблема	Сценарии			
	Экономический оптимизм	Глобальное устойчивое развитие	Региональное соперничество	Региональное устойчивое развитие
<b>Охрана окружающей среды</b>				
Пренебрежение проблемами охраны окружающей среды, потеря биоразнообразия. Потенциально более высок риск стихийных бедствий	+		+	
Возможные угрозы здоровью человека из-за отсутствия разнообразия в пищевой цепи и закрытия границ	+		+	+
<b>Социальная и культурная среда</b>				
Отдаление человека от природы	+			
Общественные беспорядки из-за высокого неравенства между людьми или регионами	+		+	+
Потеря частной жизни (повышение вопросов безопасности)	+		+	+
Спротивление новым технологиям – препятствие для внедрения ТСХ		+		+
Потеря базовых знаний и снижение количества разработок ноу-хау	+	+	+	
Развитие микроуправления, из-за которого работа в сельском хозяйстве больше не является привлекательной		+		
Мало доверия к правительству и учреждениям	+		+	+
<b>Экономическая сфера</b>				
Отставание фермеров от новых технологий из-за отсутствия знаний или капитала; большое неравенство между крупными и мелкими фермерами			+	+
Монополии крупных компаний	+			
Снижение количества обслуживающего персонала на фермах, потеря рабочих мест	+		+	+
Потеря рабочих мест из-за внедрения робототехники	+	+		+
<b>Сфера технологий</b>				
Отклонение полученных данных от стандартов		+		+
<b>Сфера геополитики</b>				
Высокая зависимость от технологических систем	+		+	+
Зависимость от других стран при разработке новых технологий	+		+	+
Уязвимость для кибератак и взламывания продовольственной системы	+		+	+
Высокие риски в случае экстремальных явлений			+	+

В сценарии 1 – «Экономический оптимизм» – ТСХ используется в экономических целях и главным образом более крупными, международными корпорациями.

ТСХ в сценарии 2 – «Глобальное устойчивое развитие» – используется для экологических целей и регулируется правительством.

В сценарии 3 – «Региональное соперничество» – ТСХ используется, главным образом, чтобы гарантировать продовольственную безопасность и безопасность пищевых продуктов.

Технологии ТСХ в сценарии 4 – «Региональное устойчивое развитие» – должны обеспечить устойчивость на местном уровне в сочетании с традиционными знаниями и ручным трудом.

#### **13.4.4. Возможное развитие сценариев в отношении законодательства**

Будущее точного сельского хозяйства, вероятно, будет зависеть от обмена данными соответствующих платформ. Исходя из этого, важно создать соответствующее законодательство, которое гарантирует, что конфиденциальность данных и выгода от использования ТСХ соответствуют политическим целям.

Внедрение точного сельского хозяйства потребует, чтобы новые навыки были изучены фермерами. В сценарии «Экономический оптимизм» фермер, чтобы быть успешным, должен развиваться с совершенствованием ИТ-технологий. В других сценариях фермеры, чтобы получить прибыль от ТСХ, должны как минимум знать, как приобрести услуги от других компаний. В сценариях «Региональное соревнование» и «Региональное устойчивое развитие» есть необходимость в комбинировании технологий ТСХ и традиционных сельскохозяйственных приемов.

Ключевые моменты развития рассматриваемых сценариев в отношении законодательства и политики.

1. Сценарий 1 – «Экономический оптимизм». Законодательство направлено на развитие свободной международной торговли (соглашения). Рыночный механизм позволит свести до минимума вмешательство правительства. Ослабляется регулирование защиты информации, стандарты частной жизни играют ключевую роль.

2. Сценарий 2 – «Глобальное устойчивое развитие» опирается на усиленную политику правительства, на сильные международные политические союзы. Должна быть развита глобальная структура, обеспечивающая устойчивость системы.

3. Сценарий 3 – «Региональное соревнование» также полагается на усиленную политику и авторитет законодательства не только на государственном, но и на региональном уровне.

4. Сценарий 4 – «Региональное устойчивое развитие» рассчитан на союз между правительством, бизнесом и наукой на местном уровне. Здесь политика и законодательство должны сосредоточиться на поддержке развития местных предприятий и стимулировании развития альтернативных форм сельского хозяйства, а также самостоятельности фермерских хозяйств.

Во всех рассматриваемых сценариях, как в оптимистичном (глобальный длительный экономический рост), пессимистичном (рецессия, депрессия, конец глобализации), так и в подрывном (распад ЕС), центральным является вопрос продовольственной безопасности и безопасности пищевых продуктов. Это, конечно, связано с сущностью сельского хозяйства, которое призвано накормить человечество.

Несмотря на широкий выбор решений для ТСХ, только 25% ферм Евросоюза используют технологии, которые включают его компоненты.

### **13.5. Развитие точного земледелия в Канаде**

Точное земледелие является важным элементом инноваций в канадском производстве. Цель предлагаемого проекта заключалась в определении уровня внедрения отдельных технологий точного земледелия на сельскохозяйственных фермах в Западной Канаде и выявлении некоторых препятствий для их более широкого использования (проводился в период с 9 января 2016 г. по 4 марта 2017 г.).

Некоторые результаты опроса, проведенного в рамках проекта:

- 98% имеют доступ к кабельному или беспроводному Интернету;
- 98% используют GPS-руководство в своем хозяйстве;
- 93% согласны или полностью согласны, что внедрение точного земледелия является полезным;
- 84% в настоящее время используют технологии ТЗ;
- 84% имеют возможности мониторинга;
- 83% просматривают снимки полей;
- 79% используют GPS для автоматического управления оборудованием;
- 75% намерены использовать элементы ТЗ в будущем;

- 75% используют ПО для ТЗ;
  - 73% используют Automatic Sectional Control;
  - 72% используют для управления приложения или веб-сайты для смартфонов или планшетов;
  - 68% используют датчики температуры и/или влажности в 25–100% хранящегося зерна;
  - 60% комбайнов оснащены GPS;
  - 52% были не удовлетворены интернет-сервисом и скоростью Интернета;
  - 50% регистрируют и хранят данные об урожайности;
  - 48% создали карты урожайности;
  - 28% просматривали в сезон спутниковые снимки посевов;
  - 19% просматривали в сезон снимки БПЛА;
  - 21% используют бесплатный прогноз погоды от государственных сетей в качестве основной информации о погоде;
  - 10% используют сведения платной службы погоды как первичную метеорологическую информацию;
  - 13% используют Wi-Fi или сотовую сеть для передачи данных.
- Средний возраст опрошенных составил от 35 до 44 лет.

Средняя посевная площадь хозяйств, в которых работают опрошенные, составила от 900 до 1500 га. Западноканадские хозяйства, как правило, намного больше, чем фермы в Восточной Канаде или на Среднем Западе США.

Средний годовой доход опрошенных фермеров был выше \$2 млн. Это выше, чем средний национальный показатель по сравнению с переписью 2011 г.

Некоторые результаты опроса представлены на рисунках 13.28–13.36.

На вопрос: «Используете ли вы системы GPS-навигации для работы на ферме?» только 2% ответили, что не используют.

Оцифровка полей позволяет определять площадь поля и препятствий или необрезанные области внутри него. Границы цифрового поля могут создаваться непосредственно в поле или удаленно с помощью программного обеспечения и изображений геоинформационной системы. Точность границ цифрового поля может варьировать в зависимости от используемых методов.



Рисунок 13.28 – Спектр ответов на вопрос: «Используются ли в вашем хозяйстве технологии точного земледелия?»

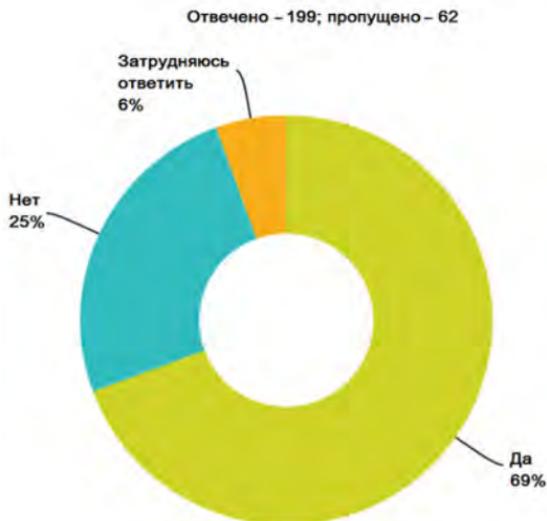


Рисунок 13.29 – Спектр ответов на вопрос: «Фиксируете ли вы GPS-координаты мест отбора проб почвы, с тем чтобы в будущем можно было производить его из того же места?»

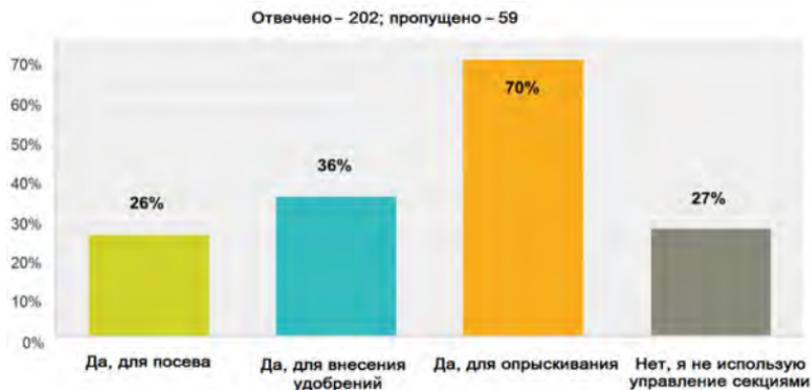


Рисунок 13.30 – Спектр ответов на вопрос: «Использовали ли вы автоматическое управление секциями при посеве, внесении удобрений, опрыскивании в 2016 году?»

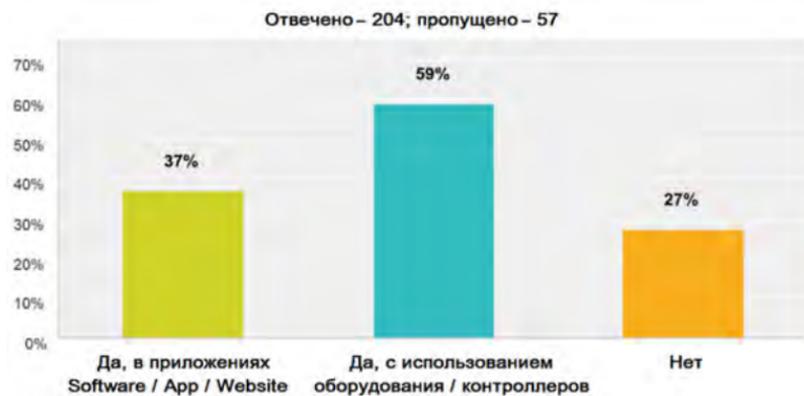


Рисунок 13.31 – Спектр ответов на вопрос: «Выполнялась ли у вас оцифровка полей?»

Фотографии и изображения сельскохозяйственных угодий и конкретные сроки развития сельскохозяйственных культур за предыдущие годы могут дать информацию о природных и антропогенных особенностях земли. Карты обеспечивают пространственную привязку для отображения многих видов исторической и текущей информации (рис. 13.32).

В качестве преимуществ точного земледелия являются повышение эффективности хозяйства и точности входа растений (рис. 13.33).

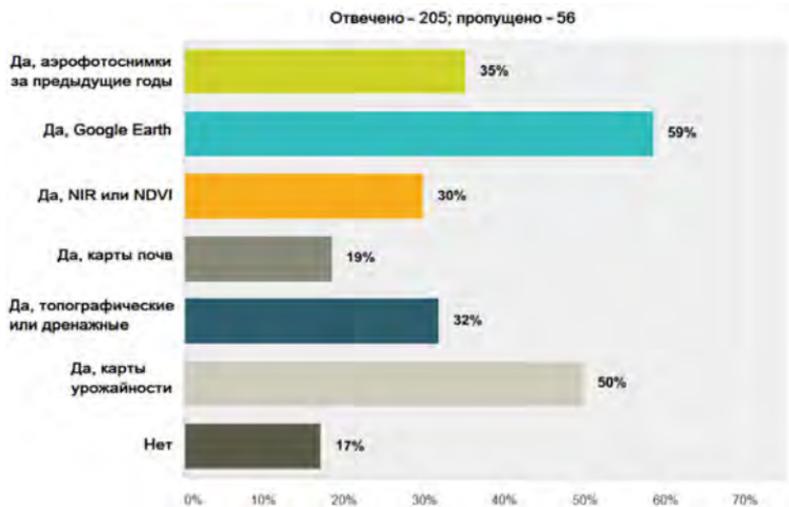


Рисунок 13.32 – Спектр ответов на вопрос: «В 2016 г. вы рассматривали снимки или карты полей вашего хозяйства?»

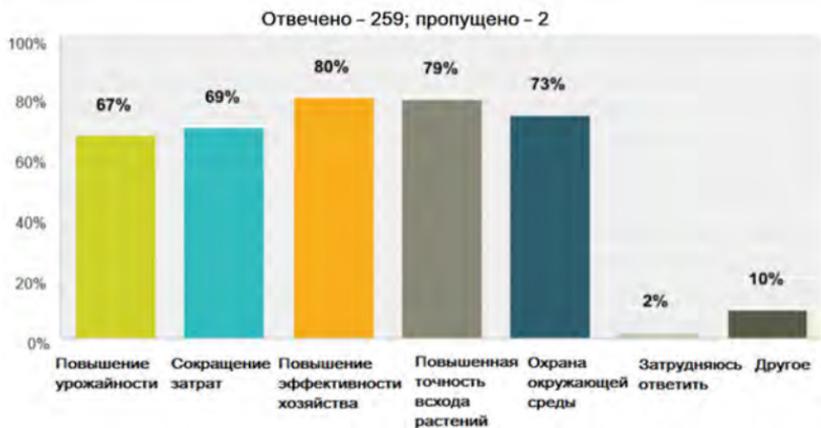


Рисунок 13.33 – Спектр ответов на вопрос: «Каковы основные преимущества точного земледелия?»

Пять выделенных респондентами барьеров или ограничений, влияющих на внедрение фермерскими хозяйствами технологий точного земледелия (рис. 13.34):

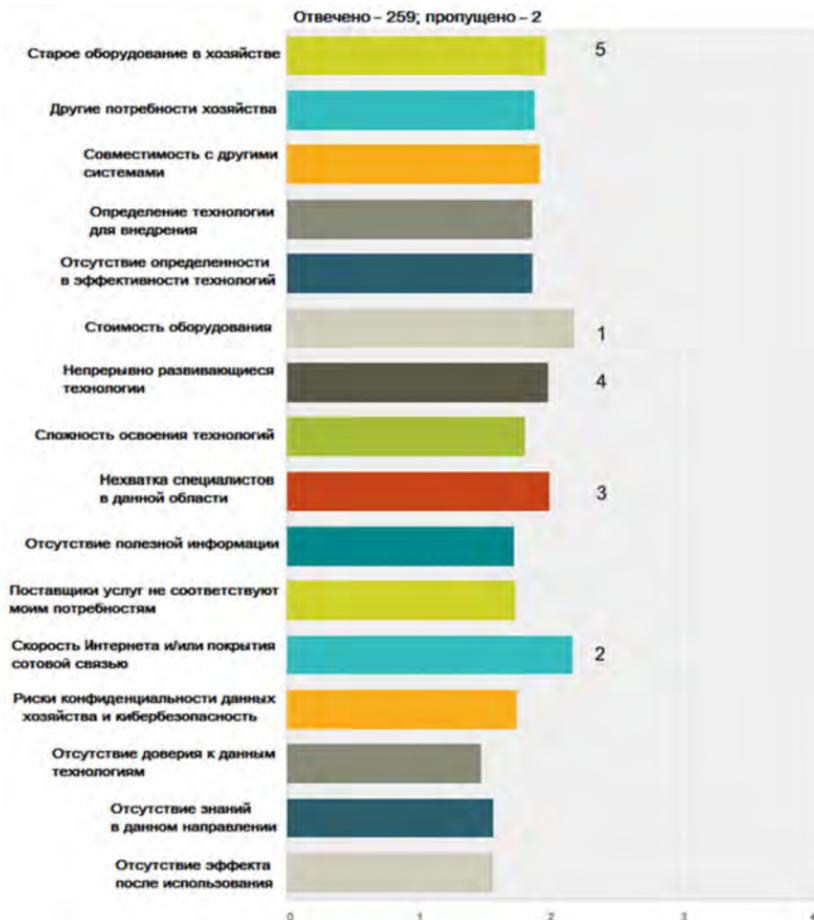


Рисунок 13.34 – Спектр ответов на вопрос: «Каковы, на ваш взгляд, барьеры или ограничения, влияющие на внедрение фермерскими хозяйствами технологий точного земледелия?»

- стоимость оборудования для точного земледелия и приложений;
- скорость Интернета и покрытие сотовой связью;
- нехватка специалистов, работающих с технологиями ТЗ;

- ограничения, связанные с постоянно развивающимися технологиями ТЗ;
- наличие устаревшего оборудования в хозяйстве, которое усложняет внедрение данных технологий.

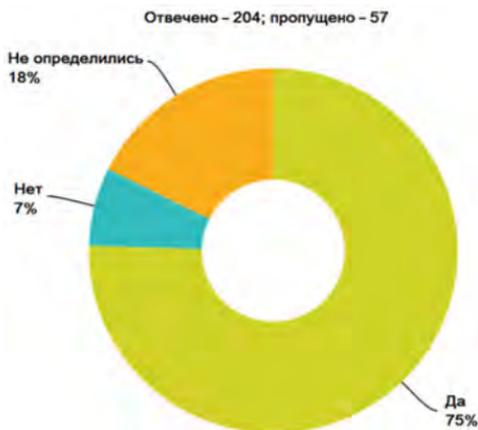


Рисунок 13.35 – Спектр ответов на вопрос: «Вы собираетесь использовать более точные инструменты сельского хозяйства в будущем?»

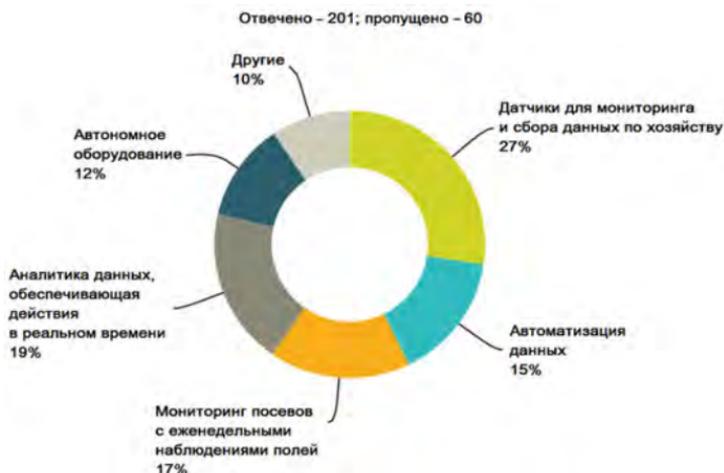


Рисунок 13.36 – Спектр ответов на вопрос: «Какие технологии в течение следующих 2 лет принесут наибольшую пользу вашему бизнесу?»

60% фермеров используют программное обеспечение на компьютере для управления хозяйством.

Наиболее распространенные поставщики программного обеспечения для обеспечения управления сельским хозяйством:

1. Farm Credit Canada;
2. Trimble;
3. Ag Leader – SMS;
4. Farmers Edge;
5. John Deere.

### ***Вопросы для самопроверки***

1. Состояние и перспективы цифровой экономики.
2. Состояние и проблемы цифровой экономики в АПК России.
3. Точное сельское хозяйство в ЕС.
4. Прогноз развития точного сельского хозяйства в ЕС.
5. Европейская политика в области точного сельского хозяйства.

## 14. ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР В ОБЛАСТИ ТОЧНОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА, АВТОМАТИЗАЦИИ И РОБОТИЗАЦИИ

В мире с 2010 по 2014 г. было получено 5337 патентов, относящихся к точному сельскому хозяйству: различные датчики, способы подключения оборудования, автоматизированные системы для молочных ферм, автономные транспортные средства, устройства, обеспечивающие точность вождения и работы комбайнов и косилок, датчики и комплектующие для автономного вождения, комплектующие и узлы трактора.

Около 70% этих патентов выдано Северной Америкой, 15% – Европой, 8% – Китаем и 7% – другими странами.

С целью анализа уровня техники в области точного сельского хозяйства, автоматизации и роботизации был проведен патентный обзор (патентный ландшафт) в соответствии с методическими рекомендациями, утвержденными приказом Роспатента от 23 января 2017 г. № 8. Патентный обзор проводился с целью систематизации, анализа отобранных документов и определения тенденций развития данного направления. Проведенный обзор по типу относится к технологическому анализу, по категории – к макроанализу, поскольку было просмотрено более 10 тыс. патентных документов. Глубина поиска составила 7 лет (2012–2018), она обусловлена тем, что точное сельское хозяйство представляет собой новую техническую отрасль, стремительно развивающуюся в последние годы.

Для статистической и интеллектуальной обработки больших объемов научно-технической информации проводился один из видов патентного анализа – *патентный ландшафт* (англ. Patent Landscape), это информационно-аналитическое исследование патентной документации, показывающее в общем виде патентную ситуацию в определенном технологическом направлении либо в отношении патентной активности субъектов инновационной сферы с учетом временной динамики и территориального признака – страны, региона или в мировом масштабе. Представляя инструментарий патентного анализа в целом, патентный ландшафт многократно усиливает потенциал его результатов за счет методов визуализации и многомерных аналитических представлений.

Главное преимущество такого анализа заключается в возможности оперативного представления, сравнения и оценки соотношения лидеров, аутсайдеров, наиболее перспективных участников рынка либо технологий, а также изменений этого параметра во временной динамике.

Проведение поиска осуществлялось путем формирования семейств патентов-аналогов – простых и расширенных. Простые патентные семейства – это совокупность всех заявок, поданных на одно и то же изобретение и имеющих общий одинаковый приоритет. Расширенные семейства включают в себя документы, прямо или косвенно связанные приоритетами, в том числе и выделенные заявки.

Патентный обзор проводился по базе данных Европейской патентной организации, содержащей документацию более 90 стран и международных организаций с применением расширенного поиска, в результате которого был просмотрен 25 731 патентный документ, из которых отобран 2251 по следующим системам *точного сельского хозяйства*:

- точное земледелие;
- автоматизация в растениеводстве;
- роботизация в растениеводстве;
- точное животноводство;
- роботизация в животноводстве

и по следующим направлениям *точного земледелия*:

- контроль движения с.-х. машин;
- уборка урожая;
- пробоотборники, анализ почвы;
- посев, внесение удобрений, полив;
- использование беспилотных летательных аппаратов;
- роботизация;
- автоматизация,

а также по подсистемам *точного животноводства*:

- идентификация и мониторинг отдельных особей с использованием современных информационных технологий (рацион кормления, удой, привес, температура тела, активность), удовлетворение их индивидуальных потребностей;
- автоматическое регулирование микроклимата и контроль за вредными газами;
- мониторинг состояния здоровья стада;
- мониторинг качества продукции животноводства;

- электронная база данных производственного процесса;
- роботизация в процессе доения.

Патентный обзор проведен по индексам Международной патентной классификации (МПК) и введенной в 2013 г. Совместной патентной классификации (СПС), являющейся двусторонней системой.

Обзор проводился также по наименованию заявителя и по ключевым словам, соответствующим определенной тематике.

Результаты анализа патентной активности методом патентного ландшафта ведущих фирм по странам, работающим в направлении точного сельского хозяйства, представлены в таблице 14.1.

*Таблица 14.1 – Количество просмотренных и отобранных для анализа патентных документов в области точного сельского хозяйства*

Индекс СПС, МПК	Область поиска	Количество документов	
		просмотренных	отобранных
1	2	3	4
<b>Точное земледелие</b>			
A01B 69/00 A01B79/00 G05D1/00	Рулевое управление с.-х. машинами, методы работы	9302	497
A01D41/00 G05D1/00	Сбор урожая, комбайны, контроль хода	1782	308
A01C21/00 G05D1/00	Посев, внесение удобрений, полив	3526	339
A01C21/00 G01N1/00	Пробоотборники, анализ почвы	224	58
A01B79/005 B64C2201/00	БПЛА	198	67
A01C21/00 A01B79/00	Автоматизация и роботизация	650	159
Итого		15 682	1421
<b>Точное животноводство</b>			
A01K1/00 A01K7/00 A01K29/00 A01J5/007 A61B5/024 A61D17/002 A61M5/31 G06K9/00	Идентификация и мониторинг отдельных особей с использованием современных информационных технологий (рацион кормления, удой, привес, температура тела, активность), удовлетворение их индивидуальных потребностей	3297	188
A01J7/04 A01K11/00 A01K13/00 A01K23/00 A01K29/00	Автоматическое регулирование микроклимата и контроль за вредными газами	823	111

Продолжение табл. 14.1

Индекс СПС, МПК	Область поиска	Количество документов	
		просмотренных	отобранных
1	2	3	4
Точное животноводство			
A01J5/00 A01J9/00 A01K29/00 A01K11/00 A01K15/02 A61B7/003 G05B15/02 G06K17/00	Мониторинг состояния здоровья стада	650	115
A01K29/00 A01K5/02 A23K50/10 A01J5/013 G01N21/25	Мониторинг качества продукции животноводства	634	48
A01J5/007 A01K11/00 A01K29/00 G01G17/08 G05B15/02 G06Q50/02	Электронная база данных производственного процесса	2320	231
A01J5/02 A01J7/025 A01K1/12 G01V8/12 G01S1/02	Роботизация в процессе доения	1325	137
Итого		9049	830

В таблице 14.2 отражено количество патентных документов всех стран, участвующих в развитии направления «Точное сельское хозяйство».

Таблица 14.2 – Количество отобранных для анализа патентных документов по направлению «Точное сельское хозяйство»

Направление	Страна	Год публикации							За 7 лет
		2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Точное земледелие	США	214	166	105	113	89	28	39	754
	Германия	34	39	32	20	17	21	13	176
	Япония	82	53	34	11	17	–	–	197
	Китай	40	14	19	4	5	3	4	89
	Франция	9	6	5	7	3	1	–	31
	Канада	2	3	1	–	2	1	2	11
	Россия	20		1	2	1	–	2	26
	Нидерланды	2	2	–	2	–	–	2	8
	Корея	1	2	2	–	–	–	–	5
Мексика		3	–	–	–	–	–	3	

Продолжение табл. 14.2

Направление	Страна	Год публикации							За 7 лет
		2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Точное земледелие	Украина	1	–	1	–	2	–	–	3
	Бразилия	18	1	1	–	–	–	–	20
	Австралия	10	–	–	2	–	–	–	12
	Португалия	–	1	–	–	–	–	–	1
	Сингапур	1	1	–	–	–	–	–	2
	Индия	–	1	–	–	–	–	–	1
	Израиль	1	1	1	–	–	–	–	3
	Румыния	–	–	1	–	–	–	–	1
	Чили	1	–	1	–	–	–	–	2
Новая Зеландия	1	–	–	1	–	–	–	2	
Автоматизация в растениеводстве	США	6	10	7	5	1	–	1	30
	Германия	4	4	6	1	1	1	1	18
	Россия	1	–	–	–	–	1	–	1
	Япония	3	1	1	–	–	–	–	5
	Китай	6	1	1	–	–	–	–	8
	Франция	–	–	–	1	–	1	–	2
	Корея	–	–	–	1	–	–	–	1
Нидерланды	2	–	1	–	–	–	–	3	
Роботизация в растениеводстве	США	14	12	15	8	2	–	2	53
	Япония	1	2	2	1	1	1	1	9
	Китай	8	2	2	2	2	–	–	16
	Россия	7	1	1	–	–	–	–	10
	США	32	52	36	21	21	12	18	194
Точное животноводство	Нидерланды	18	43	39	55	33	17	15	220
	Швеция	30	30	16	18	23	13	6	136
	Китай	17	11	8	2	–	–	–	35
	Австрия	4	5	7	5	–	–	–	21
	Япония	7	13	12	1	–	1	–	34
	Новая Зеландия	3	4	8	2	3	–	–	20
	Израиль	–	5	1	4	–	–	–	10
	Германия	2	5	2	1	2	1	1	14
	Канада	3	5	–	–	–	–	–	8
	Россия	9	6	–	1	–	1	–	17
Роботизация в процессе доения	Аргентина	–	4	1	–	–	–	–	10
	Испания	–	2	–	–	–	–	–	2
	Великобритания	–	5	4	–	2	–	–	11
	США	16	19	20	5	9	–	30	99
	Нидерланды	7	–	2	3	2	2	3	19
	Швеция	4	–	4	1	1	2	3	15
Россия	2	–	–	–	–	–	–	2	

При анализе результатов патентного обзора установлено, что в инновационном развитии точного сельского хозяйства участвовало 26 стран, среди которых отобраны 10 заявителей, имеющих высокую патентную активность, динамика которой представлена на гистограмме (рис. 14.1). Ее анализ показывает, что по направлению «Точное

*земледелие»* лидирующее положение занимают **США (754 патента), Япония (197) и Германия (176)**.

По направлению *«Автоматизация в растениеводстве»* в лидерах – **США (30), Германия (18), Китай (8)**; по направлению *«Роботизация в растениеводстве»* – **США (53), Китай (16) и Россия (10)**.

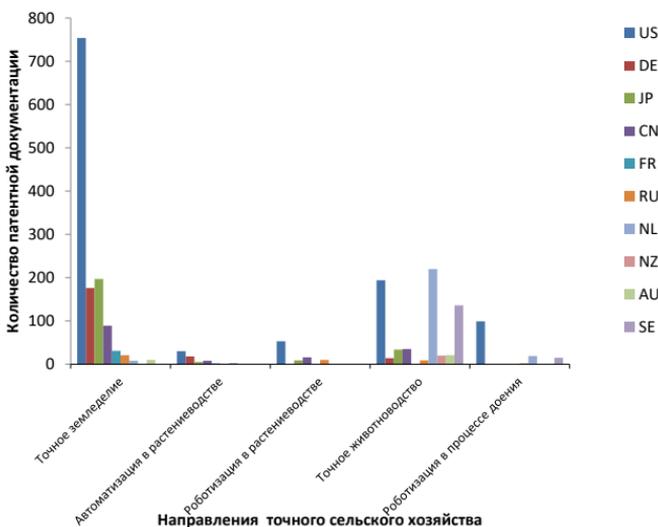
По направлению *«Точное животноводство»* лидерами являются **Нидерланды (220), США (194) и Швеция (136)**.

В подсистеме *«Роботизация в процессе доения»* в лидерах – **США (99), Нидерланды (19) и Швеция (15)**.

Россия попадает в 10 топ-заявителей, но находится на последнем месте. На ее счету – **40 патентов** в области точного сельского хозяйства.

### **Анализ патентной документации по направлению «Точное земледелие»**

В таблице 14.3 представлено для анализа количество отобранных патентных документов за период 2012–2018 гг. по направлению «Точное земледелие».



**Рисунок 14.1 – Количество патентной документации в области точного сельского хозяйства 10 стран-заявителей (2012–2018)**

Таблица 14.3 – Количество отобранных для анализа патентных документов в области точного земледелия

Направление	Страна	Год публикации							За 7 лет
		2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Контроль движения с.-х. машин	США	84	57	34	36	34	18	13	276
	Япония	76	30	26	10	12	–	–	144
	Германия	2	9	6	11	3	7	4	42
	Китай	14	5	5	2	2	2	1	31
	Франция		2	4	–	2	1	–	9
	Россия	3	1	–	2	–	–	2	8
	Нидерланды		1	–	2	–	–	2	5
	Корея		2	2	–	–	–	–	4
	Мексика		3	–	–	–	–	–	3
	Израиль	1	–	1	–	–	–	–	2
	Бразилия	3	–	1	–	–	–	–	4
Румыния		–	1	–	–	–	–	1	
Чили		–	1	–	–	–	–	1	
Уборка урожая	США	76	34	14	42	30	11	14	218
	Германия	20	13	6	5	8	8	3	63
	Япония	11	8	5	1	2	–	–	27
	Китай	3	1	5	1	–	–	–	10
	Франция	7	2	–	–	–	–	–	9
	Россия	3							3
Пробоотборники почвы	Канада		–	1	–	–	–	–	1
	США	14	10	9	6	6	1	2	48
	Китай	1	1	1	–	–	–	–	3
	Россия	3	–	1	–	–	–	–	4
	Индия		1	–	–	–	–	–	1
	Новая Зеландия		–	–	1	–	–	–	1
Посев Внесение удобрений Полив	Австрия	1							1
	США	53	65	48	29	19	7	10	231
	Германия	2	16	20	3	5	6	4	56
	Япония	5	14	3	–	–	–	–	22
	Китай	6	6	7	–	2	1	–	22
	Франция	2	2	1	7	1	–	–	13
	Канада	2	3	–	–	2	1	2	10
	Россия	5	1	2	–	1	–	2	11
	Украина		–	1	–	2	–	–	3
	Австралия	8		–	2	–	–	–	10
	Нидерланды		2	–	–	–	–	–	2
	Португалия		1	–	–	–	–	–	1
	Бразилия	7	1	–	–	–	–	–	8
Сингапур		1	–	–	–	–	–	1	

Продолжение табл. 14.3

Направление	Страна	Год публикации							За 7 лет
		2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	
Беспилотные летательные аппараты	США	30	11	7	–	2	–	–	50
	Германия	3	1	–	1	1	–	2	8
	Япония	3	1	–	–	5	–	–	9
	Китай	5	1	1	1	1	–	–	9
	Россия	6							6
Роботизация	США	14	10	15	8	2	–	2	51
	Китай	5	2	2	2	2	–	–	13
	Япония	1	2	1	1	1	1	1	8
	Россия	7	–	3	2	–	–	2	14
	Нидерланды		–	1	–	–	–	–	1
	Корея		–	–	1	–	–	–	1
Автоматизация	США	20	12	7	5	1	–	1	46
	Германия	4	4	6	1	1	1	1	16
	Япония	2							2
	Россия	1							1

В таблице 14.4 представлено общее количество патентных документов по разным направлениям точного земледелия.

Таблица 14.4 – Общее количество патентных документов по разным направлениям точного земледелия за период 2012–2018 гг. (США, Германия, Япония, Китай, Россия и другие страны)

Направление	Год публикации							За 7 лет
	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	
Контроль движения с.-х. машин	183	105	81	63	55	28	21	536
Уборка урожая	120	76	31	48	38	19	17	349
Пробоотборники почвы	18	12	11	7	6	1	2	58
Посев Внесение удобрений Полив	90	111	82	41	32	15	16	387
Беспилотные летательные аппараты	47	17	8	2	9	–	2	85
Роботизация	27	14	22	14	5	1	4	87
Автоматизация	27	20	20	8	2	4	2	83
Итого								1583

В таблицах 14.5–14.10 представлено количество охранных документов, полученных в соответствующих странах и международных организациях, указанных в виде кода:

**AR** – Аргентина; **AU** – Австралия; **BR** – Бразилия; **CA** – Канада; **CN** – Китай; **CL** – Чили; **DE** – Германия; **DK** – Дания; **EP** – Европейская заявка, Европейское патентное ведомство (ЕПВ); **ES** – Испания; **FI** – Финляндия; **FR** – Франция; **GB** – Великобритания; **JP** – Япония; **KR** – Корея; **NZ** – Новая Зеландия; **NL** – Нидерланды; **RO** – Румыния; **RU** – Россия; **SE** – Швеция; **SI** – Словения; **US** – США; **WO** – Международная заявка Всемирной организации интеллектуальной собственности (ВОИС); **UA** – Украина, **PL** – Польша; **PT** – Португалия; **MX** – Мексика; **IL** – Израиль; **LK** – Шри-Ланка.

Таблица 14.5 – Количество отобранных для анализа патентных документов США (по фирмам)

Направление	Фирма	Год публикации							За 7 лет
		2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Контроль движения с.х. машин	CNH IND AMERICA LLC	US-16 WO-6 EP-5 AU-4 CN-6 BR-3	US-11 WO-6 EP-3 BR-2	US-6 EP-3 BR-3 UA-1	RU-1 US-1 WO-1	US-1 CN-1 EP-1	US-1 EP-1 AU-1	WO-2 US-1	87
	DEERE & CO	US-6 AU-2 CN-1 EP-7 DE-3 CA-1	US-3 EP-2 CA-1 CN-1 DE-1 GB-1	US-5 DE-3 BR-1 EP-1	US-3 EP-2 CN-2 CA-1 RU-1	US-3 CA-2 CN-2 EP-1 BR-1 GB-1 DE-1 WO-1	WO-2 US-1 EP-1 AU-1	EP-1	66
	TRIMBLE NAVIGATION LTD		EP-3 US-1 CN-1	US-10 WO-4 CA-2	EP-3 US-2 WO-1	US-3 WO-3 CN-1	US-2	US-1	37
	AGCO CORP	US-1 AU-1 CA-1 WO-4	US-4	US-4 EP-2 WO-2	US-2 WO-2 EP-1	US-3 WO-2	US-1	US-1	32
	BLUE RIVER TECHNOLOGY INC		US-1	EP-2 US-1	US-7 WO-3 EP-1	–	US-2 WO-1	–	18
	KINZE MFG INC	US-1	–	AR-4 EP-1	US-6 WO-4	–	–	–	16
	AGJUNCTION LLC	US-1 CA-1 WO-1	–	US-3	US-1 BR-1 CA-1	US-1	AU-1	US-2	13
	PREC PLANTING LLC		EP-1 US-1	AU-1 CN-1 WO-1	CA-1 WO-1	–	–	–	7
	AGCO PROJECT OFFICE		–	US-1 EP-1	US-1 WO-1	–	–	–	4
	RAVEN IND INC		–	–	US-2	US-1	–	–	3
	KELLUM CARROLL C		–	–	–	–	US-1 EP-1	–	2
	JAYBRIDGE ROBOTICS INC	US-4 A-1 CA-1	–	–	–	US-1	–	–	7

Продолжение табл. 14.5

Направление	Фирма	Год публикации							За 7 лет
		2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Контроль движения с.х. машин	MCCLURE JOHN A		-	-	-	US-1	-	-	1
	JACCOMA ANDREW		-	US-1	-	-	-	-	1
	SENSIBLE SPREADER TECHNOLOGIES LLC		-	-	-	US-1	-	-	1
Уборка урожая	DEERE & CO	AU-6 DE-3 EP-9 US-14 BR-6	EP-4 US-3 CA-1 CN-1 RU-1 BR-1	EP-6 BR-5 US-5 DE-1	CA-1 CN-1 EP-1 US-1 RU-1	EP-3 US-2 AU-2 CN-1 CA-1	US-2 WO-2 US-1 WO-1 CN-1	EP-2 AU-1	90
	CNH IND AMERICA LLC	US-8 EP-9 WO-4 BR-4	US-14 WO-9 EP-4	BR-1 WO-3 US-3	WO-4 US-1	-	-	-	68
		CN-5 CA-1							
	PREC PLANTING LLC		-	US-16	-	CA-1 WO-1	-	-	18
	TRIMBLE NAVIGATION LTD		-	-	US-4	CN-1 EP-1	US-3 WO-1	-	10
	RAVEN IND INC		-	US-1	DE-1	US-1 WO-1	-	-	4
	AGCO CORP	US-8 WO-6							14
Посев Внесение удобрений Полив	INTELLIGENT AGRICULTURAL SOLUTIONS LLC	WO-2 AU-1 EP-3	US-2 EP-2	US-8 CA-2 EP-2 WO-2	CA-2 WO-2	US-2 WO-1	AU-1 US-1	CA-1 US-1 WO-1	36
	DEERE & CO	US-8 EP-12 AU-6 CN-2 DE-5 BR-3 AR-1	US-2 EP-2 AU-1 CA-1 DE-1	AR-1 AU-1 CA-1 DE-1 US-1	BR-1 EP-1 US-1	-	-	US-2 EP-1 AR-1 AU-1 BR-1 CA-1	49
	KINZE MFG INC	US-1 WO-1	US-1 UA-1	US-2 RU-1	US-1 DE-1 CL-1	US-3 WO-1	-	US-1	15
	CLEAN SEED AGRICULTURAL MACHINERY LTD	US-1	-	EP-2 MX-1 CN-1 US-1	AU-1	CA-1 WO-1	-	-	9
	CNH IND AMERICA LLC	BR-3 US-4 CA-1 PL-1 EP-1 AU-1	US-2	US-2 CA-2 BR-1	-	-	-	-	18

Продолжение табл. 14.5

Направление	Фирма	Год публикации							За 7 лет
		2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Посев Внесение удобрений Полив	THE CLIMATE CORP	AR-1 BR-1 AU-2 EP-7 US-7 CN-3 JP-1 KR-1 WO-3	US-1	AU-1 CN-1 EP-1	CA-1 WO-1	-	-	-	32
	TRIMBLE NAVIGATION LTD		US-1	US-2	US-1	-	-	-	4
	DOW AGROSCIENCES LLC		-	AR-1	US-1 BR-1 WO-1	-	-	-	4
	VERIS TECH INC	US-1	US-3	-	-	-	-	-	3
	BALL HORTICULTURAL CO		US-1 EP-1	-	-	-	-	-	2
	ONE PASS IMPLEMENTS INC		-	-	-	-	-	US-1	1
	ROWBOT SYSTEMS LLC	US-1 BR-1	US-1	-	-	-	-	-	3
	TSD INTEGRATED CONTROLS LLC		-	-	-	BR-1	-	-	1
Пробоотборники и анализ почвы	TRIMBLE NAVIGATION LTD		-	US-1	US-1	US-4 CN-1 EP-1	US-3 CN-2 DE-2 EP-1 JP-1 WO-1	US-10 CN-1 DE-1 JP-1 WO-1	32
	DEERE & CO	CN-2 EP-2 US-2							6
	KINZE MFG INC		US-2	-	US-3 RU-3	EP-3	US-3	WO-3	17
	CNH IND AMERICA LLC	BR-1 CA-1 BS-1	US-1 EP-1	-	US-3 WO-3	-	-	-	11
	PURESENSE ENVIRONMENTAL INC		-	-	US-3	US-2	-	WO-2	7
	FLORATINE PRODUCTS GROUP INC		US-1	CA-1 WO-1	-	-	-	-	3
	GVM INC	US-1	-	-	-	CA-1	-	-	1
	AQUASPY INC		US-1	-	-	-	-	-	1
Беспилотные летательные аппараты	THE CLIMATE CORP	US-2 AR-1 WO-1 EP-1 AU-1							6
	BEE ROBOTICS CORP	US-3 A-1 CA-1 WO-1	-	EP-2 US-1	-	US-3 WO-2	-	-	14
	CLIMATE CORP	US-2 CL-1 AU-1 CN-1 EP-1	EP-1 AU-1 CN-1	US-1 AR-1 WO-1	-	-	-	-	12

Продолжение табл. 14.5

Направление	Фирма	Год публикации							За 7 лет
		2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Беспилотные летательные аппараты	DEERE & CO	US-2 AU-2 CN-1 EP-2	-	JP-1 CA-1 EP-1 US-1	DE-1	-	-	-	12
	DIGI-STAR LLC		US-1 WO-1	-	-	-	-	-	2
	JAMISON JOHN PAUL		US-1	-	WO-1	-	-	-	2
	TOPCON POSITIONING SYSTEMS INC	JP-1 AU-1 EP-2 US-1 WO-1 CA-1	US-1 WO-1	-	-	-	-	-	2
	DRONE SEED	US-2 CA-1 A-1 BR-1 CN-1 WO-1							7
	TRIMBLE NAVIGATION LTD		-	US-1 EP-1	-	-	-	-	2
	CUTTER TECH LLC		US-1	-	-	-	-	-	1
	CATERPILLAR INC		-	GB-1	-	-	-	-	1
	UNIV PENNSYLVANA	US-3 WO-1	-	WO-1	-	-	-	-	4
Автоматизация	PREC PLANTING LLC	AU-1 BR-1 CN-1 EP-1 US-1 MX-1	BR-1 AU-1 UA-1 US-1	US-2	-	AR-1 EP-1 US-1 ZA-1	CA-1 WO-1 AU-1 EP-1 US-1	WO-1 CA-1	23
	DEERE&CO	DE-1 EP-3 BR-3 US-3 CN-1 AR-1 CA-1	-	CN-1 US-1	EP-1 BR-1 US-1	BR-1 EA-1 EP-1 US-1	-	-	22
	CNH IND AMERICA LLC	US-1	US-1 BR-1	US-2 EP-1 CN-1	WO-1	WO-1	-	-	9
	STACHON WALT		-	BR-1	US-1	-	CN-1 US-3 EP-1	-	7
	AGCO CORP		US-1	EP-1	CA-1 WO-1	-	-	-	4
	TSD INTEGRATED KONTROLZ LLK		-	-	-	BR-1	-	-	1
	CLIMAT CORP	AR-1 US-2 WO-1							4
	KINZE MFG INC	WO-3 US-1							4

Продолжение табл. 14.5

Направление	Фирма	Год публикации							За 7 лет
		2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Роботизация	BEE ROBOTICS CORP	US-3 BR-1	-	US-1 EP-1	-	US-1 WO-1	-		8
	KINZE MFG INC	US-1							1
	DEERE&CO	US-3 EP-2							5

Таблица 14.6 – Количество отобранных для анализа патентных документов Китая (по фирмам)

Направление	Фирма	Год публикации							За 7 лет
		2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Контроль движения с.-х. машин	HAN LI	CN-1	-	CN-1	EP-1 RU-1 US-1 CN-1	-	-	-	6
	GRAF PLESEN MOGENS MAX SOPHUS EDZARD		WO-2	-	-	-	-	-	2
	AGCO INT GMBH		-	WO-1	-	-	-	-	1
	ANHUI YUNWEI INFORMATION SCIENCE & TECHNOLOGY CO LTD		-	-	-	CN-1	-	-	1
	UNIV NANJING POSTS & TELE-COMM		-	-	-	CN-1	-	-	1
	ZHEJIANG PUBLIC INFORMATION INDUSTRY CO LTD		-	-	-	CN-1	-	-	1
Уборка урожая	UNIV JIANGSU		-	WO-1 CN-1	CN-1	-	JIANGSU	-	3
	UNIV NANJING AGRICULTURAL	CN-1							1
Посев Внесенные удобрения Полив	CHINA NAT RICE RES INST		CN-2	-	-	-	-	-	2
	DEBONT CO LTD		CN-2	-	-	-	-	-	2
	UNIV NANJING AGRICULTURAL	CN-4							4
	SHANGHAI CITY SHANGHAI FARMS		-	-	-	CN-1	-	-	1
	LI YONGQIANG		-	CN-1	-	-	-	-	1
	CENTER OF INTELLIGENT EQUIPMENT FOR AGRICULTURE		-	CN-1	-	-	-	-	1
	SHANDONGH ANGXIANG ELECTRONIC SCIENCE & TECHCO LTD		-	CN-1	-	-	-	-	1
	UNIV NORTH CHINA	CN-6 WO-1	-	-	-	-	CN-1	-	8
Проботборники и анализ почвы	HARBIN PENGLAI SCIENCE AND TECH DEV CO LTD		CN-1	-	-	-	-	-	1
	UNIV NANJING AGRICULTURAL	CN-1	CN-1	-	-	-	-	-	2
Беспилотные летательные аппараты	CHANGZHOU ENV MONITORING CENTER NANJING INST OF ENV SCIENCES MINI OF ENV PROT		CN-1	-	-	-	-	-	1
	ZHENGZHOU ZHENGHANG GENERAL AVIATION IND TECH CO LTD		-	CN-1	-	-	-	-	1
Автоматизация	JOHN DEERE TIANJIN COMPANY LTD	CN-1	-	CN-1	-	-	-	-	2
	UNIV NANJING AGRICULTURAL	CN-1							

Продолжение табл. 14.6

Направление	Фирма	Год публикации							За 7 лет
		2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Автоматизация	XI'AN KUOLI MACHANICAL AND ELECTRICAL TECH CO LTD		-	CN-1	-	-	-	-	1
	ZHENJIANG JIAXIN PREC IND EQUIPMENT CO LTD		-	CN-1	-	-	-	-	1
	HUBEI UNIV OF TECH		-	CN-1	-	-	-	-	1
Роботизация	ZHEJIANG DESHANG INTELLIGENT TECH CO LTD		-	CN-1	-	-	-	-	1
	UNIV NANJING AGRICULTURAL	CN-1							1
	JINLING INST TECHNOLOGY		-	CN-1	-	-	-	-	1

Таблица 14.7 – Количество отобранных для анализа патентных документов Германии (по фирмам)

Направление	Фирма	Год публикации							За 7 лет
		2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Контроль движения с.-х. машин	CLAAS SELBSTFAHR ERNTEMASCH		EP-4 DE-4	RU-2 EP-1 DE-1	DE-4 EP-4 US-2 AR-1 CN-1	RU-1	ES-1 DE-1 EP-1 US-1	EP-3	32
	CLAAS AGRO SYSTEMS KGAA MBH & CO KG		-	RU-1	EP-2 DE-2 US-2 RU-1	RU-1 EP-1 DE-1	EP-1 DE-1 US-1	-	14
	CLAAS SAULGAU GMBH	WO-1 DE-1	SI-1	DE-3 EP-3 DK-1	-	SI-1 DE-1 EP-1	-	DE-1 EP-1	15
	CLAAS E SYSTEMS KGAA MBH & CO KG		DE-1	EP-1	DE-2 EP-2 US-1	-	-	-	7
	BOSCH GMBH ROBERT		-	-	-	DE-1	-	-	1
	DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT-UND RAUMFAHRT		-	DE-1	-	-	-	-	1
	VOLGER THEO GRANDL LUDWIG		-	-	US-1	-	-	-	1
Уборка урожая	CLAAS SELBSTFAHR ERNTEMASCH	DE-5 EP-5 US-3	DE-2 EP-2 RU-2 US-2	US-2 DE-4 EP-4	-	-	-	-	31
	CLAAS AGRO SYSTEMS KGAA MBH & CO KG	US-2 EP-2 DE-1	US-1 EP-1	-	RU-2 AR-1 EP-1	DE-1 US-1	-	-	13
Посев Внесение удобрений Полив	CLAAS SELBSTFAHR ERNTEMASCH	US-2	US-1 DE-1 EP-1	-	DE-1 EP-1				7
	RAUCH LAND-MASCHFAB GMBH		-	DK-1	-	-	-	DE-1 EP-1	3

Продолжение табл. 14.7

Направление	Фирма	Год публикации							За 7 лет
		2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Посев Внесение удобрений Полив	AMAZONE	DE-2 EP-2							4
	MEYER AXEL RO- LAND		-	-	-	-	-	US-1 DE-1	2
Беспилотные летательные аппараты	JUNG VOLKER		-	-	-	DE-1	-	-	1
	WUNSCHЕ THOMAS	AU-1 CN-1 DE-2 EP-2 US-1							7
	Холдинговая ком- пания «Форвик»	CN-1 DE-1 EP-1 US-1							4
	KLAAS SELBSTFAR- ENDE EHRNTE MASHINEN GMBKH	DE-2 EP-2	-	DE-2 EP-2	EP-1 DE-1 US-1	UA-1 RU-1	-	-	16
Автоматиза- ция	CLAAS AGRO SYS- TEMS KGAA MBH & CO KG		-	-	RU-1	EP-1 US-1	-	-	3
	CLAAS SAULGAU GMBH	EP-1 SF-1	-	DE-1	-	-	-	-	1

Таблица 14.8 – Количество отобранных для анализа патентных документов Японии (по фирмам)

Направление	Фирма	Год публикации							За 7 лет
		2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Контроль движения с.-х. машин	YANMAR CO LTD	JP-10 CN-2 KR-2 WO-2 AU-1 EP-1	EP-3 JP-3 KR-3 US-2 CN-1 WO-1	JP-5 WO-3 CN-2 EP-1 KR-1	JP-6 WO-4 EP-1 US-1 AU-1	JP-3	-	-	59
	KUBOTA KK	JP-23 CN-8 EP-6 US-6 KR-2 WO-1 DE-1	CN-3 EP-2 JP-1 US-1	US-5 JP-4 WO-3	JP-1 WO-1	-	-	-	58
	ISEKI AGRICULT MACH	JP-6	-	TW-1 AU-1 CN-1 EP-1 JP-1 KR-1 NZ-1 US-1	-	-	-	-	14

Продолжение табл. 14.8

Направление	Фирма	Год публикации							За 7 лет
		2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Контроль движения с.-х. машин	TOKYO KEIKI INC		–	EP-1 JP-1 WO-1 US-1	–	–	WO-1	–	5
	SHARP KK		–	WO-1 JP-1	–	–	–	–	2
	PANASONIC IP MAN CORP		EP-1	WO-1 JP-1	–	–	–	–	2
	HONDA MOTOR CO LTD		DE-1	–	–	–	–	–	1
	MITSUBISHI AGRICULT MACH		–	–	–	–	–	JP-1	1
Уборка урожая	YANMAR CO LTD	JP-2	–	CN-1 KR-1	JP-3 WO-1 TW-1	–	–	–	9
	KUBOTA KK	US-1 CN-2 EP-1 JP-7 WO-3	CN-1	WO-1	–	–	–	–	17
	ISEKI AGRICULT MACH		–	JP-1	–	–	–	–	1
	MITSUBISHI AGRICULT MACH		–	–	–	JP-1	–	–	1
Посев Внесение удобрений Полив	KUBOTA KK		JP-5 WO-1	–	–	–	–	–	6
	SONY CORP	JP-1 DE-1 US-1 WO-1							4
	ISEKI AGRICULT MACH		–	TW-1 CN-1 JP-1 KR-1	–	–	–	–	4
	KOMATSU MFG CO LTD	JP-1 BR-1 US-1 WO-1	JP-1 WO-1	–	–	–	–	–	6
	TOPCON CORP	JP-1 US-1							2
Беспилотные летательные аппараты	NTN TOYO BEARING CO LTD		JP-1 WO-1	–	–	–	–	–	2
	ZHEJIANG SUZUKI MACHINERY CO LTD		–	–	–	CN-1	–	–	1
	YANMAR CO	JP-2							2
Автоматизация	YANMAR CO LTLTDD		CN-1	JP-1 WO-1	–	–	–	–	3
	KUBOTA KK	JP-2							2

Таблица 14.9 – Количество отобранных для анализа патентных документов России (по фирмам)

Направление	Фирма	Год публикации							За 7 лет
		2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	
Контроль движения с.-х. машин	ГНУ ВНИИ агрохимии им. Д. Н. Прянишникова		–	–	–	–	–	RU-1	1
	ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»	RU-1							1
Уборка урожая	ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»	RU-3							3
Посев Внесение удобрений Полив	ГНУ АФИ Россельхозакадемии		–	–	RU-1	–	–	–	1
	ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»	RU-3	–	RU-1	–	–	–	RU-1	5
	Санкт-Петербургский госагроуниверситет		–	–	–	RU-1	–	–	1
	ФГНУ «Российский НИИ проблем мелиорации»	RU-1							1
	ФГБОУ «Самарская госсельхозакадемия»		–	–	–	–	RU-1	–	1
Пробоотборники и анализ почвы	ГНУ АФИ Россельхозакадемии	RU-1	–	–	RU-1	–	–	–	2
	ФГБОУ «Самарская госсельхозакадемия»	RU-3							3
Беспилотные летательные аппараты	ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»	RU-1							1
	Гаврилов Н. А.	RU-1							1
	Кубанский госагроуниверситет	RU-4							4
Автоматизация	ГНУ ВИЭСХ Россельхозакадемии		–	–	–	–	RU-1	–	1
	ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»	RU-1							1
Роботизация	ГНУ ВИЭСХ Россельхозакадемии		–	–	–	–	–	RU-1	1
	ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»	RU-7	RU-1	RU-1	–	–	–	–	9

Таблица 14.10 – Количество отобранных для анализа патентных документов разных стран по фирмам

Направление	Страна, фирма	Год публикации							За 7 лет
		2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Контроль движения с.-х. машин	Франция, CLAAS TRACTOR SAS	RU-1 US-4 DE-2 EP-2	–	DE-1 EP-1	DE-1 EP-1	DE-2 EP-2	–	–	17
	Дания, BLAS MORTEN RUFUS		US-1 EP-1 RU-1	–	–	–	–	DK-1	8
	Нидерланды, LELY PATENT NV		EP-1 US-1	–	WO-1 NL-1	–	–	–	4
	Швеция, VÄDERSTAD HÖLDBING AB		SE-1 WO-1	–	–	–	–	–	2
	Дания, AGRO INTELLIGENCE APS		DK-1 WO-1	–	–	–	–	–	2
	Италия, VOLTA ROBOTOS SRC	IT-1 WO-1							2
	Румыния, UNIV TEHNICĂ DIN CLUJ NAPOCA		–	RO-1	–	–	–	–	1
Уборка урожая	Канада, HONEY BEE MFG LTD		US-1	US-1 CA-1	–	–	–	–	3
	Финляндия, JOHN DEERE FORESTRY OY		US-1 CA-1 EP-1	–	–	–	–	–	3
Посев Внесение удобрений Полив	Нидерланды, BASF AGRO B. V. ARNHEM		–	AR-1 AU-1 CN-1 EP-1 JP-1 KR-1 MX-1 US-1	TW-1 WO-1	–	–	–	10
	Дания, AGRO INTELLIGENCE APS		CN-1 EP-1	–	CA-1 WO-1	–	–	–	4
Проботборники почвы	Франция, CENTRE NAT D'ETUDES SPATIALES		–	US-1 EP-1	FR-1 WO-1	–	–	–	4
	Австралия, DI-OCIAIUTTI MARIO ALBERTO	AU-1	–	AR-1	AR-1	–	–	–	3

Продолжение табл. 14.10

Направление	Страна, фирма	Год публикации							За 7 лет
		2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Проботборники почвы	Нац. университет биоресурсов и природы человека Украины		–	–	–	UA-1	–	–	1
	Мексика, PACHECO SANCHEZ JOSÉ ANTONIO		WO-2	–	–	–	–	–	2
Беспилотные летательные аппараты	Мексика, REYES RODRIGUEZ EDWIN BISMARCK		WO-1	–	–	–	–	–	1
	Италия, DINAMICA GENERALE S P A	US-1 EP-1							2
	Сингапур, GARUDA ROBOTICS PTE LTD	US-1 WO-1 SG-1	WO-1	–	–	–	–	–	1
	Франция, KJUN S.A		–	DK-1 BR-1	UA-1	RU-1	UA-1 AU-1 CN-1 EP-1 JP-1 US-1	CA-1 WO-1	12
Автоматизация	Канада, NUTRIEN AG SOLUTIONS CANADA INC; INTSELFARM	US-2 CA-1 WO-1 CN-1 EP-1 AU-1							7
	Италия, DINAMICA GENERALE S P A	US-1 EP-1							
Роботизация	Израиль, RAMOT AT TEL-AVIV UNIV LTD	EP-1 WO-1							2

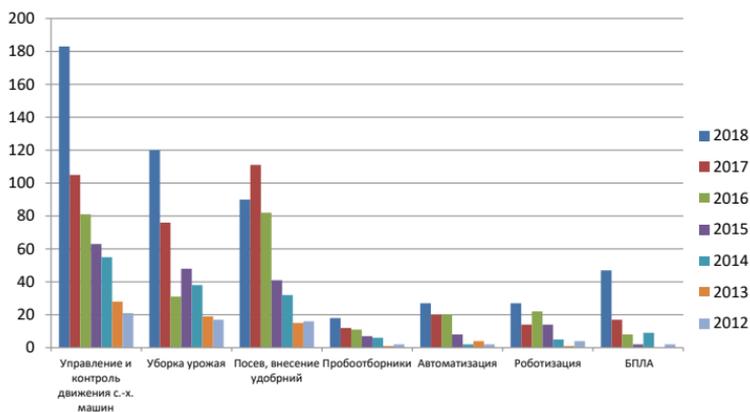
На рисунках 14.2–14.9 представлены графики статистического анализа развития области точного земледелия и его направлений в мире по странам, их фирмам; по ведущим фирмам, наиболее активно подающим заявки на изобретения в другие страны.

На графике (рис. 14.2) представлено количество поданных заявок на изобретения в мире в области точного земледелия по годам. Из графика видно, что отрасль находится на подъеме, особенно за последние

два года, в частности по направлениям: контроль движения сельскохозяйственных машин; посев, внесение удобрений и уборка урожая. Кроме того, большое количество патентных документов указывает на высокую актуальность развития точного земледелия, что предполагает вложение значительных инвестиций в отрасль.

Что касается патентной активности в области точного земледелия по странам в зависимости от года, то, исходя из данных графиков (см. рис. 14.3 и 14.4), следует сделать следующий вывод: на первом месте с большим отрывом – США, второе место можно разделить между Германией и Японией, на третьем – Китай, к данным которого можно приравнять показатели Франции и Нидерландов. К сожалению, Россия имеет низкую патентную активность в области точного земледелия.

На гистограмме (рис. 14.5) представлена патентная активность ведущих фирм США, среди которых выделяются следующие: CNH IND AMERICA LLC, TRIMBLE NAVIGATION LTD, DEERE&CO и KINZE MFG INC. Учитывая данные графика, наивысшая патентная активность наблюдается у фирмы DEERE&CO (2018). Следующей по активности является фирма CNH IND AMERICA LLC, за ней – TRIMBLE NAVIGATION LTD и далее – KINZE MFG INC. Набирают темп активности и другие фирмы – AGCO CORP, PREC PLANTING LLC, INTELLIGENT AGRICULTURAL SOLUTIONS LLC.



*Рисунок 14.2 – Общее количество патентной документации по разным направлениям точного земледелия за период 2012–2018 гг. (США, Германия, Япония, Китай, Россия и другие страны)*

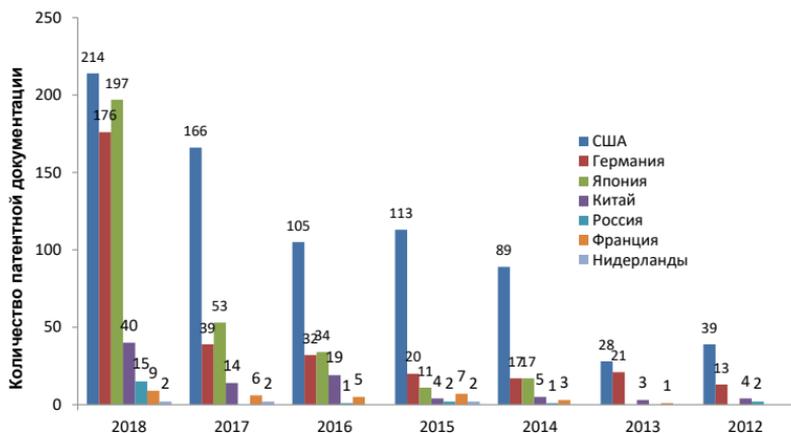
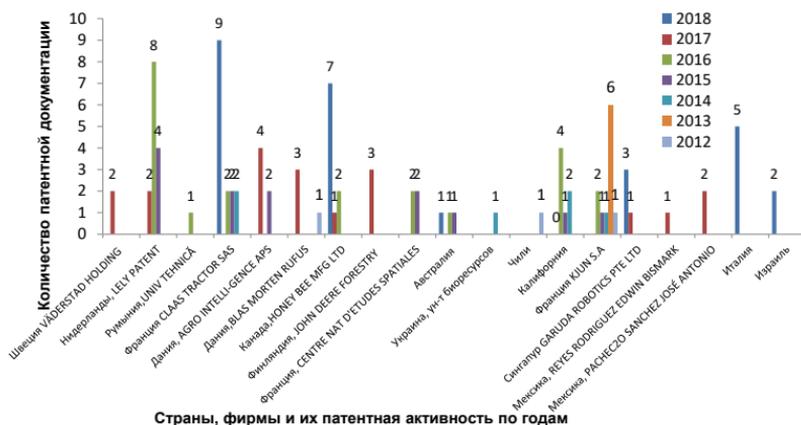


Рисунок 14.3 – Количество отобранной патентной документации в области точного земледелия по странам (2012–2018)



Страны, фирмы и их патентная активность по годам

Рисунок 14.4 – Количество патентных документов, поданных фирмами различных стран в области точного земледелия по странам (2012–2018)

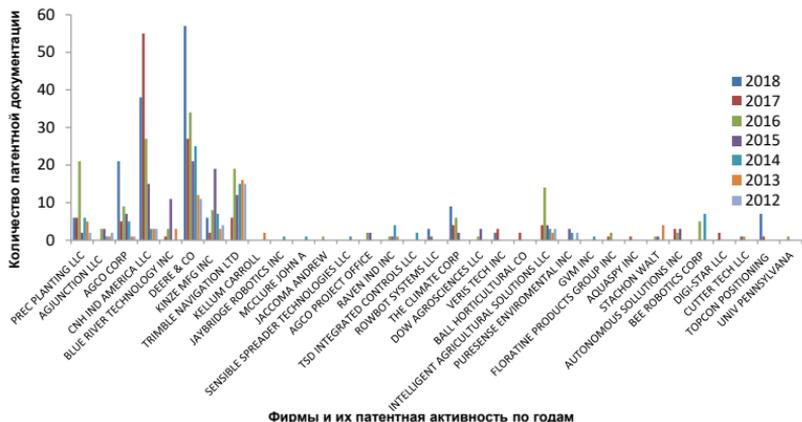


Рисунок 14.5 – Количество патентных документов, поданных фирмами США в области точного земледелия (2012–2018)

В Германии, как следует из графика (рис. 14.6), ведущими фирмами являются CLAAS SELBSTFAHR, CLAAS AGRO SYSTEMS и CLAAS SAULGAU GMBH.

Что касается Японии, то в соответствии с графиком (рис. 14.7) наиболее высокой патентной активностью обладают фирмы YANMAR CO LTD и KUBOTA KK, в 2016 г. наблюдается рост патентной активности у фирмы ISEKI AGRICULT MACH.

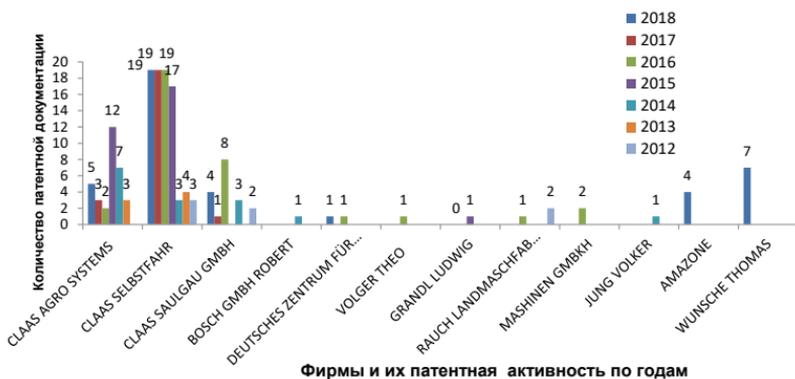
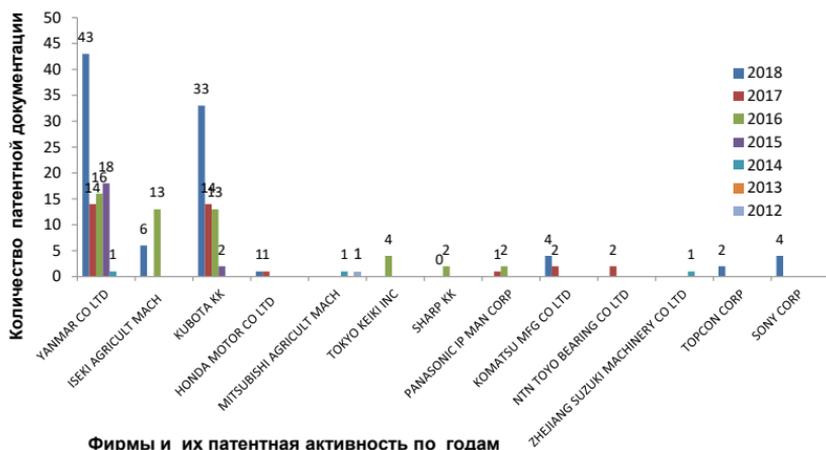


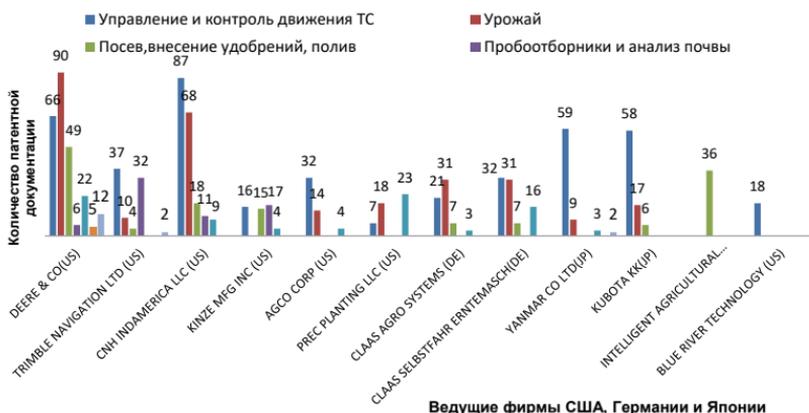
Рисунок 14.6 – Количество патентной документации фирм Германии в области точного земледелия (2012–2018)



**Фирмы и их патентная активность по годам**

*Рисунок 14.7 – Количество патентной документации фирм Японии в области точного земледелия (2012–2018)*

Для дальнейшего патентного обзора по части динамики патентования и стран, в которых фирмы стремятся получить патенты, отобраны страны, являющиеся лидерами в области точного земледелия – США, Германия и Япония (рис. 14.8).



**Ведущие фирмы США, Германии и Японии**

*Рисунок 14.8 – Количество патентных документов топ-заявителей ведущих стран США, Германии и Японии по направлениям точного земледелия (2012–2018)*

На графике (рис. 14.9) представлено количество патентных документов, представленных в разные страны для регистрации в соответствующих ведомствах. На первом месте в области точного земледелия – США. Патентные документы ведущих фирм США, Германии и Японии заявлены в патентных ведомствах многих стран (14 стран). Заметную долю занимают международные (WO) и европейские (EP) заявки, которые в определенные сроки можно перевести на национальные фазы во многие страны мира, включая Россию. На основе данных графика можно определить, в каких странах сконцентрированы разработки, касающиеся анализируемой области точного земледелия.



**Ведущие фирмы США, Германии и Японии по направлению точного земледелия**

*Рисунок 14.9 – Количество патентных документов, поданных в разные страны ведущими фирмами США, Германии и Японии по направлениям точного земледелия (2012–2018)*

### **Анализ патентной документации по направлению «Точное животноводство»**

На рисунке 14.10 отражено количество отобранных для анализа патентных документов по системам точного сельского хозяйства, определяющее рейтинг стран по патентной активности в области точного животноводства.

По гистограмме (см. рис. 14.10) видно, что наиболее высокой патентной активностью обладают США, Нидерланды и Швеция. Почти у всех стран, кроме Австрии и Новой Зеландии, наблюдается рост количества заявляемых патентных документов, что свидетельствует об актуальности и значимости изучаемого направления.



Патентная активность стран в области точного животноводства

Рисунок 14.10 – Количество отобранной патентной документации в области точного животноводства по странам (2012–2018)

При исследовании материала просматривается нарастание развития почти всех подсистем точного животноводства, кроме «Роботизации в процессе доения», у которой в 2012 г. наблюдался резкий рост, затем спад и снова постепенное развитие.

В таблице 14.11 представлено количество отобранных для анализа патентных документов по подсистемам точного животноводства.

Таблица 14.11 – Количество отобранных для анализа патентных документов по подсистемам точного животноводства (США, Нидерланды, Швеции и других стран)

Направление	Страна	Год публикации							За 7 лет
		2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Идентификация и мониторинг животных с использованием современных информационных технологий (рацион кормления, удой, привес, температура тела, активность), удовлетворение их индивидуальных потребностей	США	10	11	4	6	3	2	4	40
	Нидерланды	9	10	9	9	5			42
	Швеция	9	10	4	2	4	3	1	33
	Япония	6	8	9				1	24
	Нов. Зеландия	1	1	2	2				6
	Израиль		1	1	1				3
	Германия	2	3			1	2	1	10
	Канада	-	5						5
	Китай	4							4
	Россия	2	2						4
	Австрия	1	5	7	5				18
	Аргентина		3		1				4
Англия		4	2			2		11	

Продолжение табл. 14.11

Направление	Страна	Год публикации							За 7 лет
		2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Авторегулирование микроклимата и контроль за вредными газами	США	5	11	6	2	11	6	19	60
	Нидерланды	1	2		4	2	2	3	14
	Япония	2							2
	Китай	1		1					2
	Россия	3							3
	Швеция	5	7	2	3		1		18
Мониторинг состояния здоровья стада	США	4	21	4	12	5	3	4	53
	Нидерланды	7	9	5	7	4		1	33
	Швеция	8	2	1					11
	Китай	4	8	6	1				19
	Россия	1							1
	Япония		1						1
	Израиль		2		2				4
Мониторинг качества продукции животноводства	США	5	3	10	1				19
	Германия	1	2	2					5
	Россия	3	3						6
	Швеция	3	6	3	4	4	2		22
Электронная база данных производственного процесса	США	9	6	3		2		3	23
	Нидерланды	14	22	25	35	21	15	11	143
	Швеция	7	4	6	9	15	7	5	53
	Китай	2	3	2					7
	Израиль		2		1				3
	Испания		2						2
	Япония		4	3	1				8
	Нов. Зеландия	2	3	6		3			14
	Россия		1				1		2
Роботизация в процессе доения	США	10	19	20	5	9		30	93
	Нидерланды	7		2	3	2	2	3	19
	Россия	2							2
	Швеция	3		4	1	1	2	5	16
Итого									867



**Патентная активность стран в области точного животноводства по подсистемам за 7 лет**

*Рисунок 14.11 – Общее количество патентных документов по подсистемам точного животноводства за период 2012–2018 гг. (США, Нидерланды, Швеция, Япония, Китай, Россия и другие страны)*

В таблице 14.12 представлено общее количество патентных документов по подсистемам точного животноводства за период 2012–2018 гг. (США, Нидерланды, Швеция, Германия, Япония, Китай, Россия и другие страны).

*Таблица 14.12 – Общее количество патентных документов по подсистемам точного животноводства за период 2012–2018 гг.*

Направление	Год публикации							За 7 лет
	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	
Автоматическое регулирование микроклимата и контроль за вредными газами	37	20	9	9	13	9	2	99
Мониторинг состояния здоровья стада	25	43	16	23	9	4	4	124
Мониторинг качества продукции животноводства	15	11	12	5	4	2	3	52
Электронная база данных производственного процесса	35	48	40	47	42	24	19	244
Роботизация процесса доения	25	19	26	9	12	4	38	133
Итого								867

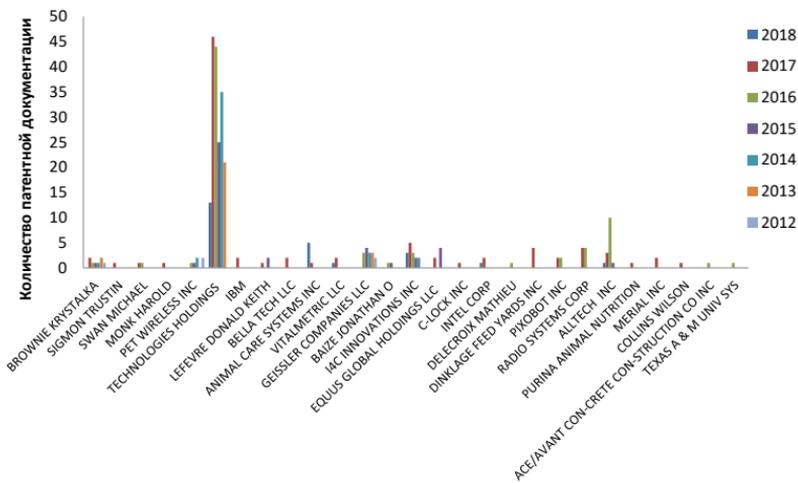
Заявители США представляют собой многочисленный контингент физических и юридических лиц, из них 9 – физические лица, 21 – юридические. Динамика патентной активности заявителей отражена на гистограмме (рис. 14.12). Ведущим заявителем США является фирма TECHNOLOGIES HOLDINGS (140 патентов). Также активны фирмы GEISLER COMPANIES (15), LLC ALLTECH INC (14) и i4C INNOVATIONS INC (12). География патентования этих фирм обширна – более чем 10 стран: США, Австралия, Чили, Канада, Китай, Корея, Мексика, Новая Зеландия и др. (табл. 14.13).

Таблица 14.13 – Количество отобранных для анализа патентных документов (по заявителям США)

Направление	Заявитель	Год публикации							За 7 лет
		2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Идентификация и мониторинг отдельных животных с использованием современных информационных технологий	BROWNIE KRYS-TALKA		US-2	US-1	US-1	US-1	US-2	US-1	8
	SIGMON TRUSTIN		US-1						1
	SWAN MICHAEL		US-1	US-1					2
	MONK HAROLD		US-1						1
	PET WIRELESS INC			US-1	US-1	US-2		US-1 WO-1	6
	TECHNOLOGIES HOLDINGS		US-1		US-2			US-1	4
	IBM		US-2						2
	LEFEVRE DONALD KEITH		US-1		US-1 WO-1				3
BELLA TECH LLC		US-2						2	
Автоматическое регулирование микроклимата и контроль за вредными газами	ANIMAL CARE SYSTEMS INC	US-2 EP-2 CN-1	US-1						6
	TECHNOLOGIES HOLDINGS		US-8	US-6	US-2	US-8 EP-2 NZ-1	AU-2 EP-2 MX-2	US-11 CA-5 WO-3	42
	VITALMETRIC LLC	US-1	US-1 WO-1						2
Мониторинг состояния здоровья стада	GEISLER COMPANIES LLC			MX-1 BR-1 NZ-1	MX-1 AU-1 EP-2	AU-1 CA-1 WO-1	CA-1 US-1 WO-1	US-1 NZ-1	15
	TECHNOLOGIES HOLDINGS			US-1	US-1			US-1 WO-1	4
	BAIZE JONATHAN			US-1	US-1				2
	i4C INNOVATIONS INC	AU-1 CA-1 WO-1	US-1 NZ-1 CN-1 JP-1 MX-1	CA-1 KR-1 MX-1	EP-1 WO-1	AU-1 US-1			15
	EQUUS GLOBAL HOLDINGS LLC		US-1 EP-1		US-1 AU-1 CA-1 WO-1				6

Продолжение табл. 14.13

Направление	Заявитель	Год публикации							За 7 лет
		2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Мониторинг состояния здоровья стада	C-LOCK INC		US-1						1
	INTEL CORP	US-1	US-1 EP-1						2
	DELECROIX MATHIEU		US-1						1
	DINKLAGE FEED YARDS INC		US-2 WO-2						4
	DIGI-STAR LLC								
	PIXOBOT INC		US-1 WO-1	AU-1 WO-1					4
	RADIO SYSTEMS CORP		CA-1 CN-1 GB-1 EP-1	US-3 WO-1					7
Мониторинг качества продукции животноводства	ALLTECH INC	AU-1	AU-2 CL-1	US-1 AU-1 CA-1 CN-1 CR-1 KR-1 MX-1 PE-1 PH-1 SG-1	WO-1				15
Электронная база данных производственного процесса	PURINA ANIMAL NUTRITION		US-1						1
	MERIAL INC		US-1 WO-1						2
	COLLINS WILSON		US-1						1
	MASSEY JOSEPH		US-1						1
	ACE/AVANT CONCRETE CONSTRUCTION CO INC			US-1					1
	TEXAS A & M UNIV SYS			US-1					1
	TECHNOLOGIES HOLDINGS		US-1	US-1		EP-1 US-1		US-1 CA-1 WO-1	7
Роботизация в процессе доения	TECHNOLOGIES HOLDINGS	US-10 AU-1 EP-1 CA-1	US-8 AU-1 EP-9 MX-1	US-18 CA-1 WO-1	US-5	US-5 EP-4		US-7 CA-20 WO-3	96



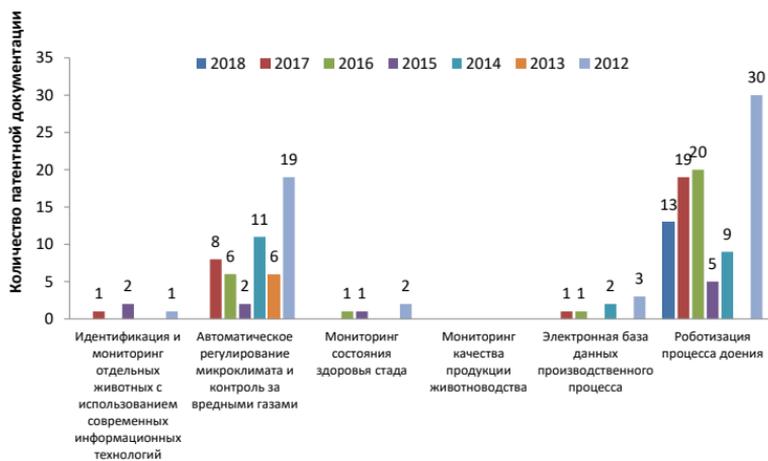
Патентная активность заявителей США

Рисунок 14.12 – Количество патентных документов, поданных заявителями США в области точного животноводства (2012–2018)

При таком большом объеме патентных документов (147) фирмой TECHNOLOGIES HOLDINGS (рис. 14.13) охвачены не все подсистемы, в частности нет разработок в области «Мониторинг качества продукции животноводства». Наибольшее количество патентной документации фирма имеет в подсистеме «Роботизация в процессе доения» (96).

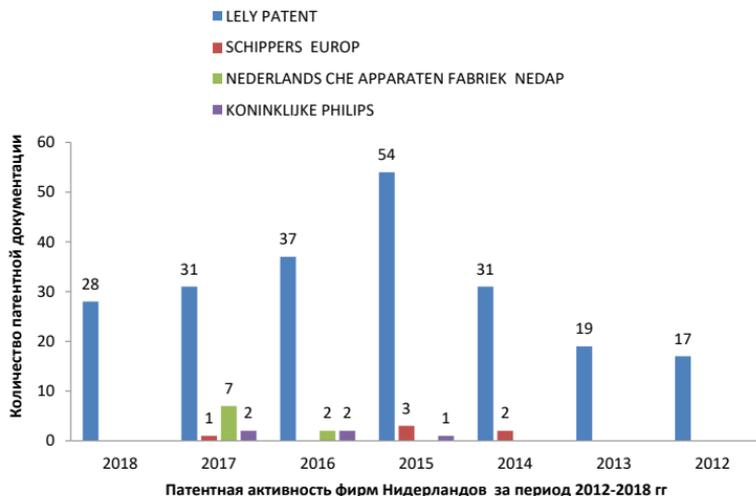
Анализируя патентную ситуацию в области точного животноводства в Нидерландах (табл. 14.14 и рис. 14.14), следует отметить, что помимо такой крупной фирмы, как LELY PATENT, свой небольшой вклад в развитие точного животноводства начиная с 2014 г. вносят и другие фирмы.

При анализе гистограммы (рис. 14.15) видно, что наивысшая патентная активность фирмы LELY PATENT приходится на подсистему «Электронная база данных производственного процесса», однако охвачены не все подсистемы, а именно «Мониторинг качества продукции животноводства». Стоит отметить, что изобретения этой фирмы защищены 1600 действующими патентами и используются более чем в 40 странах мира.



Патентная активность ведущей фирмы США TECHNOLOGIES HOLDINGS

Рисунок 14.13 – Количество патентных документов ведущей фирмы США в области точного животноводства (2012–2018)



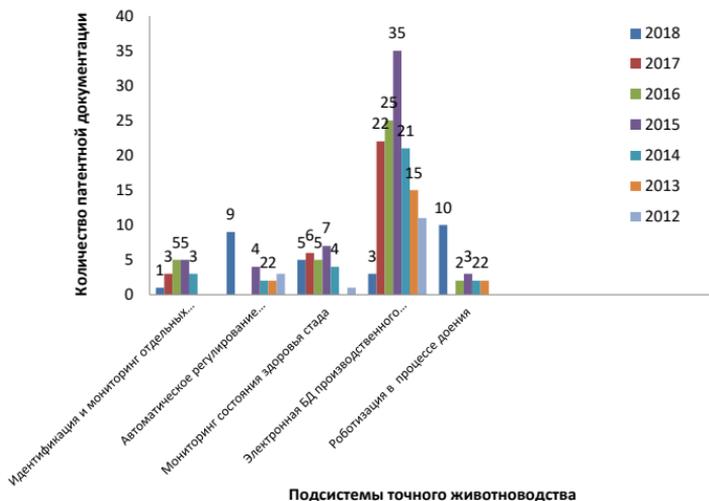
Патентная активность фирм Нидерландов за период 2012-2018 гг

Рисунок 14.14 – Количество патентных документов, поданных заявителями Нидерландов в области точного животноводства

Таблица 14.14 – Количество отобранных для анализа патентных документов Нидерландов (по заявителям)

Направление	Заявитель	Год публикации							За 7 лет
		2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Идентификация и мониторинг отдельных животных с использованием современных информационных технологий	LELY PATENT	RU-1	NZ-1 US-1 EP-1	CA-1 NZ-1 US-1 EP-1 WO-1	NL-1 US-1 EP-1 WO-2	AU-1 CA-1 WO-1			16
	SCHIPPERS EURO P B V		RU-1		US-1 CN-1 EP-1	WO-2			6
	NEDERLANDS CHE APPARATEN FABRIEK NEDAP		NL-1 US-1 EP-1 WO-1	NL-1 US-1					6
	KONINKLIJKE PHILIPS		JP-1 US-1	CN-1 EP-1	WO-1				5
Автоматическое регулирование микроклимата и контроль за вредными газами	LELY PATENT	US-1 EP-1 WO-7			US-2 EP-2	DE-2	DK-1 EP-1	NL-2 EP-1	14
	METAL INVENT HOLLAND BV		NL-1 EP-1						2
Мониторинг состояния здоровья стада	LELY PATENT	NL-1 WO-2 EP-2	US-3 EP-3	NL-3 WO-2	NL-2 CA-1 WO-2 US-1 EP-1	NL-2 WO-1 EP-1		NL-1	28
	NEDERLANDSCHE APPARATEN FABRIEK NEDAP		NL-1 US-1 EP-1						3
Электронная база данных производственного процесса	LELY PATENT	US-1 DE-1 WO-1	DK-3 PL-2 EP-8 US-6 CA-1 CN-1 MX-1	US-3 CA-4 WO-4 NL-6 EP-5 DK-3	EP-7 US-9 NL-3 CA-5 AU-2 WO-6 CL-1 DK-1 ES-1	NL-6 WO-6 CA-5 EP-2 US-1 LK-1	CA-3 NL-4 WO-4 NZ-1 US-2 EP-1	EP-3 US-2 WO-2 CA-2 NL-2	132
Роботизация в процессе доения	LELY PATENT	US-3 WO-3 DE-1 WO-1 NL-2		BR-1 EP-1	DE-1 SE-1 WO-1	RU-1 WO-1	EP-1 US-1	WO-1 CA-1 NL-1	15

Проведение патентного обзора позволило установить, что в Швеции подают заявки на изобретения преимущественно две фирмы – DELAVAL HOLDING и TIMARE. Последней подано всего пять заявок по подсистеме «Автоматическое регулирование микроклимата и контроль за вредными газами», три из них – международные, одна подана в Швеции, а другая – в США, поэтому на графике (рис. 14.16, табл. 14.15) представлена только фирма DELAVAL HOLDING.



**Подсистемы точного животноводства**

**Рисунок 14.15 – Количество патентных документов, поданных ведущей фирмой Нидерландов LELY PATENT**

**Таблица 14.15 – Количество патентных документов заявителей в Швеции за 2012–2018 гг.**

Направление	Заявитель	Год публикации							За 7 лет
		2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	
Идентификация и мониторинг отдельных животных с использованием современных информационных технологий	DELAVAL HOLDING AB	US-4 CN-1 BR-1 AU-2 WO-6 EP-4	US-1 EP-3 PL-1 WO-2	AU-1 WO-3	WO-1	US-1 CA-1 EP-1 JP-1	WO-2 NZ-1	RU-1	39
	TIMARE AB		SE-1 WO-2 US-1		WO-1				5

Продолжение табл. 14.15

Направление	Заявитель	Год публикации							За 7 лет
		2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	
Автоматическое регулирование микроклимата и контроль за вредными газами	DELAVAL HOLDING AB	RU-2 KR-2 CN-1 WO-3 CA-1 DE-1 SE-1	US-1 EP-2 PL-3 ES-1	EP-1 PT-1	CA-1 WO-1 IL-1		IL-1		23
Мониторинг состояния здоровья стада	DELAVAL HOLDING AB	WO-5 EP-2	US-1 EP-1	WO-1					10
Мониторинг качества продукции животноводства	DELAVAL HOLDING AB	WO-1 US-1 CN-1 EP-1	NZ-1 US-2 EP-1 DK-1 WO-1	CA-1 CN-1 WO-1	CN-1 EP-1 US-1 AU-1	AU-1 CA-1 WO-1 EP-1	WO-1 GB-1		19
Электронная база данных производственного процесса	DELAVAL HOLDING AB	WO-3 CL-1	NZ-1 SE-1 WO-1 CA-1	EP-2 US-2 CN-1 NZ-1	AU-1 EP-3 US-2 NZ-2 WO-1	CA-2 SE-1 WO-3 AU-2 EP-1 NZ-2 US-1 RU-1 BR-1 DE-1	WO-2 CN-1 EP-1 US-1 NZ-1 RU-1	AU-1 CN-1 EP-1 JP-1 US-1	49
Роботизация в процессе доения	DELAVAL HOLDING AB			BR-1 CN-1 DE-1 US-1	WO-1	RU-1	EP-1 US-1	WO-1 CA-1 NL-1	11

Исходя из гистограммы (рис. 14.16), можно констатировать, что все инновационные решения DELAVAL HOLDING направлены на повышение уровня развития всех подсистем точного животноводства. Ее патентная активность, так же как и фирмы LELY PATENT, сосредоточена на подсистеме «Электронная база данных производственного процесса». Что касается географии патентования, используя данные таблицы 14.15, можно утверждать, что фирма DELAVAL HOLDING – одна из ведущих участниц мирового рынка патентов и лицензий. За исследуемый период 2012–2018 гг. ее изобретения заявлены в более чем 10 странах.

График (рис. 14.17) подтверждает, что ведущие фирмы Нидерландов и Швеции являются основными участниками мирового рынка патентов в области точного животноводства. Следует отметить,

что большую долю занимают международные (WO) и европейские (EP) заявки, которые в определенные сроки можно перевести на национальные фазы во многие страны мира. У ведущей фирмы США TECHNOLOGIES HOLDINGS CORP не такая широкая география патентования, как у ведущих фирм Нидерландов и Швеции. Основная доля патентных документов этой фирмы заявлена в США.

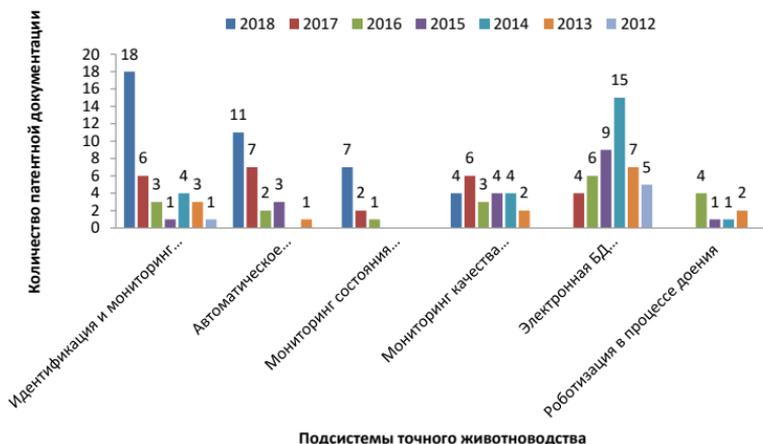


Рисунок 14.16 – Количество отобранных для анализа патентных документов ведущей фирмы Швеции DELAVAL HOLDING

По табличным данным и графику (табл. 14.16–14.18 и рисунок 14.18) по патентной ситуации в трех странах (Японии, Китае и России), которые входят в десятку топ-заявителей в области точного сельского хозяйства, видно, что патентная активность у России (8 патентов) ниже, чем у Японии (27) и Китая (21).

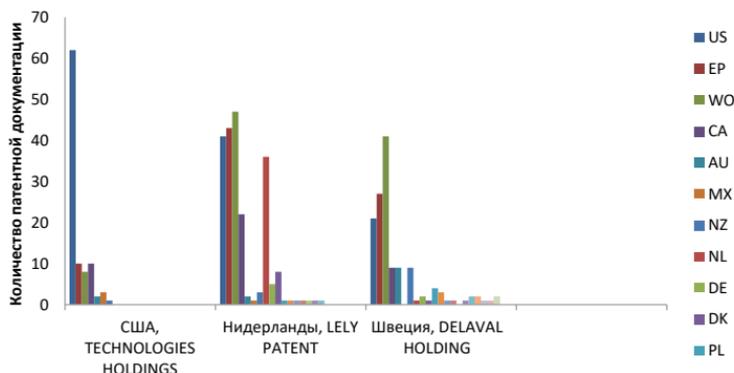


Рисунок 14.17 – Количество заявок на изобретения, поданных в разные страны для патентования ведущими фирмами США, Нидерландов и Швеции

Таблица 14.16 – Количество отобранных для анализа патентных документов Японии (по заявителю)

Направление	Заявитель	Год публикации							За 7 лет
		2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	
Идентификация и мониторинг отдельных особей с использованием современных информационных технологий	SONY CORP			AU-1 WO-1					2
	A&D COMPANY LTD	US-2 JP-2 WO-1		WO-1					6
	FUJITSU LTD		KR-1 WO-2 JP-1 EP-2 PL-1 US-1	JP-1 WO-2			JP-1		12
	KYOCERA CORP			IP-2 WO-1					3
Автоматическое регулирование микроклимата и контроль за вредными газами	YANMAR	CN-1 JP-1 EP-1 KR-1 US-1 WO-1							6
Мониторинг состояния здоровья стада	UNIV OSAKA	US-1 JP-3 EP-1 WO-1	WO-1						7
Электронная база данных производственного процесса	SONY CORP		CN-1 WO-3	WO-1 JP-2	JP-1				8

У России, как у Китая, в основном осуществляется внутреннее патентование. Ведущими фирмами Японии являются FUJITSU LTD и SONY CORP. В отличие от Китая, японские фирмы патентуют свои разработки в других странах и международных организациях (США, Австралии, Польше, Китае, Корее, ВОИС, ЕПВ).

Таблица 14.17 – Количество отобранных для анализа патентных документов Китая (по заявителям)

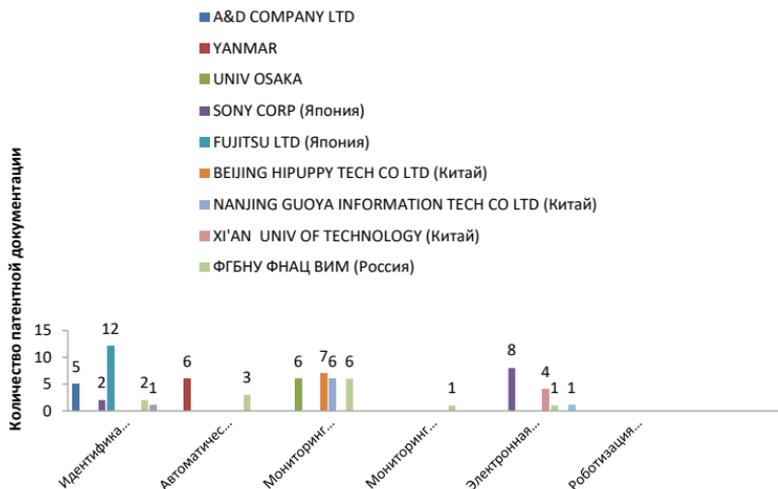
Направление	Заявитель	Год публикации							За 7 лет	
		2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Автоматическое регулирование микроклимата и контроль за вредными газами	UNIV CHINA AGRICULTURAL	CN-3		CN-1						4
Мониторинг состояния здоровья стада	BEIJING HIPUPPY TECH CO LTD		WO-1 KR-1 CN-2	CN-2	CN-1					7
	ZHONGDAO ZHILIAN CLOUD TECH CO LTD			CN-2						2
	NANJING GUOYA INFORMATION TECH CO LTD		CN-4	CN-2						6
Электронная база данных производственного процесса	XI'AN UNIV OF TECHNOLOGY		CN-3	CN-1						4
	ZHEJIANG VOCATIONAL COLLEGE COMMERCE			CN-1						1

Таблица 14.18 – Количество отобранных для анализа патентных документов России (по заявителям)

Направление	Заявитель	Год публикации						За 7 лет	
		2018	2017	2016	2015	2014	2013		2012
Идентификация и мониторинг отдельных животных с использованием современных информационных технологий	ФГБНУ ФНАЦ ВИМ		RU-2						2
	Кузнецов А. В.	RU-1							1
	Оренбургский ГАУ				RU-1				1
Автоматическое регулирование микроклимата и контроль за вредными газами	ФГБНУ ФНАЦ ВИМ	RU-3							3

Продолжение табл. 14.18

Направление	Заявитель	Год публикации							За 7 лет
Мониторинг качества продукции животноводства	ФГБНУ ФНАЦ ВИМ	RU-3							3
	Курский ГАУ	RU-1							1
	ФГБОУ ВО «Вологодская ГМХА»	RU-1							1
	Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии	RU-1							1
Электронная база данных производственного процесса	ФГБНУ ФНАЦ ВИМ	RU-1							1
	ГНУ ВИЭСХ						RU-1		1
Роботизация в процессе доения	ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева»	RU-1							1
	Белгородский ГАУ	RU-1							1



Патентная активность заявителей Японии, Китая и России в области точного животноводства по подсистемам

Рисунок 14.18 – Количество патентной документации активных заявителей Японии, Китая и России

Патентная ситуация в области точного животноводства по подсистемам в других странах отражена в таблице 14.19.

Таблица 14.19 – Количество отобранных для анализа патентных документов разных стран (по фирмам)

Направление	Страна, фирма	Год публикации							За 7 лет		
		2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Идентификация и мониторинг отдельных животных с использованием современных информационных технологий	<b>Аргентина</b> , UNIV NAC DEL ITORAL		AR-2 WO-1		WO-1					4	
	<b>Великобритания</b> , FAIRE NI LTD; ADVANCED APPLIED TECH LTD		CL-1 CA-1 CN-1 EP-1 US-1	DK-1 EP-1 HUE-1 TW-1	WO-2					11	
	<b>Израиль</b> , HERD MOONITOR LTD		US-1	WO-1	AU-1					3	
	<b>Австрия</b> , SMARTBOW GMBH		CN-2 EP-2	AT-2 WO-1	AT-2 CA-1						17
			US-1	AU-1 CA-1 CN-1 EP-1	WO-2						
	<b>Германия</b> , BIG DUTCHMAN PIG EQUIPMENT GMBH	DE-1 US-1 CN-1 EP-1	PT-1								5
	LEIB JUERGEN GRUENER MICHAEL		US-1 EP-1			WO-1	DE-1				4
	GEA ESTFALI-ASURGE GMBH						EP-1	US-1	RU-1		3
	<b>Канада</b> , HELFRICH NEIL CHARLES		US-1 WO-1								2
	HUISMA CAMIEL		US-1 WO-1								2
	MANKOWSKI PETER		CA-1								1
<b>Новая Зеландия</b> AGRESEARCH LTD		EP-1	WO-1	AU-1						3	
	HEYREX LTD			WO-1	NZ-1					2	
Мониторинг состояния здоровья стада	<b>Аргентина</b> , TORRES PABLO RAFAEL		US-1							1	
	<b>Израиль</b> , AFIMILK AGRICULTURAL COOP LTD		US-1 EP-1		US-1 WO-1					4	
Мониторинг качества продукции животноводства	<b>Германия</b> , GNANN ТОНИ		CN-1 AU-1	WO-1 CA-1						4	

Продолжение табл. 14.19

Направление	Страна, фирма	Год публикации							За 7 лет	
		2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Электронная база данных производственного процесса	<b>Новая Зеландия,</b> VIKING GENETICS FMBA		NZ-1	CN-1 EA-1 EP-1 JP-1 MX-1 US-1		AU-1 CA-1 WO-1				10
	LIVESTOCK IMPROVEMENT CORP LTD		WO-1 NZ-1							2
	Корея REPUBLIC KOREA	KR-3								3
	<b>Испания,</b> CALLEJERO ANDRES CARLOS, GOMEZ MAQUEDA IGNACIO		ES-1 WO-1							2
	EXAFAN S A UNIV LLEIDA			CA-1 WO-1						2
	<b>Израиль,</b> SCR ENG LTD		US-1 EP-1			WO-1				3

Анализируя эту ситуацию в других странах, следует выделить те из них, которые участвуют в развитии исследуемой отрасли на достаточном высоком уровне. Это Австралия (17 патентов), Великобритания (11), Германия (12), Израиль (10) и Новая Зеландия (17). Выделенные страны являются участниками мирового рынка патентов и лицензий, так как их разработки запатентованы в США, Канаде, ЕПВ, ВОИС, Японии и в других странах.

### Выводы

По результатам патентного обзора уровня техники в области точного сельского хозяйства, автоматизации и роботизации за период 2012–2018 гг. можно сделать следующие выводы.

1. В области точного сельского хозяйства лидером являются США.

По направлению «Точное земледелие» страна имеет 754 разработки, запатентованные ведущими фирмами – CNH IND AMERICA LLC; TRIMBLE NAVIGATION LTD; DEERE&CO и KINZE MFG INC.

Направление «Точное животноводство» представлено 293 разработками. Из тридцати заявителей США на эту подсистему ориентирована только одна ведущая фирма – TECHNOLOGIES HOLDINGS CORP.

2. Лидерами в области точного земледелия также являются Германия (176 публикаций заявок) и Япония (197). Ведущие фирмы Германии – CLAAS SELBSTFAHR, CLAAS AGRO SYSTEMS, CLAAS SAULGAU GMBH, а Японии – YANMAR CO LTD и KUBOTA KK. По направлению «Точное животноводство» уровень патентной активности у этих стран низкий. Германия имеет 12 патентных документов, а Япония – 44.

3. Устойчивое лидерство в области точного животноводства удерживают Нидерланды (фирма LELY PATENT) и Швеция (фирма DELAVAL HOLDING). Их инновационные разработки направлены на роботизацию и автоматизацию процессов кормления, доения, содержания и ухода за животными.

4. Россия вошла в десятку топ-заявителей в области точного сельского хозяйства. По направлению «Точное земледелие» страна имеет 37 патентов, а по точному животноводству – 17. Ведущей организацией в этой области является ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ». Патентную ситуацию в области точного сельского хозяйства, сложившуюся в России, можно сравнить с патентной ситуацией в Китае. В обеих странах существует только внутренняя правовая защита разработок. Россия и Китай не имеют рынка патентов и не участвуют в мировом патентовании.

# 15. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕХНОЛОГИЙ ТОЧНОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

## 15.1. Экономические аспекты технологий точного земледелия

Применение технологий точного земледелия требует дополнительных затрат, среди которых можно выделить категории:

- на сбор данных (карты, глобальные системы позиционирования, сенсоры);
- на мониторинг данных (техника и программное обеспечение);
- на специальную технику для точного выполнения агроприемов и осуществления навигации (ГСП-управляемые машины и оборудование для дифференцированной обработки почвы, посева, внесения удобрений, средств защиты растений и др.).

При внедрении системы технологий точного земледелия необходимо учитывать предполагаемые затраты на каждую из них и многочисленные факторы и обстоятельства, которые в итоге обеспечивают эффект. Обобщенные данные мирового опыта по эффективности отдельных технологий точного земледелия приводятся в таблице 15.1.

Таблица 15.1 – Эффект от применения технологий точного земледелия с учетом предполагаемых затрат

Технология	Дополнительные затраты	Эффект
1	2	3
Параллельное вождение	Автоматическая система управления; исполнительная карта; программное обеспечение; затраты на обучение персонала	Экономия времени; экономия топлива; водитель может выполнять другие задачи; повышение общей производительности и качества работы
Дифференцированный посев	Почвенные карты; сеялка для дифференцированного посева, изменения его глубины; системы DGPS/RTK	Повышение урожайности за счет лучшего распределения семян; снижение затрат на семена

Продолжение табл. 15.1

Технология	Дополнительные затраты	Эффект
1	2	3
Дифференцированное внесение удобрений	Система дифференцированного внесения удобрений; встроенная система ГИС; аэрофотоснимки, картирование урожайности, пробы почв, карта почвы, затраты на обучение персонала	Повышение урожайности; экономия времени; экономия удобрений
Дифференцированное опрыскивание	Комплексный инжекторный распылитель; пробы почвы (карта почвы); Затраты на обучение персонала; составление карты сорняков	Экономия гербицидов; экономия времени; повышение урожайности
Дифференцированное орошение	Программное обеспечение управления водопользованием; поливной трубопровод системы капельного орошения; датчики	Экономия воды; экономия питательных веществ
Дифференцированная обработка почвы	Почвенные карты; датчики для определения состава почвы; рабочие органы	Повышение урожайности; экономия энергии; экономия времени; повышение эффективности машины
Измерение содержания хлорофилла в сельскохозяйственных культурах перед уборкой урожая	Датчики для составления карт содержания хлорофилла в растениях; составление карт урожайности	Повышение качества продукции; оптимальный период начала уборки; улучшение качества зерна при оптимальном содержании влаги

Продолжение табл. 15.1

Технология	Дополнительные затраты	Эффект
1	2	3
Логистика уборки урожая	Единая система управления транспортными средствами; новая система транспортных средств; карты урожайности	Повышение урожайности; оптимизирование сбора урожая; экономия топлива; снижение содержания влаги в зерновых культурах
	Логистическая система оптимизации; вспомогательные программные средства составления временного графика уборки урожая	Экономия времени при транспортировке
Управление информацией	Программное обеспечение обработки карт полей	Сокращение времени и затрат на поиск рабочей силы; повышение качества полученных данных

Опыт эксплуатации распределителей удобрений в Европе (по данным компании Amazone) показывает, что увеличение неравномерности на каждые 5% приводит к дополнительным потерям минимум в 1,5%. Это может значить, что на каждые 1000 га площади можно недополучить урожая, равного по величине урожаю, собранному с 15 га. Например, для пшеницы при урожайности в 40 ц/га и стоимости 7 руб./кг получается:  $4000 \text{ кг} \times 7 \text{ руб.} \times 15 = 420\,000 \text{ руб.}$ , а при урожайности 60 ц/га – 630 000 руб.

Пример неравномерного распределения удобрений показан на рисунке 15.1.

Одни категории затрат реализуются один раз в 5–10 лет, другие – ежегодно. Привлекательность технологий точного земледелия, как и других технологических инноваций, на практике определяется экономической эффективностью сельскохозяйственного предприятия. При анализе экономической эффективности применения элементов точного земледелия сопоставляют затраты на покупку техники и другие

производственные издержки с уровнем снижения затрат или прибавкой урожайности по сравнению с традиционными технологиями.



*Рисунок 15.1 – Результаты неравномерного распределения препарата*

Использование экономического анализа в технологиях точного земледелия ограничено трудностями, связанными с идентификацией и количественным учетом как положительных, так и отрицательных эффектов.

В частности, к таким положительным эффектам относят: снижение нагрузки и упрощение рабочего процесса для механизаторов за счет автоматизации технологических операций, повышение эффективности сбыта продукции вследствие прозрачности и доступности для контроля всего производственного процесса, более качественное управление агротехнологиями на основе информационной базы, улучшение условий оптимизации менеджмента как отдельных производственных процессов, так и всего хозяйства.

Однако трудно учесть затраты, связанные с повышением квалификации руководителей и рабочих, а также освоением новых специальных знаний на начальных этапах работы с новой техникой и современными технологиями. При внедрении технологий точного земледелия руководителям и специалистам сельскохозяйственных предприятий необходимы дополнительные профессиональные знания для управления технологическим процессом.

Большинство современных подходов к экономическому анализу технологии точного земледелия сводится к оценке применяемой техники и

соответствующих технологий при выращивании отдельной сельскохозяйственной культуры. Вместе с тем очевидно, что общий агроэкономический эффект от интеграции технологий точного земледелия в масштабах хозяйства с учетом синергетических эффектов будет более высоким по сравнению с применением отдельных технологических комплексов.

Основные факторы, определяющие динамику материальных и трудовых затрат (посевной материал, удобрения, средства защиты растений, горючее, затраты труда и др.) и повышение урожайности сельскохозяйственных культур:

– *неоднородность полей по плодородию почв* – чем она выше относительно оптимальных условий для роста и развития культурных растений, тем больше возможности для экономии производственных ресурсов и повышения урожайности;

– *интенсификация производства* – экономическая эффективность точного земледелия повышается при более высоком уровне интенсификации производства за счет снижения затрат средств производства;

– *размер хозяйства или площадей, на которых проводятся дифференцированные мероприятия*, – с увеличением обрабатываемого участка в системе точного земледелия снижаются затраты на единицу площади, так как при этом постоянные издержки распределяются на большую территорию. С учетом того, что у каждой машины существует свой предел производительности по площади, при его превышении требуются дополнительные затраты. Переменные затраты не изменяются, а в отдельных случаях могут возрасти.

Кроме того, на экономическую эффективность технологий точного земледелия оказывают влияние:

– ассортимент выбранной техники, полнота ее технологического использования и уровень интеграции в хозяйстве;

– рациональное использование технологического комплекса в рамках управления предприятием.

Кроме того, определенное значение имеют факторы, которые непосредственно не зависят ни от агроэкологических и других показателей полей или в целом хозяйств, ни от организации системы менеджмента, например:

– цены онлайн-сервиса на отбор и обобщение исходного информационного массива;

- цены на средства производства;
- цены на производимую сельскохозяйственную продукцию.

В отличие от других современных инновационных процессов, например генной инженерии, отношение населения и потребителей к точному земледелию, как правило, положительное или нейтральное. Повышается наукоемкость сельскохозяйственного производства и привлекательность сельскохозяйственных профессий, особенно среди молодого поколения фермеров и специалистов. Однако технологии точного земледелия внедряются в сельскохозяйственную практику сравнительно медленно.

Опрос руководителей и специалистов сельскохозяйственных предприятий выявил следующие основные причины сдержанного отношения к технологиям точного земледелия:

- значительный дефицит информации о его преимуществах;
- недостаточная совместимость техники, отсутствие технического нормирования интерфейсов;
- сомнения в функциональности и надежности техники, особенно электронных систем;
- недостаточная поддержка при адаптации программного обеспечения точного земледелия соответствующими фирмами;
- большие затраты времени для освоения новых технологий, повышения квалификации и дополнительные расходы на управление агротехнологиями;
- опасение несанкционированного использования компьютерных баз данных.

Пример получения экономического эффекта от использования комплексных технологий: все затраты на выращивание озимой пшеницы на поле площадью 100 га составляют 1,5 млн руб. С учетом полученной урожайности 50 ц/га и рыночной стоимости 8000 руб./т вычитаем затраты и получаем показатель чистой маржинальной прибыли порядка 2,5 млн руб. В случае применения систем параллельного вождения, спутникового мониторинга определения неоднородности для последующего дифференцированного внесения удобрений добавленная стоимость увеличилась бы минимум на 20%, а это составляет 500 тыс. руб. только с одного поля.

Незначительные потери незаметны в масштабе небольшого хозяйства, но если оно крупное, то и потери становятся огромной проблемой.

Рассмотрим некоторые примеры результатов использования технологий точного земледелия.

С помощью внедрения онлайн-сервиса для фермеров ExactFarming были проведены следующие мероприятия:

- уточнение площади полей выявило разницу между плановой и уточненной площадью в 200 га, что позволило сэкономить 3 млн руб.;

- мониторинг земель с помощью БПЛА позволил своевременно провести обработку полей от вредителей, что позволило избежать потерь от снижения урожайности на 800 га подсолнечника и дало прибыль 3,99 млн руб.;

- оптимизация проведения сроков уборочной кампании дала экономический эффект 1,72 млн руб.

Общий эффект от внедрения технологий точного земледелия составил 40,69 млн руб. на площади 11221,6 га, средняя доходность с 1 га – 3514 руб./га.

Рассмотрим расчет экономической эффективности использования беспилотного трактора. Расчет выполнен для тракторов К-744 Р1-СТАНДАРТ (300 л. с.) с прямым роботизированным аналогом (Р1-РОБОТ) и более мощным роботизированным трактором 420 л. с. на базе К-744Р4СТ (Р4-РОБОТ). Вычисление произведено исходя из срока службы трактора 7 лет с последующей реализацией на вторичном рынке (табл. 15.2).

В расчете приняты следующие условия:

- беспилотные тракторы загружены в 1,5 раза больше;

- стоимость беспилотного трактора на 15% выше стоимости трактора, на базе которого он изготовлен, остаточная стоимость беспилотного трактора – на 10%;

- расходы на ТО и ремонт на 25% ниже расходов базового трактора за счет оптимизации затрат благодаря системе постоянного удаленного контроля параметров;

- удельная оплата высококвалифицированного труда оператора роботизированного комплекса ниже, так как он обслуживает несколько единиц одновременно.

Произведен расчет затрат (в части трактора) на условную стандартную технологию посева зерновых на площади 10 000 га комбинированным пневматическим посевным агрегатом с предварительной подготовкой почвы отвальными плугами и дисковыми боронами (табл. 15.3).

При этом приняты следующие допущения:

- загрузка базового трактора – в две смены по 8 ч;
- загрузка беспилотного трактора – в круглосуточном режиме (24 ч с перерывами на заправку и ЕТО);
- коэффициент использования сменного времени на 15% выше за счет точности выполнения операций в системе точного земледелия, сокращения времени пересменок, заправок и оптимизации ежесменного технического обслуживания.

В результате расчета получен годовой экономический эффект внедрения роботизированных тракторов в рамках одной агротехнологии только на прямых затратах – 374 000 руб. на 1000 га.

*Таблица 15.2 – Результаты расчета экономической эффективности (по данным АО «Петербургский тракторный завод»)*

Показатель	Тракторы		
	К-744Р1 СТ	К-744Р1 Робот	К-744Р4 Робот
Срок владения, лет	7	7	7
Среднегодовая наработка, мото-часы	2000	3000	3000
Общая наработка, мото-часы	14000	21000	21000
Стоимость владения			
Полная цена приобретения, млн руб.	7	8,05	9,8
Предполагаемая выручка с продажи, млн руб.	2,1	2,818	3,43
Чистая стоимость, млн руб.	4,9	5,233	6,37
Амортизация на год владения, тыс. руб.	700	747,5	910
Амортизация на 1 мото-час, руб.	350	249,17	303,33
Стоимость владения в год, тыс. руб.	700	747,5	910
Эксплуатационные расходы			
Расход топлива			
г/л. с.ч	162	162	157
л/мото-час	56,5	56,5	76,7

Продолжение табл. 15.2

Показатель	Тракторы		
	К-744Р1 СТ	К-744Р1 Робот	К-744Р4 Робот
Расходы на топливо в год (стоимость 35 руб./л), млн руб. на 1 мото-час, руб.	3,956 1978	5,934 1978	8,051 2684
Мощность номинальная, л. с.	300	300	420
Расходы на ТО и ремонты в год, тыс. руб. на 1 мото-час, руб.	630 315	543 181	662 221
Оплата труда оператора, руб./ч	250	200	200
Эксплуатационные расходы в год, млн руб. на 1 мото-час, руб.	4,586 2543	6,477 2359	8,712 3104
Общие расходы в год, млн руб. на 1 мото-час, руб.	5,286 2893	7,225 2608	9,622 3407

Таблица 15.3 – Результаты расчета экономической эффективности  
(по данным АО «Петербургский тракторный завод»)

Стоимость технологических операций (1 га), руб.	Тракторы		
	К-744Р1 СТ	К-744Р1 Робот	К-744Р4 Робот
Вспашка	1105	996	868
Боронование	442	398	390
Посев	398	359	312
Итого	1945	1753	1570

## 15.2. Экологические аспекты технологий точного земледелия

Внедрение технологий точного земледелия обеспечивает получение положительных экологических эффектов за счет дифференцированного применения химических средств защиты растений на отдельно взятых полях с учетом их неоднородности по плодородию почв и другим условиям. При этом достигаются экономия материально-технических ресурсов за счет более рационального их использования. Однако его количественная оценка затруднена вследствие объективных причин, в частности:

- комплексный характер мероприятий по внедрению технологий точного земледелия и их воздействие на агроэкосистемы затрудняют

определение экологической эффективности (снижение затрат средств производства – горючее, удобрения, средства защиты растений и др.);

– экологическая обусловленность технологии точного земледелия ландшафтными и климатическими условиями представляет возможность обобщения результатов, полученных в ходе проведения опытов по точному земледелию, и использования их в других регионах с близкими агроэкологическими условиями;

– положительные экологические эффекты от внедрения технологий точного земледелия определяются особенностями их применения на практике. Однако они не получили широкого распространения, и достаточно затруднительно получить конкретные данные, подтверждающие эффективность этих технологий. Кроме того, получение экологического эффекта зависит от уровня интенсификации хозяйства. Чем он выше, тем значительнее экологический эффект от использования технологий точного земледелия;

– результат оценки экологического эффекта точного земледелия в значительной степени зависит от выбора технологий или систем хозяйствования, с которыми их сравнивают. При этом очевидно, что эти технологии различаются и в количественном выражении в зависимости от уровня интенсификации и экологизации выбранных для сравнения агротехнологий.

Экологические эффекты от применения технологий точного земледелия определяют при сравнении дифференцированной обработки отдельно взятого поля с традиционными сплошными обработками без учета различий по плодородию, но при одинаковом уровне прикладываемых усилий.

Снижение интенсивности обработки почвы с учетом дифференциации глубины в пределах отдельно взятого поля обеспечивает прежде всего возможность сокращения расхода горючего.

Экологический эффект от применения дифференцированной технологии посева в зависимости от неоднородности поля, вероятно, ниже по сравнению с дифференцированной обработкой почвы, а его количественная оценка гораздо сложнее.

В результате обеспечивается экономия посевного материала, удобрений и средств защиты растений, а также снижается потребность

в посевных площадях (рис. 15.2). Очевидно, что экологический потенциал этого элемента технологии точного земледелия невысок.

Дифференцированное внесение удобрений имеет более высокий положительный экологический эффект. При этом уменьшение расхода удобрений может обусловить снижение совокупного отрицательного влияния на внешнюю среду как при их производстве, так и при внесении. Кроме того, сокращается расход невозобновляемых энергетических ресурсов, а также поступление содержащихся в удобрениях тяжелых металлов (урана, кадмия) в почву. Количественная оценка этих эффектов затруднительна. Кроме того, в ряде случаев применение технологий точного земледелия связано с увеличением доз вносимых удобрений с целью повышения экономической эффективности адаптивно-ландшафтного земледелия.



Рисунок 15.2 – Схемы секционного контроля посева и опрыскивания

Для экономии удобрений и средств защиты, предотвращения избыточной обработки посевов гербицидами и фунгицидами необходимо автоматическое отключение секции на опрыскивателе.

Это дает на практике множество преимуществ:

– экономия в зависимости от структуры участка от 3 до 10%; для примера: 5% – это 160 000 руб. на каждую 1000 га площади (при норме 200 кг/га и стоимости удобрений в 16 000 руб./т);

– комфортность – облегчение работы водителя;

– точность – точка переключения соблюдается всегда и при любых условиях;

– безопасность – концентрация на выполнении рабочих операций;

– возможность работать ночью;

– высокая скорость обработки;

– защита окружающей среды – точность применения;

– документация – выявление ошибок.

Эффективное управление популяциями агроценозов обеспечивает повышение уровня их саморегулирования. Благодаря этому применение технологии точного земледелия открывает дополнительные возможности для управления резистентностью популяций вредных организмов к средствам защиты растений.

Очевидно, что технология точного земледелия является основным инструментом для практической реализации мероприятий охраны ценных агроландшафтов и обеспечения экологической стабильности в пределах отдельно взятого поля и соседних биоценозов в рамках реализации стратегий адаптивно-ландшафтного земледелия. В результате открываются дополнительные возможности для охраны редких видов дикой флоры и фауны.

Консервационная обработка почвы может снизить темпы эрозии сельскохозяйственных культур (рис. 15.3).



*Рисунок 15.3 – Микроплотины между бороздами (слева) и новые границы (справа) для замедления стока воды и уменьшения эрозии*

### **15.3. Экономическое обоснование технологий точного животноводства**

Многообразные требования к управлению процессами и документированию в животноводческом производстве и при уходе за животными сегодня отчасти выполнимы только с помощью компьютеров и других электронных средств. Поэтому оценка экономической пользы определенных мер методически трудна. С другой стороны, имеющаяся информация о каждой корове позволяет производить расчет в отношении отдельного животного. Раскрытие резервов эффективности в отрасли производства молока в большей мере зависит от глубокого анализа частных аспектов (отдельное животное, отдельные позиции издержек), а экономический контроль – от технической поддержки, не зависящей от субъективной оценки человеком.

При оценке экономической эффективности элементов точного молочного хозяйства требуются доказательства либо дополнительных доходов либо снижения потерь в денежном выражении, а также установление доли отдельных факторов влияния в окончательном результате.

Так, при выращивании телят используется разный генетический потенциал, что приводит к снижению затрат на корм и улучшению роста и развития телят.

Однако анализ экономической эффективности контроля продуктивности с помощью электронных средств указывает также на необходимость эффективного взаимодействия человека и техники. Без профессиональной компетентности управляющего стадом даже самые совершенные технические системы не будут использоваться экономически эффективно.

В последнее время наблюдается стремление к стандартизации информации в сельском хозяйстве и более широкому использованию дешевых технических компонентов (сенсоры, системы управления), применяемых в других отраслях народного хозяйства. Это позволяет предполагать, что издержки на элементы точного животноводства и далее будут снижаться и что при упрощении обслуживания их применение будет более экономически эффективным. Благодаря этому точное животноводство не только остается интересной технологической инновацией, но и становится важным фактором экономического успеха в молочном животноводстве.

Мировой опыт цифровизации сельского хозяйства показывает значительный эффект от внедрения технологий «Цифровая ферма» (рис. 15.4).



Рисунок 15.4 – Результаты внедрения технологий «Цифровая ферма»

### ***Вопросы для самопроверки***

1. Эффект от применения технологий точного земледелия с учетом предполагаемых затрат.
2. Экологические аспекты технологии точного земледелия.
3. Экономическая эффективность точного животноводства.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Бурное развитие информационных технологий на основе инновационных достижений в области кибернетических, оптических и сенсорных систем, лазерной и компьютерной техники, спутниковых навигационных систем, датчиков различного назначения и средств беспроводной связи, систем математического анализа и программного обеспечения позволило разработать решения, которые связывают все элементы комплекса машин сельскохозяйственного предприятия в единое целое. Это позволяет осуществлять управление целыми технологическими цепочками в автоматическом режиме с оптимальными рабочими параметрами и с учетом информационных взаимосвязей между элементами системы. В результате значительно повышается уровень контроля за выполнением технологических операций на предприятии и качеством производимой сельскохозяйственной продукции, возрастает производительность труда и сокращаются производственные затраты, обеспечивается ресурсосбережение и экологическая безопасность. Все это в конечном счете обеспечивает устойчивую и эффективную работу сельскохозяйственного предприятия и его конкурентоспособность.

Технологии и методы точного сельского хозяйства должны взаимодействовать с такими направлениями, как ресурсосберегающее земледелие, биотехнология, геновая инженерия – ведущими инновационными направлениями в сельском хозяйстве, которые определяют в решающей мере эффективность производства сельскохозяйственных продуктов для обеспечения возрастающей потребности населения в продовольствии, возобновляемым сырьем и энергией при максимально возможном сбережении ограниченных природных ресурсов и охране внешней среды.

Широкому внедрению в будущем технологий точного сельского хозяйства способствует, с одной стороны, дальнейшее удешевление информационной техники, и с другой стороны, переход от информационных систем, предоставляющих специфические решения для сельского хозяйства, к использованию широкодоступных информационных систем. С развитием сельской среды использование информаци-

онных средств в аграрной отрасли будет возрастать. При этом не снижается роль человека в производственном процессе, но изменяются его функция и место. Это связано с повышением требований к его профессиональному образованию.

Разработка и внедрение новых высокотехнологичных методов ведения сельского хозяйства, основанных на применении современных навигационных технологий, средств связи и компьютеризации, а также автоматизации и роботизации сельскохозяйственного производства способствуют не только повышению плодородия почв и получению стабильных урожаев при оптимальных затратах, но и выходу всего агропромышленного комплекса страны на новый инновационный путь развития, без чего невозможно обеспечение продовольственной безопасности страны.

# ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица А1 – Термины и определения, относящиеся к направлению  
«Точное земледелие»

Термин	Определение
1	2
<b>Airborne remote sensor</b>	Бортовой дистанционный датчик
<b>Airborne scanner</b>	Бортовой сканер
<b>Application map</b>	Карта внесения
<b>Applied N</b>	Внесенный азот
<b>Auto steering, auto pilot</b>	Автоматическое (рулевое) управление
<b>Base station</b>	Базовая станция
<b>BeiDou</b>	Китайская национальная навигационная система
<b>Biomass sensor</b>	Дистанционный датчик биомассы
<b>Biomass map</b>	Карта биомассы растений, по которой можно определять разницу биомассы для последующего внесения конкретных доз азотных удобрений в определенное время на отдельных участках поля
<b>Canopy reflectance</b>	Отражающая способность листового покрова
<b>Canopy sensing</b>	Дистанционное зондирование – сбор информации, такой как биомасса и содержание хлорофилла в растениях, с помощью датчиков, устанавливаемых на спутниках, воздушном или наземном видах транспорта
<b>Chlorophyll sensor</b>	Датчик хлорофилла
<b>Cluster analysis</b>	Кластерный анализ
<b>Compaction sensor</b>	Датчик плотности
<b>Crop management</b>	Управление урожаем
<b>DGPS</b> (differential global positioning system)	Дифференциальная система глобального позиционирования. Это режим, при котором GPS-приемник, кроме спутниковых сигналов, использует поправки, генерируемые опорной станцией, расположенной в фиксированном месте с известными координатами
<b>Differential signal</b>	Дифференциальные (поправочные) сигналы
<b>EGNOS</b>	Европейская геостационарная служба навигационного покрытия
<b>Galileo</b>	Европейская глобальная навигационная спутниковая система
<b>GIS</b> (Geographical information system)	Геоинформационная система (ГИС) – класс программных систем, связанных с вводом, обработкой, хранением и отображением пространственных данных, таких как карты местности, планы, схемы и т. п.
<b>GLONASS</b> (Global Navigation Satellite System)	Российская глобальная система спутниковой навигации

Продолжение табл. А1

Термин	Определение
1	2
<b>GPS</b> (Global Positioning System)	Система глобального позиционирования, разработанная, реализованная и эксплуатируемая Министерством обороны США
<b>Hyperspectral vegetation reflectance</b>	Гиперспектральная отражающая способность растительности
<b>Integrated weed management</b>	Интегральная борьба с сорняками
<b>IRNSS</b>	Индийская региональная спутниковая система навигации
<b>ISOBUS</b>	Международный язык и технологии передачи данных – так называемый протокол обмена данными между агрегатами, тракторами и ПК. Технология сбора, передачи и обработки данных ISOBUS стандартизирует связь в первую очередь между тракторами и навесным оборудованием, а также обмен данными между этими мобильными системами и сельскохозяйственным офисным ПО, обеспечивая их взаимную совместимость
<b>Laser scanning</b>	Лазерное сканирование
<b>Mapping</b>	Составление карт
<b>Maps overlay</b>	Наложение (совмещение) карт
<b>Multispectral imaging sensors</b>	Мультиспектральные датчики изображений
<b>Navigation controller</b>	Навигационное вычислительное устройство, навигационный контроллер
<b>Navigation (steering) automat</b>	Навигационное управление
<b>N deficiency</b>	Недостаток азота
<b>NDVI</b> (Normalized Difference Vegetation Index)	Нормализованный относительный индекс растительности – количественный показатель фотосинтетически активной биомассы, обычно называемый вегетационным индексом, вычисляемый по формуле $NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED},$ где <i>NIR</i> – отражение в ближней инфракрасной области спектра; <i>RED</i> – отражение в красной области спектра
<b>N sufficiency</b>	Достаточное количество азота
<b>Nitrate sensor</b>	Датчик нитратов
<b>Off-line</b>	Двухэтапные подходы, или подходы на основе картирования
<b>On-line</b>	Одноэтапные подходы, или подходы с принятием решений в реальном масштабе времени, или сенсорные подходы
<b>Optical sensor</b>	Оптический датчик
<b>Parallel guidance system, parallel tracking</b>	Система параллельного вождения
<b>Patch spraying</b>	Выборочное опрыскивание
<b>Personal digital assistants (PDA)</b>	Персональные цифровые секретари (полевые компьютеры)

Продолжение табл. А1

Термин	Определение
1	2
<b>Precision agriculture</b>	Точное сельское хозяйство
<b>Precision crop protection</b>	Точная система защиты растений
<b>Precision farming</b>	Точное земледелие
<b>Precision soil management</b>	Точная система управления земледелием
<b>QZSS</b>	Квазизенитная спутниковая система космической промышленности Японии
<b>Real Time Kinematic (RTK) GPS</b>	Кинематические системы глобального позиционирования, работающие в реальном режиме времени
<b>Reference station</b>	Опорная станция, генерирующая поправки для дифференциальных GPS
<b>Remote sensing</b>	Дистанционное зондирование
<b>RTK-DPGS (Real-Time-Kinematic-DPGS)</b>	Дифференциальная система глобального позиционирования – режим, при котором GPS-приемник кроме спутниковых сигналов использует поправки, генерируемые опорной станцией, расположенной в фиксированном месте с известными координатами
<b>Seed mapping</b>	Составление карты посевов
<b>Site-specific nitrogen management</b>	Дифференцированное по месту применение азота
<b>Site-specific weed control</b>	Дифференцированный по месту контроль сорняков
<b>Site-specific weed management</b>	Дифференцированная по месту борьба с сорняками
<b>Soil analysis</b>	Анализ почвы
<b>Soil electrical conductivity</b>	Электрическая проводимость почвы
<b>Soil mapping</b>	Составление почвенных карт
<b>Spatial variation</b>	Пространственная неоднородность (изменчивость)
<b>Spectral</b>	Спектральный
<b>Tracking accuracy</b>	Точность отслеживания
<b>Variable rate fertilizer application</b>	Дифференцированное внесение удобрений
<b>Vehicle guidance</b>	Автоматическое управление транспортным средством
<b>Weed control</b>	Контроль за сорняками
<b>Weed mapping</b>	Составление карты сорняков
<b>Yield mapping</b>	Составление карт урожайности
<b>Yield monitor data</b>	Данные мониторинга урожайности
<b>Yield Monitor Technologies</b>	Технологии оценки урожайности
<b>Автоматическое вождение сельскохозяйственных машин</b>	Процесс автоматического управления направлением движения сельскохозяйственных машин по заданной траектории под управлением системы автономного вождения с использованием системы навигационной информации об объекте навигации

Продолжение табл. А1

Термин	Определение
1	2
<b>Автопилот</b>	Программно-технический комплекс системы автономного вождения. Автоматизированная система, производящая управление рулевым колесом трактора или самоходной сельскохозяйственной машины при его движении по заданной траектории, в том числе с использованием глобальной навигационной спутниковой системы
<b>Аппликационная карта</b>	Электронная карта, содержащая расчетные значения доз дифференцированного внесения материалов на элементарных участках
<b>Беспилотная авиационная система (БАС)</b>	Комплекс взаимосвязанных элементов, включающий в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов, средства обеспечения взлета и посадки, средства управления полетом одного или нескольких беспилотных воздушных судов и контроля за ним
<b>Беспилотное воздушное судно (БВС)</b>	Представляет собой воздушное судно без пилота (ст. 8 Конвенции о международной гражданской авиации), которое выполняет полет без командира воздушного судна на борту и либо полностью дистанционно управляется из другого места (с земли, с борта другого воздушного судна, из космоса), либо запрограммировано и полностью автономно
<b>Беспилотный летательный аппарат (БПЛА)</b>	Летательный аппарат, выполняющий полет без пилота (экипажа) на борту и управляемый в полете автоматически, оператором с пункта управления или сочетанием указанных способов
<b>Геоинформационные технологии</b>	Совокупность приемов, способов и методов применения программно-технических средств обработки и передачи информации, позволяющих реализовать функциональные возможности геоинформационных систем. Они включают методы дистанционного зондирования земли (ДЗЗ), системы управления базами данных (СУБД), системы глобального позиционирования (GPS), методы анализа, интернет-технологии, системы картографирования, методы цифровой обработки изображений
<b>Глобальная навигационная спутниковая система (ГНСС)</b>	Предназначена для определения пространственных координат, составляющих векторы скорости движения, поправки показаний часов и скорости изменения показаний часов потребителя в любой точке на поверхности Земли, акватории Мирового океана, воздушного и околоземного космического пространства. Базовым методом определения координат является вычисление расстояния от GPS-приемника до нескольких спутников, расположение которых считается известным. GPS-приемник определяет свое положение в теоретической трехмерной системе координат (x-y-z), затем эти значения конвертируются в координаты широты, долготы и высоты над уровнем моря
<b>Датчик расхода топлива</b>	Определяет количество топлива, израсходованного двигателем транспортного средства
<b>Датчик урожайности</b>	Устройство, которое устанавливается на комбайны и позволяет определять урожайность зерна с единицы площади, с привязкой к местности и с учетом влажности зерна. В состав датчика урожайности входит GPS-приемник, оптический датчик объема и датчик определения влажности

Продолжение табл. А1

Термин	Определение
1	2
<b>Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ)</b>	Наблюдение поверхности Земли авиационными и космическими средствами, оснащенными различными видами съемочной аппаратуры
<b>Дифференциальная коррекция / поправка</b>	Данные, поступающие на GPS-приемник, с целью повышения точности определения местоположения объекта. Использование дифференциальной поправки позволяет уменьшить степень погрешности в приеме сигнала, поступающего со спутника на GPS-приемник. Существуют два класса дифпоправок – бесплатные поправки и платный сервис, предоставляемый по подписке
<b>Дифференцированное внесение</b>	Процесс внесения в почву материалов (семян, удобрений, средств защиты растений) с переменной дозой, рассчитанной на основе анализа плодородия почв и/или состояния посевов
<b>Карта агрохимобследования</b>	Карта поля, на которой отображаются данные о содержании питательных веществ и химических элементов в почве по результатам отбора проб почвы с последующим их лабораторным анализом. Карты агрохимобследования позволяют оптимизировать затраты на удобрения и при использовании технологий дифференцированного внесения добиться максимальной урожайности
<b>Карта урожайности</b>	Карта поля, на которую наносится информация об урожайности в каждой конкретной точке. Карта урожайности создается на основе данных, полученных с датчиков урожайности, установленных на комбайнах
<b>Координатное земледелие</b>	Система управления производственным процессом сельскохозяйственных культур, основанная на комплексном использовании современных информационных, навигационных и телекоммуникационных технологий, программно-технических средств и систем, обеспечивающих оптимизацию агротехнологических решений применительно к конкретным почвенно-климатическим и хозяйственным условиям
<b>Курсоуказатель сельскохозяйственных машин</b>	Устройство, используемое для индикации отклонений фактической траектории движения сельскохозяйственных машин от заданной при активном вождении объекта навигации
<b>Нормализованный относительный индекс вегетации</b>	Искусственный безразмерный показатель количества фотосинтетически активной биомассы (плотности растительности), используемый для решения задач количественной оценки растительного покрова
<b>Параллельное вождение сельскохозяйственных машин</b>	Процесс ручного управления направлением движения сельскохозяйственных машин по заданной траектории, в том числе с использованием курсоуказателя
<b>Первичные данные дистанционного зондирования (при наблюдении аэрокосмическими средствами)</b>	Необработанные данные, полученные при дистанционном зондировании и переданные или доставленные на Землю посредством телеметрии в виде электромагнитных сигналов, фотографии, магнитной ленты или какими-либо другими способами

Продолжение табл. А1

Термин	Определение
1	2
<b>Первичные данные дистанционного сканирования</b> (при наблюдении наземными средствами)	Необработанные данные, полученные при дистанционном сканировании и переданные или доставленные потребителю посредством телеметрии в виде электромагнитных сигналов, фотографии, магнитной ленты или какими-либо другими способами
<b>Программирование урожая</b>	Составление научно обоснованных технологических рекомендаций, обеспечивающих максимальный выход сельскохозяйственной продукции высокого качества. Как направление в агрономической науке программирование урожая объединяет достижения растениеводства, земледелия, агрохимии, почвоведения, физиологии и защиты растений, сельскохозяйственного машиностроения, физики, кибернетики, экономики сельского хозяйства, предполагает развитие интегрированного системного подхода к оценке значимости различных факторов среды и их взаимодействия в процессе формирования урожая
<b>Спутниковый мониторинг транспорта</b>	Система мониторинга подвижных объектов, построенная на основе систем спутниковой навигации, оборудования и технологий сотовой и (или) радиосвязи, вычислительной техники и цифровых карт. Спутниковый мониторинг транспорта используется для решения задач транспортной логистики в системах управления перевозками и автоматизированных системах управления автопарком, таких как определение местоположения и маршрута транспортного средства в режиме on-line; контроль расхода топлива и несанкционированных сливов топлива; специальные функции «безопасное вождение», «свой – чужой» и т. п.
<b>Подруливающее устройство</b>	Предназначено для автоматического вождения сельскохозяйственной техники по сигналам, поступающим от системы параллельного вождения
<b>Фотограмметрия</b>	Научно-техническая дисциплина, занимающаяся определением формы, размеров, положения и иных характеристик объектов по их изображениям
<b>Электронная карта биомассы растений</b>	Электронная тематическая карта, содержащая значения нормализованного индекса вегетации сельскохозяйственной культуры в пределах обследованного пространственного объекта
<b>Электронная карта агрохимического обследования почв земель сельскохозяйственного назначения</b>	Электронная тематическая карта, содержащая количественные характеристики показателей содержания питательных веществ и химических элементов на элементарных участках в пределах обследованного пространственного объекта
<b>Электронная карта урожайности</b>	Электронная тематическая карта, содержащая количественные характеристики показателей урожайности и состояния посевов культуры в пределах обследованного пространственного объекта

Таблица А2 – Термины и определения, относящиеся к направлению  
«Точное животноводство»

Термин	Определение
<b>Precision dairy farming</b>	Точное молочное скотоводство
<b>Precision livestock farming</b>	Точное животноводство
<b>Precision pork arming</b>	Точное свиноводство
<b>Precision poultry farming</b>	Точное птицеводство

Таблица А3 – Термины и определения, относящиеся к направлению  
«Роботизация»

Термин	Определение
1	2
<b>Робот (robot)</b>	Исполнительный механизм с двумя или более программируемыми степенями подвижности, обладающий определенным уровнем автономности и перемещающийся во внешней среде с целью выполнения поставленных задач
<b>Робототехническое устройство (robotic device)</b>	Исполнительный механизм, обладающий свойствами промышленного или сервисного робота, но у которого отсутствует требуемое число программируемых степеней подвижности или определенный уровень автономности
<b>Степень подвижности (axis)</b>	Управляемая координата, используемая для определения вращательного или поступательного движения робота
<b>Автономность (autonomy)</b>	Способность выполнять поставленные задачи в зависимости от текущего состояния и восприятия окружающей среды без вмешательства человека
<b>Промышленный робот (industrial robot)</b>	Автоматически управляемый, перепрограммируемый манипулятор, программируемый по трем или более степеням подвижности, который может быть установлен стационарно или на мобильной платформе для применения в целях промышленной автоматизации
<b>Сервисный робот (service robot)</b>	Робот, выполняющий нужную для человека или оборудования работу, за исключением применений в целях промышленной автоматизации
<b>Лидар (транслитерация от англ. LIDAR, Light Identification Detection and Ranging)</b>	Световое обнаружение и определение дальности – технология получения и обработки информации об удаленных объектах с помощью активных оптических систем, использующих явления отражения света и его рассеяния в прозрачных и полупрозрачных средах
<b>Манипулятор (manipulator)</b>	Машина, механизм которой обычно состоит из нескольких сегментов, вращающихся или перемещающихся поступательно друг относительно друга с целью взятия и/или перемещения объектов (деталей или инструмента), как правило, по нескольким степеням свободы
<b>Мобильный робот (mobile robot)</b>	Робот, способный передвигаться под своим собственным управлением

Продолжение табл. А3

Термин	Определение
1	2
<b>Мобильная платформа</b> (mobile platform)	Совокупность всех компонентов мобильного робота, обеспечивающих его передвижение
<b>Термография, тепловое изображение или тепловое видео</b>	Способ получения термограммы, т. е. изображения в инфракрасных лучах, показывающего картину распределения температурных полей

## **СОКРАЩЕНИЯ**

- АЛСЗ** – агроландшафтное ведение системы земледелия
- БАС** – беспилотные авиационные системы
- БВС** – беспилотное воздушное судно
- БПЛА** – беспилотные летательные аппараты
- ГНСС** – глобальная навигационная спутниковая система
- ДЗЗ** – дистанционное зондирование Земли
- ЕПВ** – Европейское патентное ведомство
- ЕС** – Европейский союз
- КРС** – крупный рогатый скот
- КУСХ** – климатически умное сельское хозяйство
- МПК** – Международное патентное ведомство
- ПО** – программное обеспечение
- СТЗ** – системы технического зрения
- СПО** – специальное программное обеспечение
- ТЖ** – точное животноводство
- ТЗ** – точное земледелие
- ТСХ** – точное сельское хозяйство
- ЧПФ** – чистая продуктивность фотосинтеза
- УСХ** – умное сельское хозяйство
- ФП** – фотосинтетический потенциал
- ЦАС** – центр агрохимической службы
- ЭПВ** – экономический порог вредоносности
- EASA** – Европейское агентство авиационной безопасности
- GIS** – Geographical information system
- GLONASS** – Global Navigation Satellite System
- GPS** – Global Positioning System
- NDVI** – Normalized Difference Vegetation Index
- PDA** – Personal digital assistants
- RTK** – Real Time Kinematic

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. АгроНТИ – технологии для развития агробизнеса [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://agroniti.belapk.ru>.
2. АгроТехнология 2.0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://glonasssoft.ru/solutions/at2\\_0](http://glonasssoft.ru/solutions/at2_0).
3. Ардентов, А. А. Алгоритм вычисления положения БПЛА с использованием системы машинного зрения / А. А. Ардентов, И. Ю. Бесчастный [и др.] // Программные системы: теория и приложения. – 2012. – № 3. – С. 23–29.
4. Ассоциация БПЛА в Японии [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.juav.org>.
5. Блохина, С. Ю. Применение дистанционного зондирования в точном земледелии // Вестн. Российской с.-х. науки. – 2018. – № 5.
6. БПЛА в Израиле [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://uavcoach.com>.
7. Визильтер, Ю. В. Обработка и анализ изображений в задачах машинного зрения: курс лекций и практ. занятий / Ю. В. Визильтер [и др.]. – М. : Физматиз, 2010. – 671 с.
8. Википедия / свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://ru.wikipedia.org>.
9. Воронков, В. Н. Специальное программное обеспечение для контроля и управления производством сельскохозяйственной продукции : учеб.-метод. пособие / В. Н. Воронков, И. В. Воронков. – М. : РИАМА, 2014. – 20 с.
10. Воронков, В. Н. Сравнительный анализ технических, эксплуатационных и экономических характеристик устройств параллельного вождения сельхозтехники : учеб.-метод. пособие / В. Н. Воронков, И. В. Воронков. – М. : Минсельхоз РФ, 2015. – 23 с.
11. Самойлов, В. В. Проектирование единой геоинформационной платформы на основе данных ДЗЗ / В. В. Самойлов, В. Н. Воронков [и др.] // XLVI Научные чтения памяти К. Э. Циолковского. – 2012. – С. 21–32.
12. Воронков, И. В. Методы обнаружения сорняков, болезней и вредителей растений по данным дистанционного зондирования / И. В. Воронков, И. М. Михайленко // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2016. – Т. 13, № 3. – С. 72–83.
13. Воронков, И. В. Разработка методов и аппаратно-программных средств автоматизированного мониторинга и контроля выполнения посевных работ : дис. ... канд. техн. наук. – М., 2018. – 147 с.
14. Генеральное управление гражданской авиации Индии [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://dgca.nic.in>.
15. ГОСТ Р 56084-2014. Глобальная навигационная спутниковая система. Система навигационно-информационного обеспечения координатного земледелия. Термины и определения. – Введ. 2015-03-01. – М. : Стандартиформ, 2014. – 6 с.
16. ГОСТ Р 60.0.0.1-2016. Роботы и робототехнические устройства. Общие положения. – Введ. 2018-01-01. – М. : Стандартиформ, 2016. – 7 с.

17. Гришин, А. П. Универсальный биофотометр-эксергометр оптического излучения / А. П. Гришин, А. А. Гришин [и др.] // Плодоводство и ягодоводство России. – 2012. – Т. 33. – С. 93–99.
18. Департамент транспорта США [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.transportation.gov>.
19. Жалнин, Э. В. Методологические аспекты механизации производства зерна в России. – М. : Полиграф сервис, 2012. – 368 с.
20. Журн. «Агроинвестор» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.agroinvestor.ru>.
21. Завражнов, А. И. Практикум по точному земледелию / А. И. Завражнов, М. М. Константинов, А. П. Ловчиков [и др.]. – СПб. : Лань, 2015. – 224 с.
22. Законодательство Японии [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://dronelawjapan.com>.
23. Законы в Интернете [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.gesetze-im-internet.de>.
24. Издательский дом Connect [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.connect-wit.ru>.
25. Измайлов, А. Ю. Интеллектуальная система управления электроприводным энергосредством / А. Ю. Измайлов, А. П. Гришин [и др.] // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве : тр. Междунар. науч.-техн. конф. – М. : ВИМ, 2014. – Т. 5. – С. 61–64.
26. Измайлов, А. Ю. Инновационные механизированные технологии и автоматизированные технические системы для сельского хозяйства / А. Ю. Измайлов, Я. П. Лобачевский // Сб. науч. докл. ВИМ. – М., 2012. – Т. 1. – С. 31–44.
27. Измайлов, А. Ю. Актуальные проблемы создания новых машин для промышленного садоводства / А. Ю. Измайлов, Я. П. Лобачевский [и др.] // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2013. – № 3. – С. 20–23.
28. Измайлов, А. Ю. Концепция развития системы оперативного управления и предупредительной диагностики технического состояния автотранспортных и других мобильных технических средств / А. Ю. Измайлов, А. А. Артюшин, И. Г. Смирнов [и др.]. – М. : ВИМ, 2014.
29. Измайлов, А. Ю. Точное земледелие – проблемы и пути решения / А. Ю. Измайлов, Г. И. Личман, Н. М. Марченко // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2010. – № 5. – С. 9–14.
30. Инженерный центр «Геомир» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.geomir.ru>.
31. Инновационная техника для животноводства (по материалам Международной выставки Euro Tier–2012) : науч. аналит. обзор. – М. : Росинформагротех, 2013. – 208 с.
32. КБ «Панорама» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://gisinfo.ru>.
33. Машков, С. В. Использование инновационных технологий координатного (точного) земледелия в сельском хозяйстве Самарской области : монография / С. В. Машков, В. А. Прокопенко, М. Р. Фатхутдинов [и др.]. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2016. – 200 с.

34. *Меньшаев, Р. А.* Анализ показателей и устройств для картографирования полей / Р. А. Меньшаев, С. А. Подымов, Т. С. Гриднева // Вклад молодых ученых в аграрную науку : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2015. – С. 227–231.

35. Методические рекомендации по подготовке отчетов о патентном обзоре (патентный ландшафт) – Утверж. 2017-01-23. – М. : Роспатент, 2017. – 16 с.

36. *Нугманов, С. С.* Методы и технические средства для измерения твердости почвы в координатном земледелии : монография / С. С. Нугманов, С. И. Васильев, Т. С. Гриднева. – Самара, 2009. – 168 с.

37. *Нугманов, С. С.* Новые устройства для агрооценки почвы / С. С. Нугманов, С. И. Васильев, А. В. Иваськевич, Т. С. Гриднева // Сельский механизатор. – 2011. – № 11. – С. 10–11.

38. *Нугманов, С. С.* Определение показателей состояния почвы в точном земледелии / С. С. Нугманов, С. И. Васильев, А. В. Иваськевич, Т. С. Гриднева // Роль молодых ученых в реализации национального проекта «Развитие АПК» : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф./ МГАУ им. В. П. Горячкина. – М., 2007. – С. 67–70.

39. *Нугманов, С. С.* ТЗ: оснаждающиеся перспективы / С. С. Нугманов, С. И. Васильев, М. В. Сазонов // Сельский механизатор. – 2007. – № 3. – С. 22.

40. План мероприятий («дорожная карта») «Аэронет» Национальной технологической инициативы.

41. Постановление Правительства РФ от 11.03.2010 № 138 (ред. от 13.06.2018) «Об утверждении Федеральных правил использования воздушного пространства Российской Федерации».

42. *Пестунов, И. А.* Автоматизированная оценка всходов сельскохозяйственных культур по данным съемки с беспилотных летательных аппаратов / И. А. Пестунов, П. В. Мельников, С. А. Рылов // Применение средств дистанционного зондирования Земли в сельском хозяйстве : мат. II Всерос. науч. конф. с междунар. участием. – СПб. : Агрофиз. НИИ, 2018. – С. 253–260.

43. Применение средств химизации в системе точного земледелия : метод. рекомендации / под общ. ред. А. А. Артюшина. – М. : ФГБНУ ВИМ, 2015. – 81 с.

44. Руководство по информации и услугам правительства Нидерландов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://wetten.overheid.nl>.

45. *Рунов, Б. А.* Основы технологии точного земледелия. Зарубежный и отечественный опыт / Б. А. Рунов, Н. В. Пильникова. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб. : АФИ, 2012. – 120 с.

46. Сайт Бозон [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://bozon-aero.ru>.

47. Сайт компании Case IH [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.caseih.com>.

48. Сайт компании Fendt [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.fendt.com>.

49. Сайт Корейского управления гражданской авиации [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://koca.go.kr>.

50. Сайт Минсельхоза России [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://mcsx.ru>.

51. Сайт Министерства инфраструктуры и окружающей среды Нидерландов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.ilent.nl>.
52. Сайт Министерства сельского хозяйства США [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.usda.gov>.
53. Сайт Министерства транспорта Великобритании [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://maailm.tk>.
54. Сайт Министерства экологии, устойчивого развития, транспорта и жилищного строительства Франции [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr>.
55. Сайт Национальной ассоциации участников рынка робототехники [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://robotunion.ru>.
56. Сайт новинок в управлении сельхозтехникой [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.mcelettronica.it>.
57. Сайт правительства Канады. Транспорт [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.tc.gc.ca>.
58. Сайт систем беспроводного мониторинга влажности почвы и погоды Caipos [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.caipos.com>.
59. Сайт ситуационных центров [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.ситцентр.рф>.
60. Сайт службы гражданской авиации Греции [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://uas.hcaa.gr>.
61. Сайт СоХабра [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://sohabr.net>.
62. Сайт точной посадки [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.precisionplanting.com>.
63. Сайт Универсальной системы контроля высева [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://ускв.рф>.
64. Сайт Управления гражданской авиации Австралии [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.casa.gov.au>.
65. Сайт Управления гражданской авиацией Великобритании [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.caa.co.uk>.
66. Сайт Управления гражданской авиации Израиля [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://caa.gov.il>.
67. Сайт Управления гражданской авиацией Норвегии [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://luftfartstilsynet.no>.
68. Сайт Федерального авиационного управления Германии [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.lba.de>.
69. Сайт Федерального управления гражданской авиации США [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.faa.gov>.
70. Сайт Федерального управления гражданской авиации Швейцарии [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.bazl.admin.ch>.
71. Сайт Центра продовольствия и сельскохозяйственного бизнеса Университета Пердью [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://agribusiness.purdue.edu>.
72. Сайт Aggeek [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://aggeek.net>.
73. Сайт Austro Control [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.austrocontrol.at>.

74. Сайт Cropio [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://about.cropio.com/ru>.

75. Сайт Darpas [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.darpas.nl>.

76. Сайт Drone industry insights [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.droneii.com>.

77. Сайт FoodNet [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.nti2035.ru>.

78. Сайт Hrvatska kontrola zračne plovidbe [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.crocontrol.hr>.

79. Сайт IAA [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.iaa.ie>.

80. Сайт JOZ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.joz.nl>.

81. Сайт Robotrends [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://robotrends.ru>.

82. Сайт Transport styrelsen [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.transportstyrelsen.se>.

83. *Смирнов, И. Г.* Разработка технологических процессов и технических средств для интеллектуальных технологий возделывания кустарниковых ягодных культур / И. Г. Смирнов : дис... техн. наук : 05.20.01 : М., 2019. – 432 с.

84. Спутниковый мониторинг объектов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://glonassoft.ru>.

85. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации : указ Президента Российской Федерации от 01.12.2016 г. № 642. – 2016. – 24 с.

86. Технологии, машины и оборудование для координатного (точного) земледелия: учебник / В. Ф. Федоренко, В. И. Балабанов [и др.] :. – М. : Росинформагротех, 2016. – 240 с.

87. Точное земледелие : учеб. пособие / Е. В. Труфляк, Е. И. Трубилин, В. Э. Буксман, С. М. Сидоренко. – Краснодар : КубГАУ, 2015. – 376 с.

88. Точное сельское хозяйство (Precision Agriculture) : учеб.-практ. пособие / под ред. Д. Шпаара, А. В. Захаренко, В. П. Якушева. – СПб. : Пушкин, 2009. – 397 с.

89. *Труфляк, Е. В.* Интеллектуальные технические средства АПК : учеб. пособие / Е. В. Труфляк, Е. И. Трубилин. – Краснодар : КубГАУ, 2016. – 266 с.

90. *Труфляк, Е. В.* Мониторинг и прогнозирование научно-технологического развития АПК в области точного сельского хозяйства, автоматизации и роботизации / Е. В. Труфляк, Н. Ю. Курченко, Л. А. Дайбова, А. С. Креймер, Ю. В. Подушин, Е. М. Белая. – Краснодар : КубГАУ, 2017. – 199 с.

91. *Труфляк, Е. В.* Техническое обеспечение точного земледелия : лаб. практикум / Е. В. Труфляк, Е. И. Трубилин. – Краснодар : КубГАУ, 2016. – 169 с.

92. *Труфляк, Е. В.* Точное земледелие : учеб. пособие / Е. В. Труфляк, Е. И. Трубилин. – СПб. : Лань, 2017. – 376 с.

93. *Федоренко, В. Ф.* Информационные технологии в сельскохозяйственном производстве : науч. аналит. обзор. – М. : Росинформагротех, 2014. – 223 с.

94. *Федоренко, В. Ф.* Интеллектуальные системы в сельском хозяйстве : науч. аналит. обзор / В. Ф. Федоренко, В. Я. Гольяпин, Л. М. Колчина. – М. : Росинформагротех, 2017. – 156 с.

95. Филиппов, Р. А. Оптимизация конструкции технических средств для ручного сбора ягод земляники / Р. А. Филиппов, Д. О. Хорт // Сб. науч. докл. ВИМ. – 2012. – Т. 1. – С. 467–472.

96. Фролов, В. Ю. Комплексная механизация свиноводства и птицеводства : учеб. пособие / В. Ю. Фролов, В. П. Коваленко, Д. П. Сысоев. – СПб. : Лань, 2016. – 176 с.

97. Фролов, В. Ю. Машины и технологии в молочном животноводстве : учеб. пособие / В. Ю. Фролов, Д. П. Сысоев, С. М. Сидоренко. – СПб. : Лань, 2017. – 305 с.

98. Шеуджен, А. Х. Агротехническое обследование почв и составление картограмм / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, А. А. Тенеков. – Краснодар : КубГАУ, 2014. – 44 с.

99. Andrew, H. Forecasting grape yield with high spatial resolution optical remote sensing. Fruit, Nut and Vegetable // Production Engineering Symposium, 5–9 January 2009 (Concepcion, Chile), 33–40.

100. Benjamin, C. Sugar cane yield monitoring system / C. Benjamin, M. Mailander, R. Price // ASAE Paper. – 2001. – No. 011189. St. Joseph, MI: ASABE.

101. Bora, G. Development of a test rig for evaluating a yield monitoring system for citrus mechanical harvesters / G. Bora, R. Ehsani, K. Lee, W. Lee // In Proceedings 4th World Congress Conference on Computers in Agriculture and Natural Resources, p. 84–88. Orlando, FL., 2006, July 24–26.

102. Cerri, D. Sugar cane yield monitor / D. Cerri, P. Magalhães // ASAE Paper No. 051154. St. Joseph, MI : ASABE, 2005.

103. Chen, Y. Machine vision technology for agricultural applications / Y. Chen, K. Chao, M. Kim // Computers and Electronics in Agriculture 36, 2002. – 173–191.

104. Davinia, F. Vineyard Yield Estimation Based on the Analysis of High Resolution Images Obtained with Artificial Illumination at Night / F. Davinia, T. Marcel, M. Dani, M. Javier, C. Eduard, P. Jordi. – 2015, 15, 8284-8301.

105. Fillingham, D. Precision agriculture: In the field and beyond the farm gate. The application of precision farming technologies for rural land and asset management // A Nuffield Farming Scholarships Trust. – 2014. – 107 p.

106. Giuliani, R. Ground monitoring the light shadow windows of a tree canopy to yield canopy light interception and morphological traits / R. Giuliani, E. Magnanini, C. Fragassa, F. Nerozzi // Plant Cell Environment. – 2000. – 783–796.

107. Grisso R. Precision farming tools: Variable-rate application / R. Grisso, W. Thomason, M. Alley // VCE Publication. – 2011. – 442–505.

108. Hermann, J. Heege. Precision in Crop Farming. Site Specific Concepts and Sensing. Methods: Applications and Results. Springer Science+Business Media Dordrecht 2013. – 361.

109. James, A. Bates Evaluation of a commercial grape yield monitor for use mid-season and at harvest Vol. 50, No 2 (2016): Journal international des sciences de la vigne et du vin Received / A. James, L. Sánchez, B. Sams, L. Haggerty, R. Jakubowski, S. Djafour, R. Terence. – 2016, DOI: <http://dx.doi.org/10.20870/oeno-one.2016.50.2.784>.

110. Kise, M. A Stereovision-based crop row detection method for tractor-automated guidance / M. Kise, Q. Zhang, M. S. F. Rovira // Biosystems Engineering 90 (4). – 2005. – 357–367.

111. *Larson, W. E.* Farming by soil. In R. Lal, & F. J. Pierce (eds.), Soil management for sustainability / W. E. Larson, P. C. Robert Ankeny // IA, USA: Soil and Water Conserv. Soc., 1991. – 112–1030.

112. *Leea, W. S.* Sensing technologies for precision specialty crop production Computers and Electronics in Agriculture / W. S. Leea, V. Alchanatisb, C. Yangc, M. Hirafuji, D. Moshoue, C. Lif. – 2010. – P. 2–33.

113. *Leblanc, S. G.* Methodology comparison for canopy structure parameters extraction from digital hemispherical photography in boreal forest / S. G. Leblanc, J. M. Chen, R. Fernandes, D. W. Deering, A. Conley // Agricultural and Forest Meteorology 129. – 2005. – P. 187–207.

114. *Lin, T. T.* Development of a virtual reality GIS using stereo visio / T. T. Lin, Y. K. Hsiung, G. L. Hong, H. K. Chang, F. M. Lu // Computers and Electronics in Agriculture 63. – 2008.

115. *Molin, J.* Field-testing of a sugar cane yield monitor in Brazil / J. Molin, L. Menegatti // ASAE Paper No. 041099. St. Joseph, MI : ASABE, 2004.

116. *Moshou, D.* Automatic detection of 'yellow rust' in wheat using reflectance measurements and neural networks / D. Moshou, C. Bravo, J. West, A. McCartney, H. Ramon // Comput. Electron. Agric. 44 (3). – 2004. – P. 173–188.

117. *Mulla, D. J.* Mapping and managing spatial patterns in soil fertility and crop yield. In P. Robert, W. Larson, & R. Rust (eds.), Soil specific crop management. Madison, WI, USA : ASA, 1993. – P. 15–26.

118. *Mulla, D. J.* An evaluation of indicator properties affecting spatial patterns in N and P requirements for winter wheat yield. In J. V. Stafford (Ed.) / D. J. Mulla, A. U. Bhatti // Precision agriculture '97: Spatial variability in soil and crop, Vol. 1. Oxford, UK: BIOS Sci. Publ. – 1997. – 145–154.

119. *Pelletier, G.* Development of a tomato load/yield monitor / G. Pelletier, S. Upadhyaya // Computers and Electronics in Agriculture 23(2). – 1999. – P. 103–117.

120. Precision agriculture and the future of farming in Europe / Technical Horizon Scan. – Brussels, European Union, 2016. – 274 p.

121. Precision agriculture in rice production // Implementation & Grower Insights.– Australia. – 2016. – 44 p.

122. Precision agriculture technology for crop farming / ed. by Qin Zhang. – Washington State University Prosser. – Washington, USA, 2016. – 382 c.

123. Precision agriculture and the future of farming in Europe // Scientific Foresight Study. – Brussels, European Union, 2016. – 38 p.

124. *Qarallah, B.* Development of a yield sensor for measuring individual weights of onion bulbs / B. Qarallah, K. Shoji, T. Kawamura // Biosystems Engineering. – 2008. – Vol. 100. – P. 511–515.

125. Research and development in agricultural robotics: A perspective of digital farming / Redmond Ramin Shamshiri, Cornelia Weltzien, Ibrahim A. Hameed, Ian J. Yule, Tony E. Grift, Siva K. Balasundram, Lenka Pitonakova, Desa Ahmad, Girish Chowdhary // Int J Agric & Biol Eng. – 2018. – Vol. 11, No.4. – 14 c.

126. *Rosa, U.* Analysis of a tomato yield monitor / U. Rosa, S. Upadhyaya, M. Josiah, M. Koller, M. Mattson, M. Pelletier // Transactions of the ASAE. – 2000. – 43 (6) – P. 1331–1339.
127. *Rosell, J. R.* Obtaining the three-dimensional structure of tree orchards from remote 2D terrestrial LIDAR scanning / J. Rosell, J. Llorens, R. Sanz, J. Arn, M. Ribes-Dasi, J. Masip, A. Escol, F. Camp, F. Solanelles, F. Gràcia, E. Gil, L. Val, S. Planas, J. Palacín // Agricultural and Forest Meteorology. – 2009. № 149. – P. 1505–1515.
128. *Rosell, J.* A review of methods and applications of the geometric characterization of tree crops in agricultural activities / J. Rosell, R Sanz. // Computers and Electronics in Agriculture. – 2012. – № 81. – 124–141.
129. *Rovira, M.* Creation of Three-dimensional Crop Maps based on aerial stereoisomages / M. Rovira, Q. Zhang, J. Reid // Biosystems Engineering. – 2005. – № 90 (3) – P. 251–259.
130. *Protz, R.* An application of spectral image analysis to soil micromorphology / R. Protz, S. Sweeney // Methods of analysis. Geoderma,. – 1992. – № 53(3-4). – P. 275–287.
131. *Taghadomi-Saberi, S.* Improving field management by machine vision – a review / S. Taghadomi-Saberi, A. Hemmat // Agric Eng Int. – 2015. – Vol. 17, No. 3.
132. *Steele, D.* Analysis of Precision Agriculture Adoption & Barriers in western Canada // Producer Survey of western Canada. – Canada, 2017. – 53 p.
133. *Upadhyaya, S.* Development of an impact type electronic weighing system for processing tomatoes / S. Upadhyaya, M. Shafii, L. Garciano // ASAE Paper St. Joseph, MI : ASABE. – 2006. – No. 061190.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
1. СТРУКТУРА ТОЧНОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА .....	5
1.1. Краткая история .....	5
1.2. Структура.....	8
1.3. Термины и определения .....	11
2. ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ.....	14
2.1. Методы и средства дистанционного зондирования в сельском хозяйстве .....	14
2.2. Рынок беспилотных авиационных систем .....	25
2.3. Нормативно-правовая база использования беспилотных авиационных систем .....	29
2.4. Применение беспилотных авиационных систем в сельском хозяйстве .....	41
2.4.1. Дистанционное зондирование Земли и мониторинг .....	41
2.4.2. Применение беспилотных систем в Белгородской области ...	43
2.4.3. Применение беспилотных систем в Краснодарском крае .....	56
2.4.4. Альтернативное применение беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве .....	75
3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ПОЛЕЙ И ЛОКАЛЬНЫЙ ОТБОР ПРОБ В СИСТЕМЕ КООРДИНАТ .....	79
3.1. Электронные карты полей.....	79
3.2. Агрохимические обследования и законодательная база .....	82
3.3. Методика проведения комплексного агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий.....	84
3.3.1. Подготовка к агрохимическому обследованию почв.....	84
3.3.2. Отбор почвенных проб и их химический анализ.....	86
3.3.3. Составление почвенно-агрохимического паспорта поля.....	89
3.4. Автоматизация аналитической оценки агрохимических данных .....	90
3.4.1. Разбивка поля на элементарные участки .....	95
3.4.2. Построение маршрута отбора проб почв с привязкой к координатам участка.....	96
3.4.3. Отбор почвенных проб .....	97

3.4.4. Программное обеспечение .....	100
3.4.5. Анализ проб почвы в лаборатории .....	101
3.4.6. Обработка результатов анализа почв .....	102
4. СИСТЕМЫ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВОЖДЕНИЯ .....	107
4.1. Системы параллельного вождения .....	107
4.2. Системы автоматического вождения .....	113
4.3. Испытания систем параллельного и автоматического вождения .....	116
5. ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	120
5.1. Двухэтапные технологии.....	120
5.1.1. Дифференцированная обработка почвы .....	120
5.1.2. Дифференцированное по площади внесение основного удобрения .....	123
5.1.3. Дифференцированный по площади посев .....	128
5.1.4. Дифференцированное внесение гербицидов и фунгицидов .....	132
5.1.5. Дифференцированное орошение .....	135
5.1.6. Дифференцированные технологии возделывания риса .....	140
5.2. Одноэтапные технологии .....	144
5.2.1. Дифференцированное по площади внесение азотных удобрений .....	144
5.2.2. Дифференцированное внесение регуляторов роста .....	146
5.2.3. Дифференцированное внесение гербицидов и фунгицидов .....	147
5.2.4. Дифференцированное определение качества убираемого урожая.....	152
5.3. Дифференцированное управление посевами.....	152
6. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕНСОРНЫХ ДАТЧИКОВ В ТОЧНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ.....	156
6.1. Основы применения сенсоров.....	156
6.2. Датчики для определения свойств почвы .....	157
6.3. Датчики для измерения свойств растений и травостоев ..	164
7. МОНИТОРИНГ СЕЛЬХОЗУГОДИЙ И ПОЛЕВЫХ РАБОТ .....	180
7.1. Методы и технические средства мониторинга сельхозугодий и полевых работ.....	180

7.2. Составление карт урожайности .....	191
7.3. Системы мониторинга урожайности специальных сельскохозяйственных культур .....	194
8. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ПРОГРАММИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР .....	200
8.1. Организация производственных процессов, нацеленная на получение программируемой урожайности .....	207
8.2. Методы прогнозирования и программирования урожая ..	209
8.3. Информационно-аналитические модули оценки потенциальной урожайности и рациональных доз удобрений .....	217
8.4. Точное земледелие как информационный элемент прогнозирования урожая .....	219
9. ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ В ТОЧНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ .....	223
10. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ .....	236
10.1. Классификация специального программного обеспечения .....	236
10.2. Описание пакетов специального программного обеспечения .....	237
10.3. Программный комплекс «ГЛОНАССсофт».....	251
11. РОБОТОТЕХНИКА .....	275
11.1. Роботизированные системы в сельском хозяйстве .....	275
11.1.1. Роботизированные тракторы.....	276
11.1.2. Роботизированные системы и платформы .....	286
11.2. Нормативно-правовая база в области беспилотных наземно-транспортных средств .....	306
12. ТОЧНОЕ ЖИВОТНОВОДСТВО .....	311
12.1. Элементы точного молочного скотоводства .....	311
12.1.1. Общие сведения.....	311

12.1.2. Электронная идентификация животных.....	313
12.1.3. Датчики и получение информации.....	314
12.1.4. Автоматизированные и роботизированные системы доения.....	319
12.1.5. Обработка информации и обмен данными.....	324
12.1.6. Система электронного управления производственным процессом.....	325
12.1.7. Автоматизированные системы управления технологическими процессами в молочном животноводстве.....	333
12.2. Элементы точного свиноводства.....	347
12.3. Элементы точного птицеводства.....	352
12.3.1. Система автоматического управления микроклиматом....	352
12.3.2. Система автоматического управления производственным процессом.....	360
12.4. Тенденции инновационного развития техники для животноводства.....	362
<b>13. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ</b>	
<b>ТОЧНОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА.....</b>	<b>368</b>
13.1. Цифровая экономика.....	368
13.2. Использование элементов точного сельского хозяйства в России.....	379
13.3. Экспертный опрос.....	392
13.4. Сельскохозяйственное производство в Европейском союзе.....	417
13.4.1. Точное сельское хозяйство в ЕС.....	418
13.4.2. Прогноз развития точного сельского хозяйства в ЕС.....	420
13.4.3. Проблемы и возможности европейской политики в отношении точного сельского хозяйства.....	421
13.4.4. Возможное развитие сценариев в отношении законодательства.....	423
13.5. Развитие точного земледелия в Канаде.....	424
<b>14. ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР В ОБЛАСТИ ТОЧНОГО</b>	
<b>СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА, АВТОМАТИЗАЦИИ</b>	
<b>И РОБОТИЗАЦИИ.....</b>	
	<b>432</b>
<b>15. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ</b>	
<b>ТЕХНОЛОГИЙ ТОЧНОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА.....</b>	
	<b>473</b>

15.1. Экономические аспекты	
технологий точного земледелия .....	473
15.2. Экологические аспекты	
технологий точного земледелия .....	481
15.3. Экономическое обоснование технологий	
точного животноводства .....	485
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	488
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	490
СОКРАЩЕНИЯ.....	498
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	499

# ТОЧНОЕ СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

*Учебник*

Под редакцией Е. В. Труфляка

*Издание второе, стереотипное*

Зав. редакцией ветеринарной  
и сельскохозяйственной литературы *Т. В. Карпенко*

ЛР № 065466 от 21.10.97  
Гигиенический сертификат 78.01.10.953.П.1028  
от 14.04.2016 г., выдан ЦГСЭН в СПб

**Издательство «ЛАНЬ»**  
lan@lanbook.ru; www.lanbook.com;  
196105, Санкт-Петербург, пр. Юрия Гагарина, 1, лит. А.  
Тел.: (812) 412-92-72, 336-25-09.  
Бесплатный звонок по России: 8-800-700-40-71

## ГДЕ КУПИТЬ

### ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИЙ:

*Для того, чтобы заказать необходимые Вам книги, достаточно обратиться в любую из торговых компаний Издательского Дома «ЛАНЬ»:*

**по России и зарубежью**  
«ЛАНЬ-ТРЕЙД». 196105, Санкт-Петербург, пр. Юрия Гагарина, 1, лит. А  
тел.: (812) 412-85-78, 412-14-45, 412-85-82; тел./факс: (812) 412-54-93  
e-mail: trade@lanbook.ru; ICQ: 446-869-967

**www.lanbook.com**  
пункт меню «Где купить»  
раздел «Прайс-листы, каталоги»

**в Москве и в Московской области**  
«ЛАНЬ-ПРЕСС». 109387, Москва, ул. Летняя, д. 6  
тел.: (499) 722-72-30, (495) 647-40-77; e-mail: lanpress@lanbook.ru

**в Краснодаре и в Краснодарском крае**  
«ЛАНЬ-ЮГ». 350901, Краснодар, ул. Жлобы, д. 1/1  
тел.: (861) 274-10-35, 722-72-30; e-mail: lankrd98@mail.ru

### ДЛЯ РОЗНИЧНЫХ ПОКУПАТЕЛЕЙ:

*интернет-магазин*  
**Издательство «Лань»: <http://www.lanbook.com>**

*магазин электронных книг*  
**Global F5: <http://globalf5.com/>**

Подписано в печать 05.10.20.  
Бумага офсетная. Гарнитура Школьная. Формат 84×108<sup>1/32</sup>.  
Печать офсетная. Усл. п. л. 26,88. Тираж 50 экз.

Заказ № 1183-20.

Отпечатано в полном соответствии  
с качеством предоставленного оригинал-макета  
в АО «Т8 Издательские технологии».  
109316, г. Москва, Волгоградский пр., д. 42, к. 5.