

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ А.А. ЕЖЕВСКОГО»

## **ТОЧНОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ**

**Учебно-методическое пособие**

Молодёжный  
Издательство Иркутского ГАУ  
2019

УДК 631.58:631.57

ББК 41.4

**Составители:**

В.И. Солодун, Т.В. Амакова

**Точное земледелие:** учеб.-метод. пособие / сост. В.И. Солодун, Т.В. Амакова. – Иркутск: Изд-во Иркутского ГАУ им. А.А. Ежевского, 2019. – 85 с.

Для студентов магистратуры очного и заочного обучения по направлениям подготовки 35.04.04 – Агрономия, 35.04.03 – Агрохимия и агропочвоведение, 21.04.02 – Землеустройство и кадастры.

Рекомендовано к изданию методической комиссией агрономического факультета ИрГАУ им. А.А. Ежевского (протокол № 8 от 14.05.2019 г.)

Рецензент:

*Ш.К. Хуснидинов*, д.с.-х.н., профессор кафедры агроэкологии, агрохимии, физиологии и защиты растений Иркутского ГАУ имени А.А. Ежевского.

ISBN

© Солодун В.И., Амакова Т.В.

© ФГБОУ ВО «Иркутский ГАУ  
им. А.А. Ежевского», 2019 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
1. Понятие и содержание системы точного земледелия.....	5
2. Последовательность внедрения и этапы систем точного земледелия.....	16
3. Космический мониторинг в точном земледелии.....	23
3.1. Космический мониторинг.....	23
3.2. Геоинформационные технологии.....	32
4. Электронная карта .....	40
5. GPS навигация в сельском хозяйстве.....	52
6. Система параллельного ведения.....	56
7. Внесение удобрений в точном земледелии.....	66
7.1. Методы отбора почвенных проб.....	66
7.2. Порядок проведения агрохимического обследования, составление карты.....	74
Перечень вопросов для контрольного задания и зачёта.....	78
Задания и методические указания к выполнению контрольных заданий.....	80
Список рекомендуемой литературы.....	84

## ВВЕДЕНИЕ

В наше время невозможно представить жизнь без компьютерной техники и современных технологий. Это направление успешно развивается и в такой, казалось бы, консервативной отрасли, как сельское хозяйство. Руководство страны и сами аграрии понимают, что без перехода к инновационным технологиям невозможно совершить качественный скачок.

Точное земледелие, или как его ещё иногда называют прецизионное земледелие, является новой, технически более совершенной технологией по производству растениеводческой продукции. Сегодня, научный и технический прогресс, позволяет широко применять в земледелии современные технологии при планировании и выполнении агротехнологий. Сегодня уже достаточно часто используются бортовые компьютеры, GPS-приёмники, методы дистанционного зондирования (ДДЗ), геоинформационные системы (ГИС), а также системы поддержки принятия решений (СППР).

Новые информационные технологии в сельском хозяйстве, волна которых дошла до России в последние 10 лет, стали называть «точным земледелием». Изначально же этот термин употреблялся только в отношении новых технологий, учитывающих неоднородность агроклиматических параметров внутри поля. Учёт данной информации позволяет дифференцированно (точно, точечно) осуществлять все технологические операции, в том числе дифференцированное внесение удобрений и средств защиты растений в пределах поля.

## 1. ПОНЯТИЕ И СОДЕРЖАНИЕ СИСТЕМЫ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Одним из самых современных направлений в земледелии является так называемое точное земледелие, которое является интегрированным процессом управления ростом растений в соответствии с их потребностями. Точное земледелие ещё называют топоориентированным земледелием, земледелием по предписанию, точным сельским хозяйством, аккуратным сельским хозяйством. Такая технология стала возможной благодаря развитию информатики, систем связи и прогрессу в области автоматизации сельскохозяйственной техники. Наряду с солидным программным обеспечением проекта, позволяющим принятия решений по применению технологий в оперативном режиме и на перспективу, точное земледелие нуждается в мощном техническом оснащении. Машины, применяемые для точного земледелия, оснащены компьютерами, приёмниками глобальных систем позиционирования (ГПС), бортовыми датчиками, автоматическими устройствами по учёту урожая. Интегрирующей основой технологии являются геоинформационные системы (ГИС), позволяющие снимать, накапливать и обрабатывать информацию, характеризующую посев или пашню.

Термин «точное земледелие» (precision agriculture, precision farming, computer aided farming) появился в 90-е годы XX столетия как естественное развитие понятия устойчивого земледелия (sustainable agriculture). Принципиальное отличие новой концепции состоит в том, что технология точного земледелия (ТЗ) позволяет осуществлять управляющее воздействие в разных частях сельскохозяйственного поля, т.е. вносить разные нормы минеральных и органических удобрений, а также проводить дифференцированную обработку участка средствами защиты растений. Кроме того, новые технологии позволяют проводить и локальные операции по улучшению почвы (мелиоративные и агротехнические мероприятия).

Кроме того, появление ТЗ связано, прежде всего, с совершенствованием всех видов сельскохозяйственной техники, и технологий, а также с бурным развитием вычислительной техники, методов моделирования и информационных технологий в целом. Так как все технологические операции на сельскохозяйственном поле дифференцированы во времени и пространстве, то учитывать разнообразие почвенных, мезо- и микроклиматических особенностей каждого участка при обработке почвы представляется крайне необходимым. Особенно актуален такой подход для тех районов земледелия, где чрезвычайно распространена пестрота почвенного покрова. В России такими районами являются Северо-Запад, Нечерноземье, Сибирь и др.

Следовательно, целесообразность разработки систем точного земледелия в условиях реальной микроклиматической неоднородности ландшафтных агроэкологических систем России очевидна.

Точное земледелие, предусматривающее точное и изменяемое в соответствии с требованиями внесение удобрений и средств защиты растений в строгом соответствии с картой обработки получило ещё следующие названия: «аккуратного» земледелия; «топоориентированные технологии растениеводства». Такие технологии особенно перспективны в крупных хозяйствах с большими размерами полей, где имеется положительный период вегетации, почвы не очень плодородны, а опасность поражения культур болезнями и вредителями достаточно велика.

Возможность перехода к новым технологиям точного земледелия связаны с появлением ГИС- и ГСП-технологий, когда информация из разных источников непосредственно вводится в бортовой компьютер сельскохозяйственной техники. В связи с чем, можно регулировать интенсивность технологических операций по ходу движения агрегата по полю (изменение нормы высева, норм внесения удобрений, количества применяемых средств защиты растений). Решающую роль в этом процессе

играет совершенствование информационного обеспечения методов принятия решений – моделей, баз данных, экспертных систем.

В основе точного земледелия лежит управление продуктивностью процессов, учитывающего вариабельность среды обитания растений. Этой проблемой начали активно заниматься с начала 80-х гг. XX века в США, Японии, Германии, Англии, Голландии, Дании, Китае, а с 1990 г. – в странах Восточной Европы. ТЗ рассматривается как неотъемлемая часть ресурсосберегающего экологического сельского хозяйства и подразумевает применение интегрированной системы управления, а не отдельных её разрозненных элементов.

Точное земледелие – это быстроразвивающаяся система с применением наукоёмких технологий, последних достижений техники, новейших методов управления. Фундаментальной частью ТЗ является развитие и адаптация стратегии и практики ведения сельского хозяйства в современных условиях. Главное при таком подходе – измерить, оценить, оптимизировать и использовать на практике факторы, влияющие на продуктивность растений, а именно: водно-физические и химические свойства почвы, ландшафт, семена, применяемая технология, сроки сева и уборки, болезни, вредители, агроклиматические условия и т.п. Технологии точного земледелия позволяют обеспечить усиленный контроль за проводимыми сельскохозяйственными операциями и отслеживать изменение ситуации во времени в каждой точке контура, сравнительный анализ складывающейся обстановки с прогнозируемым вектором развития событий.

Таким образом, точное земледелие – стратегия менеджмента, которая использует информационные технологии, извлекая данные из множественных источников с тем, чтобы принимать решения по управлению посевами.

Разработка методологии точного земледелия не является «революционным скачком» в совершенствовании агротехнологий. Это следующий шаг в агрономических исследованиях, который должен учесть

все достигнутые ранее результаты в этом направлении, включая разработку динамических моделей, методы поддержки решений, экспертные системы и пр. Новые перспективы, которые и обусловили возможность перехода к новой методологии, связаны с появлением Географических информационных систем (ГИС) с непосредственным вводом информации в бортовой компьютер сельскохозяйственных машин, обладающих возможностью варьирования интенсивности технологических операций по ходу движения техники по полю. Тем не менее, следует подчеркнуть, что решающую роль в этом процессе играет совершенствование информационного обеспечения методов принятия решений – моделей, баз данных и знаний, экспертных систем.

Целью применения технологий точного земледелия на землях сельскохозяйственного назначения является повышение и поддержание почвенного плодородия. Эти новейшие технологии используют дистанционные методы измерения состояния почв и посевов (аэрофотосъёмки, аэрокосмические, спутниковые), в том числе применение геоинформационных систем (ГИС).

Технологии точного земледелия позволяют решить практически многие задачи по применению мелиоративных и агротехнических мероприятий, а также разнообразные научные аспекты агрономической науки в растениеводстве, почвоведении, агрофизике, агрохимии, агрометеорологии. Кроме того, это направление затрагивает и ряд других областей - приборостроение и средства автоматизации, сельскохозяйственное машиностроение, информатику.

К основным задачам, которые должны быть решены для перехода к широкому внедрению в России информационной технологии точного земледелия, относятся следующие:

- В почвоведении и мелиорации очень важным представляется задача выявления таких особенностей почвенного покрова сельхозугодий, которые можно каким-либо образом изменить в оптимальном направлении с

помощью технологических приёмов или (если изменить нежелательное свойство почвы за короткий срок не представляется возможным) максимально учесть его влияние на продуктивность агроценоза.

- В растениеводстве появляется возможность реально оценивать потенциальную продуктивность сортов сельскохозяйственных культур в конкретных экологических условиях и их отзывчивость на удобрения, фитогормоны и другие средства. В связи с появлением новых возможностей представляется реальным изучение влияния температурного и водного стрессов на рост и развитие растений, а также формирование архитектоники посевов, при которой посев максимально использует приходящую солнечную радиацию.

- Агрофизические свойства почвы являются во многом определяющими при выборе технологии выращивания сельскохозяйственной культуры. Основными задачами, подлежащими дальнейшей разработке, являются построение моделей энерго- и массопереноса в системе «почва – растение - атмосфера», исследование вариабельности основных физических характеристик почвы, влияющих на продуктивный процесс и позволяющих прогнозировать его результат. Основной целью создания таких моделей является их использование непосредственно в системах выработки агротехнологических решений.

- Основными вопросами агрохимического спектра задач являются: изучение локальных условий минерального питания растений и темпов миграции элементов питания по почвенному профилю, обоснование новых способов расчёта норм основных удобрений и подкормок с учётом почвенных характеристик поля, создание новых видов удобрений пролонгирующего действия.

- В агрометеорологии главными задачами представляются, во-первых, разработка новых методов прогнозирования метеоусловий и их влияния на продукционный процесс, и во-вторых, создание автономных агрометеорологических станций с автоматическим сбором информации.

Перечисленные задачи невозможно решить без соответствующей приборной и технической базы, поэтому очень важна разработка датчиков, приборов и мобильных информационных систем, позволяющих исследовать вариабельность характеристик почвенного и растительного покрова, в том числе собираемость урожая, в пределах конкретного поля. В этой связи перед отечественным сельскохозяйственным машиностроением стоит задача разработать и оснастить сельскохозяйственную технику такими рабочими органами, которые могли бы управляться бортовым компьютером.

Самой существенной особенностью новой технологии является деятельность специалистов в области информатики.

Внедрение технологий точного земледелия даёт возможность:

- Составить карты урожайности, позволяющие контролировать не только количество собранного урожая, но и выявить неравномерности урожайности в пределах поля, чтобы принять правильные агротехнические решения.
- Составить карты типов почв и почвенных разностей.
- Составить карты содержания в почве гумуса и микроэлементов.
- Провести агрохимическое обследование почв с определением норм внесения удобрений, а также планирование и расчёт норм известкования.

Применения этих технологий обеспечивает высокую точность вождения сельскохозяйственных машин (до 2 см). Например, в овощеводстве при возделывании картофеля и других сельскохозяйственных культур используют стационарные базовые станции дифференциальных поправок. В растениеводстве инновационные технологии точного земледелия дают возможность: получить сведения о возделывании сельскохозяйственных культур; составить балансы питательных веществ; провести бонитировку и составить отчёты по агрохимическому обследованию; осуществить сбор и обработку гидрометеоданных; подготовить статистические данные по использованию сельскохозяйственных машин.

Появившиеся в последнее время новые технические средства и успехи информатики позволяют анализировать и учитывать изменчивость параметров плодородия при выращивании сельскохозяйственных культур в пределах отдельно взятого поля. При современном крупномасштабном сельскохозяйственном производстве стремиться к этой цели можно, лишь призвав на помощь новые уникальные технологии.

Точное земледелие является составной частью точного сельского хозяйства. В понятие же «точного сельского хозяйства» может также входить точное животноводство, а также другие сферы деятельности того или иного предприятия, например, отслеживание перемещения техники и дистанционный контроль работы двигателя или рабочих органов сельхозмашины (рис. 1).

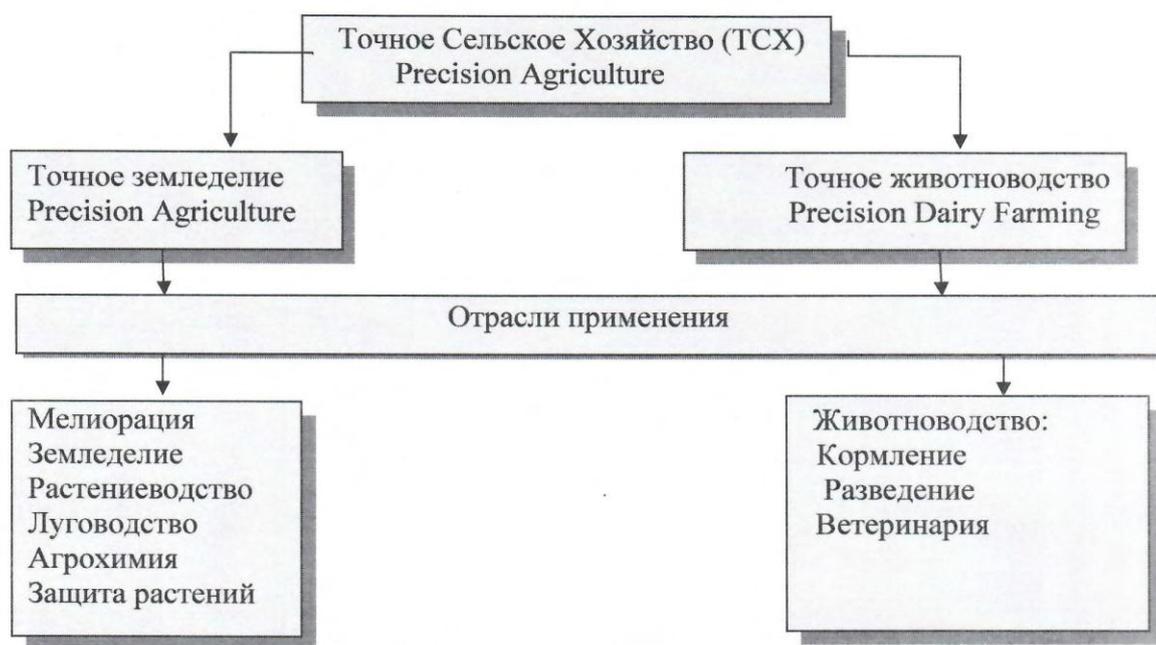


Рисунок 1 – Структура точного сельского хозяйства

При рассмотрении эффективности ресурсосбережения технологий точного земледелия различают следующие её виды: экономическую, социальную и экологическую. Система оценки комплексной эффективности точного земледелия представлена на рисунке 2.

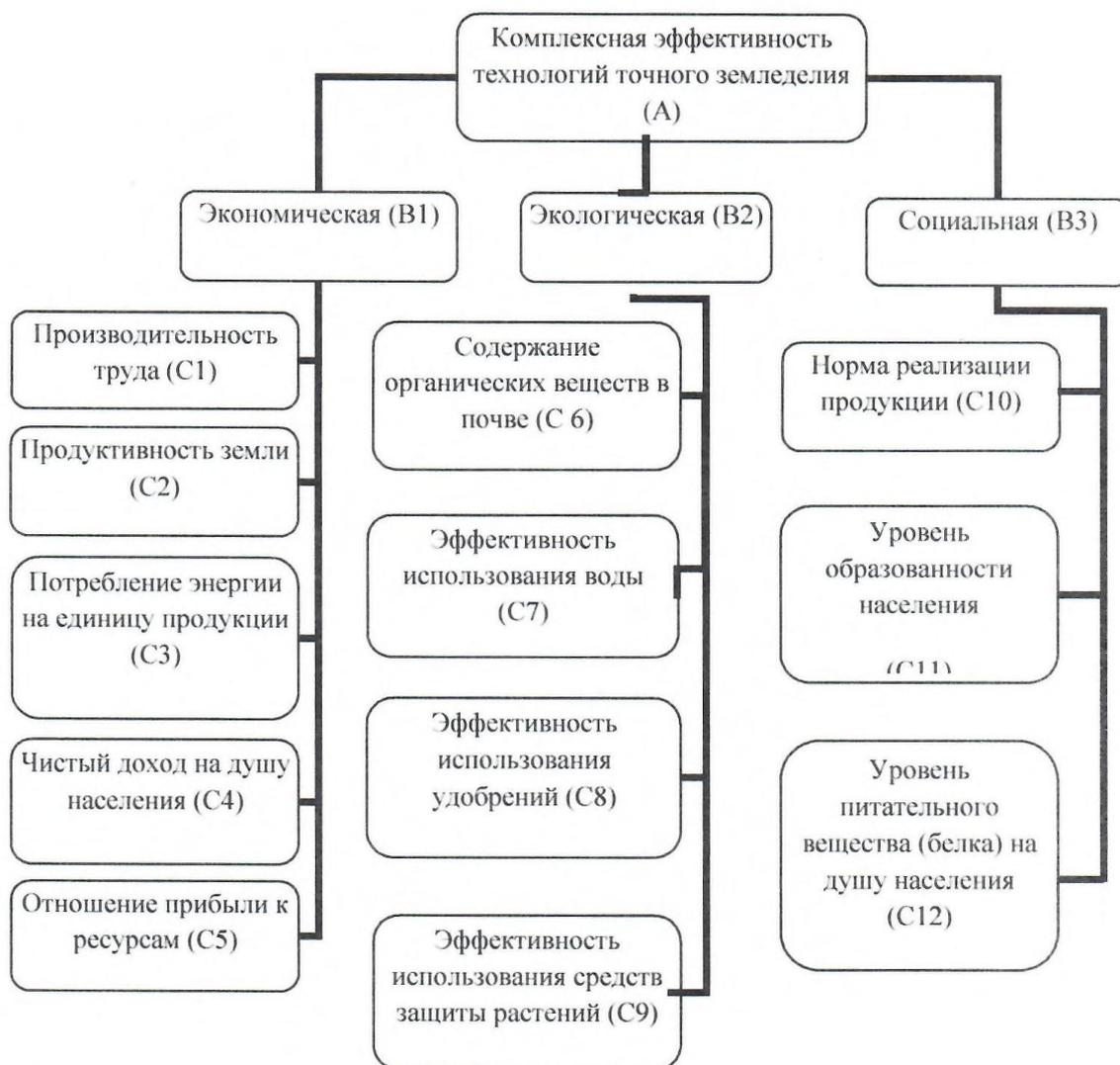


Рисунок 2 – Система оценки комплексной эффективности применения технологий точного земледелия

Точное земледелие решает следующие конкретные задачи:

- ✓ получение почвенных карт полей при помощи специального оборудования – автоматических почвоотборников;
- ✓ получение карт урожайности полей, сопоставление его с почвенными картами и принятие решений о необходимости и количестве внесения удобрений по полям;
- ✓ автоматизация процессов проведения технологических операций (в том числе и внесения удобрений) при помощи специального оборудования;

- ✓ контроль работ, выполненных той или иной техникой, отслеживание использования техники;
- ✓ анализ и накопление данных с целью отслеживания изменения состояния полей с течением времени;
- ✓ оперативное отслеживание состояния полей и посевов на различных участках, что позволяет вовремя проводить технологические операции и правильно определять их последовательность по полям.

В основе научной концепции точного земледелия лежат представления о существовании неоднородностей в пределах одного поля. Для оценки и детектирования этих неоднородностей используются новейшие технологии, такие как системы глобального позиционирования (GPS, ГЛОНАСС), специальные датчики, аэрофотоснимки и снимки со спутников, а также специальные программы для агроменеджмента на базе геоинформационных систем (ГИС). Собранные данные используются для планирования высева, расчёта норм внесения удобрений и средств защиты растений (СЗР), более точного предсказания урожайности и финансового планирования. Данная концепция требует обязательно принимать во внимание локальные особенности почвы, климатические условия. В отдельных случаях это может позволить легче установить локальные причины болезней или уплотнений.

Точное земледелие может применяться для улучшения состояния полей и агроменеджмента по нескольким направлениям:

1. Агрономическое - с учётом реальных потребностей культуры в удобрениях совершенствуется агропроизводство.
2. Техническое - совершеннее тайм-менеджмент на уровне хозяйства (в том числе, улучшается планирование сельскохозяйственных операций).
3. Экологическое - сокращается негативное воздействие сельхозпроизводства на окружающую среду (более точная оценка потребности культуры в азотных удобрениях приводит к ограничению применения и разбрасывания азотных удобрений или нитратов).

4. Экономическое - рост производительности и/или сокращение затрат повышают эффективность агробизнеса (в том числе, сокращаются затраты на внесение азотных удобрений).

Координатная привязка поля, иначе говоря, электронная карта даёт возможность агроменеджеру сохранить результаты анализа почвы в виде слоя электронной карты. Также могут быть и другие слои: предшествующие культуры, удельное сопротивление почвы, кислотность, гранулометрический состав и иные.

Неоднородности внутри поля и от поля к полю зависят от ряда факторов: погодных явлений и климата (дождь, засуха и т.п.), характеристик почвы (гранулометрический состав, мощность гумусового слоя, обеспеченность азотом и др.), способов обработки почвы (нулевая обработка, минимальная обработка), а также засорённости полей и заселённости их болезнями и патогенами. Показатели-константы, главным образом, относящиеся к характеристикам почвы, дают информацию о базовых экологических постоянных. Точечные показатели позволяют отслеживать состояние культуры и биомассы, например, понять, насколько та или иная болезнь влияет на развитие культуры и урожайность, страдает ли культура от недостатка воды, нехватки азота в почве, либо от поражённости какой-либо болезнью, повреждена ли она заморозками и тому подобное. Эта информация может поступать с метеостанций, а также из других источников (сенсоров электропроводности почвы, космических снимков, экспертная оценка агронома и т.д.). Измерение электропроводности почвы, совмещённое с анализом механического и химического состава почвы, позволяет создать точную карту агроэкологических условий.

Используя карту агрофизико-химических показателей почвы агроменеджер может реализовать две стратегии для оптимизации затрат:

- основываясь на анализе статических индикаторов (почвенных показателей, электропроводности, истории полей и т.д.) в течение фазы развития культуры спрогнозировать затраты (прогностический подход);

- контролирующий подход, когда информация от статистических индикаторов регулярно обновляется в течение фазы развития культуры в результате:

- отбора образцов: взвешивания биомассы, измерения содержания хлорофилла в листьях, взвешивания плодов и т.д;

- дистанционного определения параметров: температуры (воздуха/почвы), влажности (воздуха/почвы/листвы), скорости и направления ветра, диаметра стеблей;

- контактного детектирования: возимые сенсоры биомассы, потребуется объезд полей по контурам;

- аэро- или космо-съёмка (дистанционного зондирования): обработка мультиспектрального снимка для выделения биофизических параметров культуры.

На современном этапе принимаемые управленческие решения могут основываться на моделях, описывающих процесс их принятия (симуляторы фаз развития культур и модели рекомендуемых мероприятий для сохранения заданных параметров в каждой фазе), но конкретное решение агроменеджер принимает самостоятельно, исходя из поддержания баланса экономических и экологических целей.

## 2. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ И ЭТАПЫ СИСТЕМЫ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Точное земледелие предполагает совокупность технологий, технических средств и систем для принятия решений, направленных на управление параметрами плодородия, влияющими на рост растений с целью повышения эффективности растениеводства.

Наилучшие результаты при реализации точного земледелия отмечаются в том случае, когда все данные стекаются в единый диспетчерский центр, где программные средства объединяются в единую корпоративную систему управления ресурсами (рис. 3).

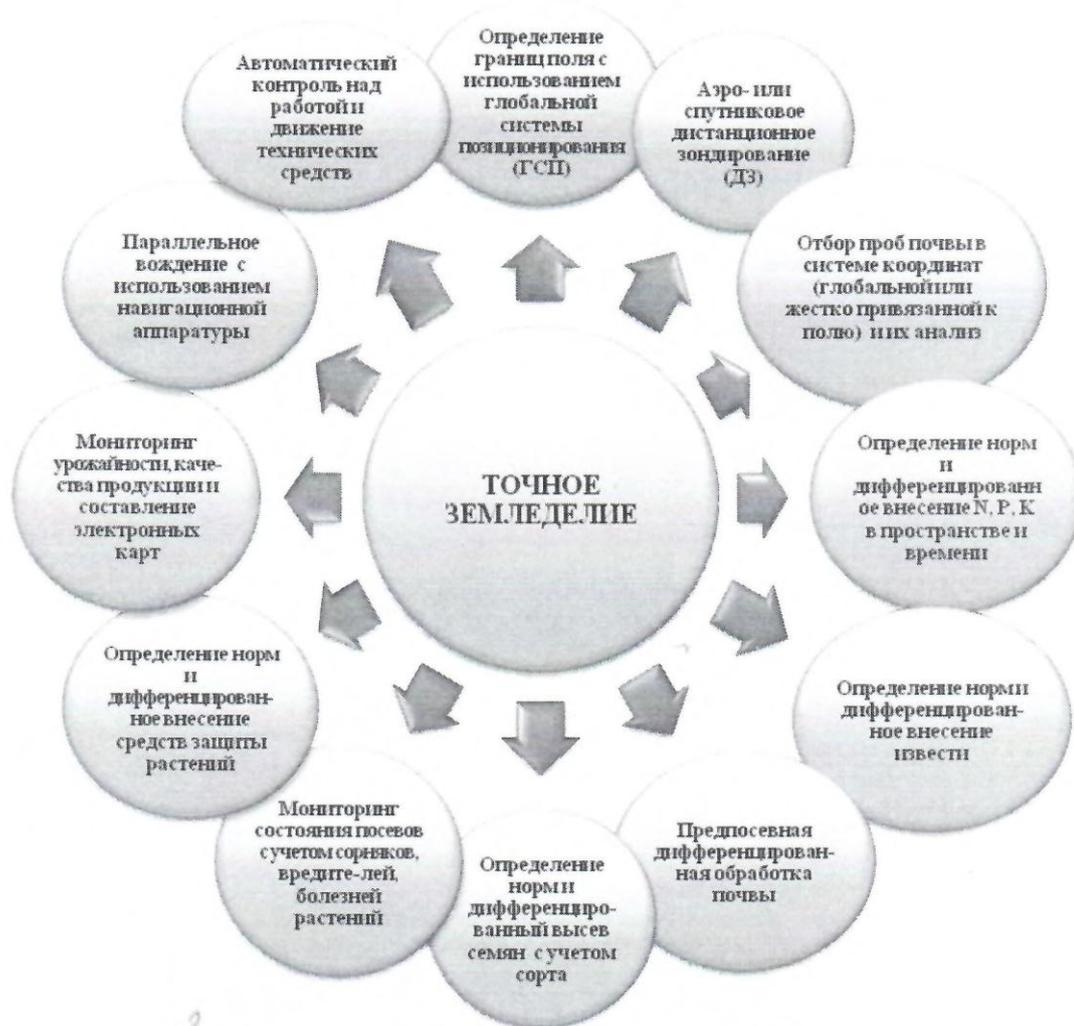


Рисунок 3 – Технологии точного земледелия (ТТЗ)

Формирование этапов последовательности рационального применения технологий точного земледелия представлено на рисунке 4.

Основным принципом точного земледелия является непрерывный процесс отслеживания состояния почвы на том или ином микро участке поля. В частности, контролируется плотность и твёрдость почвы, её влажность и агрегатный состав, содержания в ней микроорганизмов и микроэлементов и их распределение по площади поля.

Агротехнические мероприятия при использовании классических технологий осуществляется по всей площади поля, при этом неравномерность свойств почвы не учитывается. Это приводит к возникновению ряда проблем.

Еще одной важной проблемой является точный учёт полевых работ, выполняемых сельскохозяйственными агрегатами.

Технологии точного земледелия предусматривают внесение удобрений и обработку почвы с учётом исходного её состояния, чего при использовании классических технологий добиться невозможно.

Для осуществления технологий точного земледелия необходимо использование специального оборудования: датчиков, определяющих состояние почвы и содержания в ней минеральных веществ, сельхозмашинах с измеряемыми рабочими параметрами и системы бортовой электроники.

Существенной проблемой является наличие сенсорных элементов, то есть датчиков для определения исходного состояния почвы по таким параметрам как твердость почвы, её агрегатный состав, влажность, удельное сопротивление при обработке, а также содержание азота, фосфора, калия и т.д.

Определение удельного сопротивления почвы производится с использованием устройства, включающего культиваторную лапу, то есть идет её тензометрирование и определение воздействующего на неё в процессе работы усилия.

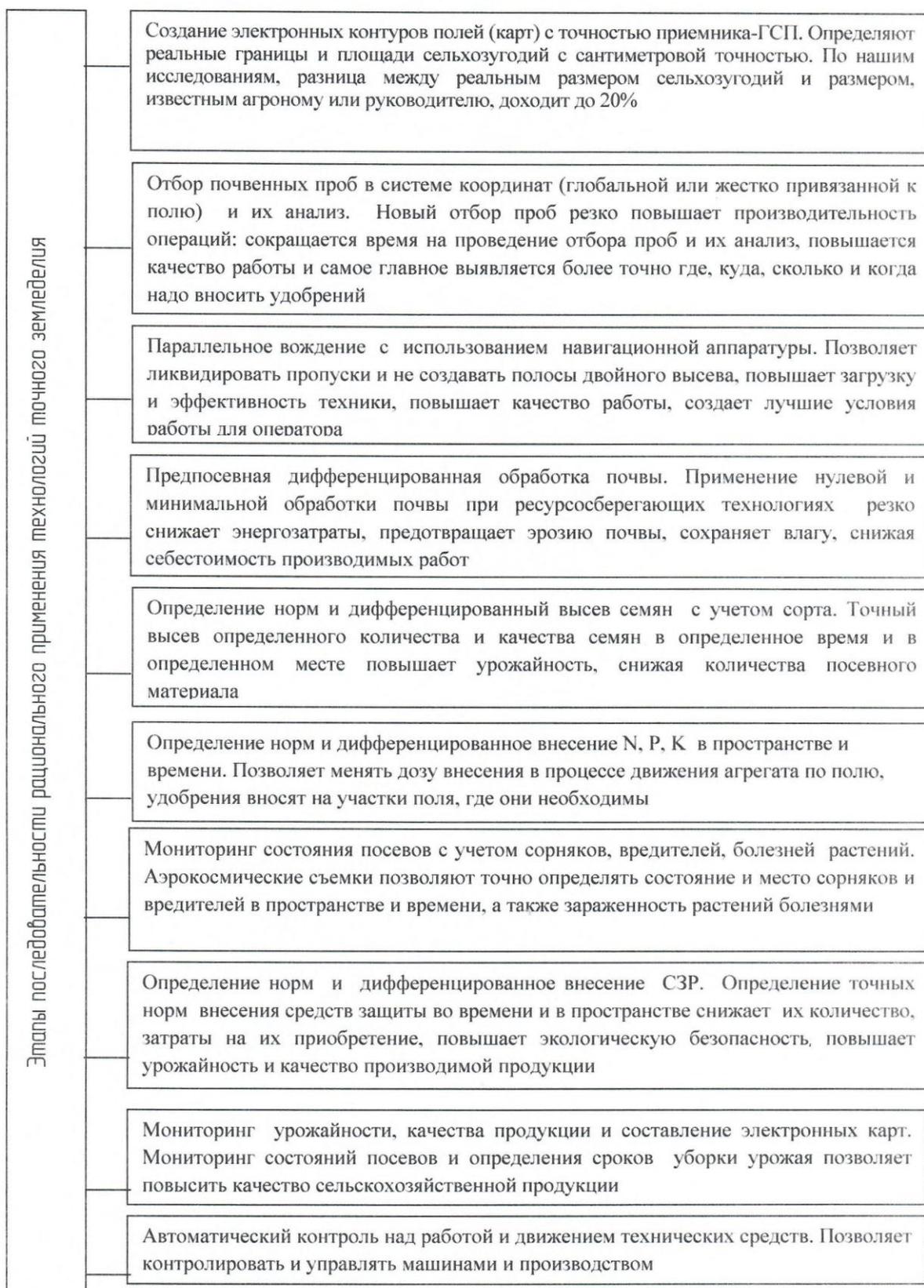


Рисунок 4 – Формирование этапов рационального применения ресурсосберегающих технологий точного земледелия

В результате использования разработанных устройств можно получить карту поля, отражающую твёрдость и удельное сопротивление почвы на каждом микро участке, то есть первичный материал, необходимый для осуществления технологий точного земледелия. Такой подход позволяет не только производить выращивание плодородия почвы последующим выборочным внесением органических и минеральных удобрений, но производить точный учёт выполненной работы на каждом отдельном поле. И, как показывает практика, это приводит к 17-20% экономии удобрений и 20-25% экономии ГСМ.

Таким образом, использование технологий точного земледелия позволяет не только получить существенную экономию средств, но и эффективно сохранить окружающую среду.

Факторы, сдерживающие внедрение точных и ресурсосберегающих систем в земледелии:

1. Недостаток знаний и высококвалифицированных консультантов. Самая распространенная ошибка среди руководителей, внедряющих ресурсосберегающие технологии, заключается в том, что они пытаются использовать в работе отдельные её элементы, а не ресурсосберегающую систему земледелия в целом. Например, переход на минимальную обработку почвы без увеличения чёрных паров или применения химических средств защиты растений приводят к засорению полей и значительному снижению урожая. Однако, несмотря на то, что всем известная данная ошибка повторяется уже несколькими поколениями руководителей и специалистов, потому что у них не хватает знаний и общего уровня подготовки, чтобы самостоятельно создать эффективную для их предприятия ресурсосберегающую систему земледелия, а местные НИИ предоставлением таких услуг не занимаются.

2. Стоимость гербицидов. Цена глифатосодержащих гербицидов типа «Раундап» в России значительно выше, чем в Европе и США, где они датируются государством. Без снижения цены на эти гербициды

широкомасштабное внедрение ресурсосберегающего земледелия в России не представляется возможным.

3. Недостаток современной техники для ведения земледелия по системе Mini-Till и No-Till. Например, в России нет энергонасыщенного трактора, отвечающего агротехническим требованиям. Несмотря на то, что гусеничные тракторы соответствуют агротехническим требованиям, так как оказывают сравнительно низкое давление на почву –  $0,5-0,55 \text{ кг/см}^2$ , по мощности двигателя, необходимой для использования высокопроизводительных широкозахватных агрегатов и многооперационной техники, трактор ДТ-75 совершенно не соответствует современным экономическим требованиям. Обратная ситуация с К-700. Это достаточно мощный трактор, способный обеспечить высокую производительность труда. Но возникает противоположная картина, если посмотреть на него с точки зрения агрономии. По стандартам развитых стран удельное давление колес на почву не должно превышать  $0,6 \text{ кг/см}^2$ . У трактора К-700 давление колёс  $1,5 \text{ кг/см}^2$ , то есть превышение в 2,5 раза. На практике это приводит к тому, что хозяйства, использующие К-700 на севе, получают изреженные всходы по следу колес. Другими словами, с точки зрения агрономии – это очень плохой трактор, непригодный для ведения полевых работ. Поэтому руководители многих сельскохозяйственных предприятий России вынуждены иметь двойной комплект тракторов: ДТ-75 для проведения весеннего посева и К-700 для вспашки зяби.

Практика показывает, что новые ресурсосберегающие технологии точного земледелия, признанные и успешно применяемые во всем мире, ещё не получили в России должного внимания, развития и государственной поддержки.

Экономические исследования показали, что комплексное внедрение ресурсосберегающих технологий в сельскохозяйственное производство в России сдерживалось и продолжает сдерживаться рядом причин. К числу основных относятся:

- отсутствие глобальных исследований экономической эффективности применения ресурсосберегающих технологий точного земледелия, а также детального анализа причин, сдерживающих их широкое применение;

- высокая стоимость на машины, технологическое оборудование и услуги для точного земледелия;

- отсутствие разработок и серийного производства машин, оборудованного соответствующим электронным оборудованием для точного земледелия;

- отсутствие или незначительные разработки и выпуска российского программного обеспечения;

- отсутствие или очень малая государственная поддержка товаропроизводителей, осваивающих технологии точного земледелия.

Большинство сельхозпроизводителей не имеют достаточной квалификации для применения технологий точного земледелия.

При внедрении точного земледелия каждая технология имеет затраты и эффекты. При этом учитываются многочисленные факторы и обстоятельства, которые в конечном итоге дают эффект. Обобщенные в ходе исследования данные мирового опыта по отдельным технологиям точного земледелия приводятся в таблице 1.

Таблица 1 – Затраты и эффект от применения технологий точного земледелия

Технология	Дополнительные затраты	Эффект
1	2	3
Параллельное вождение	Автоматическая система управления; исполнительная карта; программное обеспечение; затраты на обучение персонала	Экономия времени, топлива; водитель может решать другие задачи; повышение общей производительности и качества работы
Дифференцированный высев	почвенные карты; сеялка для дифференцированного посева, глубины и плотности; системы DGPS/RTK	повышение урожайности за счет лучшей плотности семян и распределения высева; снижение затрат на семена

Продолжение таблицы 1

1	2	3
Дифференцированное внесение удобрений	система дифференцированного применения удобрений; встроенная система ГПС; местные датчики погоды, либо услуги интернет-погоды; другое: аэрофотоснимки, картирование урожайности, пробы почв, карта почвы, затраты на обучение персонала	повышение урожайности; повышение (качества) содержания белка; отслеживаемость; экономия времени; экономия удобрений
Дифференцированное опрыскивание гербицидами по карте сорняков и прогнозу погоды	комплексный инженерный распылитель; местные датчики погоды, или интернет-погода; пробы почвы (карта почвы); затраты на обучение персонала; составление карты сорняков с автономными системами отображения сорняков	экономия гербицидов; отслеживаемость; экономия времени; повышение урожайности
Дифференцированное орошение	программное обеспечение управления водопользованием; поливной водопровод системы капельного орошения; датчики	экономия воды; экономия питательных веществ
Дифференцированная обработка почвы по почвенным картам	почвенные карты; культиваторная лапа; датчик для определения состава почвы, смонтированные спереди; другие датчики	повышение урожайности; экономия энергии; экономия времени; улучшение эффективности машины
Измерение содержания хлорофилла в сельскохозяйственных культурах перед уборкой урожая	датчики в реальном времени для составления карт содержания хлорофилла в растениях; составление карт урожайности	повышение качества продукции; возможность начать уборку урожая в оптимальный период; улучшение качества и содержание воды в зерне
Логистика уборки урожая	единая система управления транспортными средствами; новая система транспортных средств; карты урожайности; логистическая система оптимизации; вспомогательные программные средства составления временного графика уборки урожая	повышение урожайности; оптимизированный сбор урожая; экономия топлива; снижение содержания воды в зерновых культурах; экономия времени при транспортировке
Управление информацией	программное обеспечение для обработки карт поля	сокращение времени и затрат на рабочую силу; улучшения качества данных

### **3. КОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В ТОЧНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ**

#### **3.1. Космический мониторинг**

Для реализации стратегии точного земледелия (ТЗ) необходимо оценивать варьирование агротехнических показателей и состояние растений в период вегетации в принятой системе позиционирования. Знания о пространственной и временной изменчивости параметров плодородия и состоянии растений позволят выполнять операции воздействия на них в нужном месте и в необходимом количестве. Такая технология дает возможность оперативно управлять производственным процессом, качеством продукции, способствует повышению урожайности, минимизации затрат на расходные материалы, снижению загрязнения окружающей среды за счет более рационального использования удобрений и химических средств защиты растений, повышению плодородия земель.

Определение изменчивости почвенного плодородия и состояния растений является одним из самых важных элементов новой технологии. Без наличия точных картограмм распределения питательных элементов в почве, состояния посевов, урожайности сельскохозяйственных культур невозможно дифференцированное воздействие на систему «почва + растение».

Измерение параметров почвы, которые влияют на рост и развитие растения, их интерпретация и выработка оптимальных управленческих решений – одна из задач точного земледелия. Его эффективность будет во многом зависеть от того, насколько быстро и точно мы сможем определять эти показатели.

Содержание нитратов и влажность могут меняться быстро как на площади поля, так и во времени и должны измеряться в реальном масштабе времени. Содержание органического вещества, толщина пахотного слоя, кислотность несущественно меняются во времени, и их можно замерять один раз в год или реже. Количество замеров зависит от variability

измеряемого параметра. Для ее определения нужно проводить замеры с определенным шагом квантования, что резко повышает трудоемкость и сопряжено с большими денежными затратами. Поэтому нужны более эффективные способы получения информации.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что наиболее перспективным является дистанционное зондирование (ДЗЗ) с использованием космических, пилотируемых и беспилотных малых и сверхмалых летательных аппаратов.

На рисунке 5 перечислены виды дистанционного зондирования. Наибольшее количество работ происходит в области пассивной и активной регистрации электромагнитной энергии.



Рисунок 5 – Различные способы дистанционного зондирования

Космические аппараты (КА) дистанционного зондирования Земли широко используются с целью изучения ее и решения задач метеорологии, для чего оснащаются в основном оптической или радиолокационной аппаратурой. Преимущества последней заключаются в том, что она

позволяет наблюдать поверхность Земли в любое время суток, независимо от состояния атмосферы.

Космическая съёмка Земли включает снимки и регистрограммы земной поверхности, полученные с высоты более 80-100 км в любое время суток с различных летательных аппаратов: исследовательских ракет, искусственных спутников, автоматических орбитальных станций, пилотируемых космических кораблей. Аэросъёмка – съёмка местности (с высоты от сотен метров до 20 км) с летательных аппаратов с помощью различных регистрационных и фотоприборов (рис. 6).

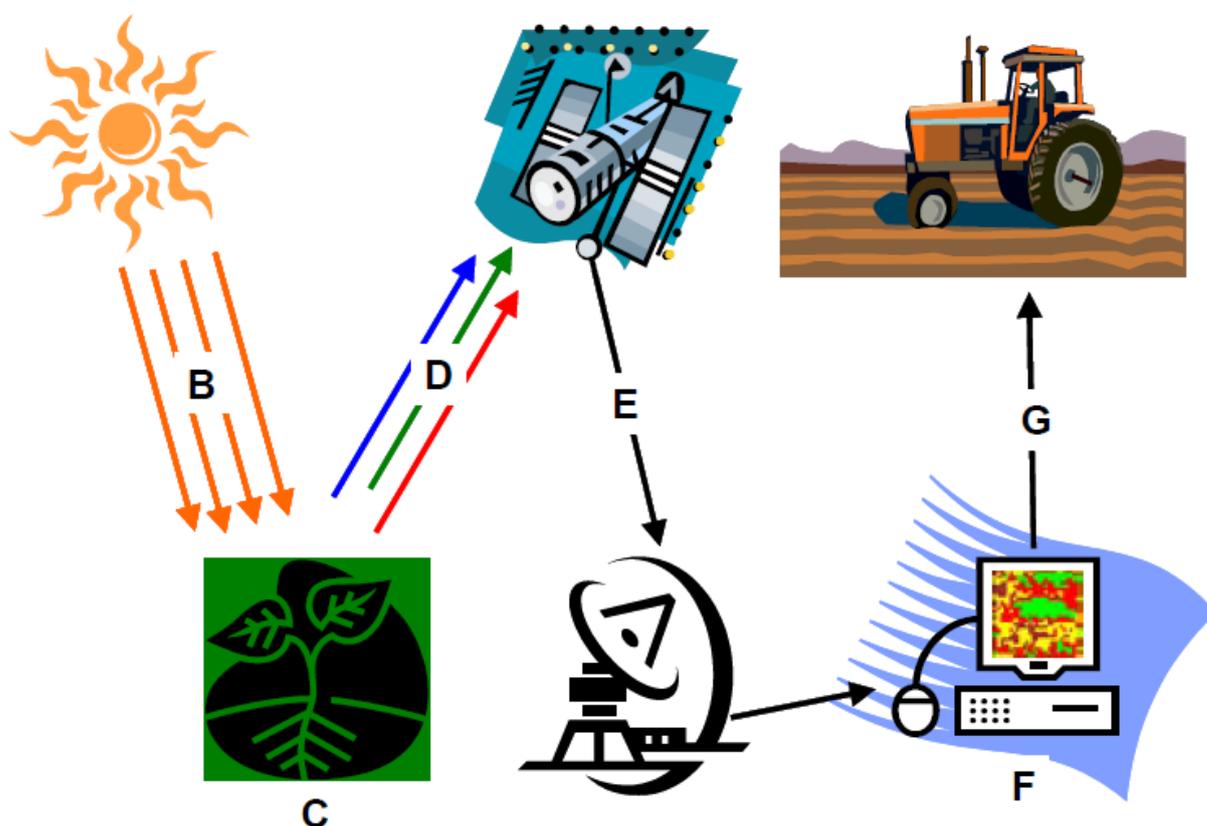


Рисунок 6 – Применение ДЗЗ в точном земледелии

Уже предпринимаются попытки использования дистанционного зондирования в точном земледелии. Это аэрофотосъёмка (космическая съёмка) или сканирование больших площадей для решения задач крупномасштабного картирования полей (составления планов) и построения цифровых карт рельефа. Полученные данные становятся материальной

основой создания геоинформационной системы (ГИС) для точного земледелия. Изучение и вторичная обработка таких данных позволяет провести кластеризацию пространства внутри отдельного поля, прежде всего в агроэкологическом смысле (выделить разного рода площадки с определенным уклоном и ориентацией в пространстве для определения их гидрологии и инсоляции).

Данные дистанционного зондирования можно также использовать при составлении управляющих карт для проведения операций агроцикла, в том числе и для дифференцированного внесения удобрений, химических средств защиты растений и мелиорантов (рис. 7).

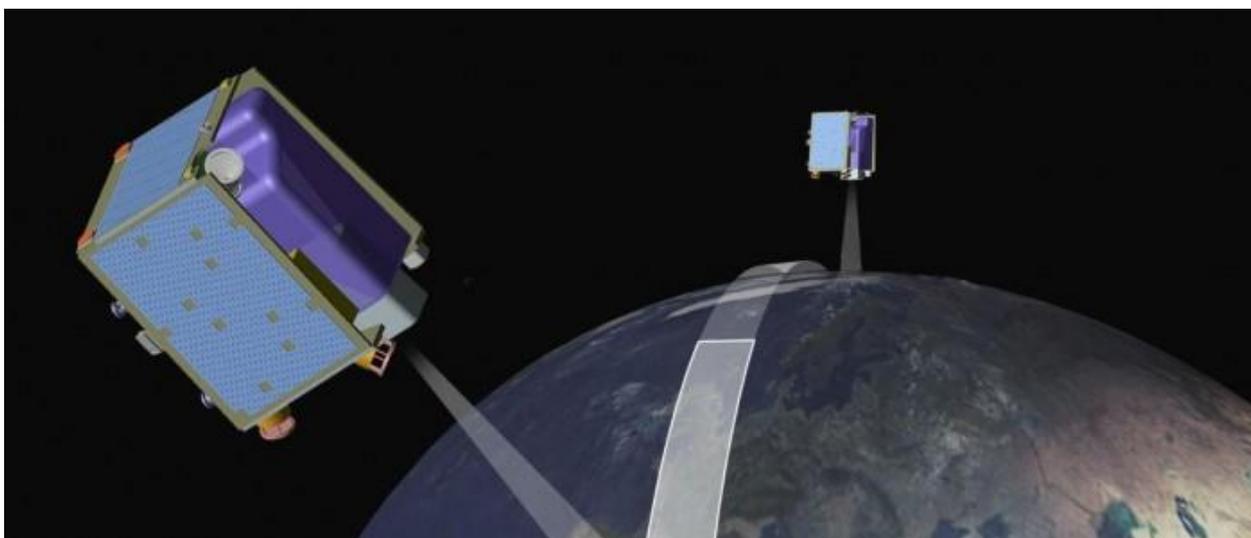


Рисунок 7 – Спутники группировки RapidEye

На следующем этапе возможно определить более точно отдельные параметры почвы, например, динамику изменения её влажности и температуры, а также некоторые климатические факторы такие, как суммарная температура, направление ветра, однородные по урожайности или содержанию элементов питания ареалы, зоны управления (management zones) и др. Обработка многоспектральных данных позволяет выявить стрессы растений, вызванные недостатком питания или сорняками, вредителями и

болезнями. Применение аппарата прогнозирования урожайности позволит разработать высокоэффективные стратегии проведения работ в агроцикле.

Выполненный нами анализ показал, что имеется несколько подходов к использованию данных ДЗЗ для нужд ТЗ. Первый – использование данных ДЗЗ только для обнаружения и локализации участков аномального развития (угнетенного состояния) растительности в пределах одного поля. Такие аномалии могут быть вызваны самыми разными факторами: поражением растений вредителями, угнетением их сорной растительностью, недостатком основных элементов питания, водным стрессом растений.

Второй – обнаружение количественных связей между биофизическими параметрами состояния растительности и изменениями спектрального отклика растительного покрова (РП), обусловленными влиянием факторов внешней среды или применяемыми агротехнологиями.

Третий подход заключается в интеграции некоторых биофизических параметров растительного покрова (биомасса, проективное покрытие, листовой индекс) или параметров радиационного режима растительности (эвапотранспирация, доля физиологически активной радиации), которые могут быть оценены по данным ДЗЗ, с математическими и физиологическими моделями оценки продуктивности РП и которые могут быть использованы в системе поддержки принятия решений в рамках применяемых технологий ТЗ.

Для успешного применения в ТЗ системы дистанционного зондирования должны выполняться следующие условия:

- сбор данных, их коррекция и первичная обработка в течение 24-48 ч;
- пространственное разрешение около 5 м для спектральной съемки;
- спектральное разрешение 10-20 нм для более точного определения биофизических параметров растительного покрова;
- не менее 5-6 сеансов получения информации в течение вегетационного периода;

- предоставление результатов пользователю в удобных форматах;
- доступная стоимость данных.

Качество получаемых снимков с использованием космических аппаратов в ряде случаев недостаточно для эффективного использования в точном земледелии. Это обусловлено в первую очередь облачностью и негативным влиянием других атмосферных явлений. Кроме того, задержка получения спутниковых снимков отрицательно влияет на оперативность решений. Поэтому ученым предстоит совершенствовать методы дистанционного зондирования.

Особый интерес представляют качественные изменения в техническом оснащении ДЗЗ, которые произошли за последние 2-3 года. На орбите появились спутники с оптико-электронными системами сверхвысокого разрешения нового поколения (WorldView-1 и GeoEye-1), уникальные многофункциональные космические аппараты (ALOS), группировки спутников малого класса мониторингового назначения (RapidEye). Особо следует отметить рост группировок спутников с радиолокаторами высокого и сверхвысокого разрешения (TerraSAR-X, OSMO-SkyMed, Radarsat-2).

Хорошие перспективы для мониторинга природных ресурсов у группировки из пяти мини-спутников RapidEye (рис. 7), которые были запущены 29 августа 2008 г. Владелец спутников – компания RapidEye AG (Германия). Каждый из спутников, созданных компаниями SSTL (Великобритания) и MDA (Канада), оснащен мультиспектральной оптико-электронной камерой Jena Optronik для съемки с пространственным разрешением 6,5 м (после обработки – 5 м).

Спутники были выведены на околоземную солнечно-синхронную орбиту высотой 630 км. Группировка RapidEye способна обеспечивать ежедневную съемку 4 млн км<sup>2</sup> земной поверхности. Периодичность съемки одного и того же района Земли – 24 ч. Съемка земной поверхности ведется в пяти каналах. Уникальным для спутников высокого разрешения является канал «длинноволновый красный», который оптимально подходит для

наблюдения и измерения состояния растительного покрова. Расчетный срок пребывания спутников на орбите составляет 7 лет. Манёвренность аппаратов, большие площади съёмки, возможность ежедневного мониторинга делают использование данных, полученных со спутников RapidEye, особенно перспективными в сельском, лесном хозяйстве и других отраслях.

Использование беспилотных летательных аппаратов совместно с космическим мониторингом можно рассматривать как один из перспективных способов получения объективной информации, необходимой для решения задач точного земледелия. Для этих целей используют летательные аппараты, способные нести необходимую аппаратуру, чтобы провести мониторинг состояния поля и посевов и получить информацию для решения задач точного земледелия. Такие аппараты лишены недостатков, присущих спутниковым системам. Они легки в эксплуатации, могут летать на небольшой высоте (до 30 м), для них не опасна облачность, не нужно специальное разрешение (коридор). В результате получаются снимки конкретного поля или участка поля более высокого разрешения.

В последние годы в России произошли позитивные изменения в области разработки и создания беспилотной техники. Сегодня в нашей стране не один десяток фирм разрабатывают беспилотные летательные аппараты для нужд сельского хозяйства.

Беспилотные летательные аппараты различают по массе, времени, дальности и высоте полета. Выделяют аппараты класса «микро» (условное название) массой до 10 кг, со временем полета около 1 ч и высотой до 1 км, «мини» – 50 кг, со временем полета несколько часов и высотой до 3-5 км, средние («миди») – до 1 000 кг, с временем 10-12 ч и высотой 9-10 км, тяжелые – с высотой полета до 20 км и временем полета 24 ч и более.

Исследования по использованию легких и сверхлегких летательных аппаратов для получения информации, необходимой для точного земледелия, ведутся в России и ближнем зарубежье.

Для оценки состояния посевов в период вегетации ученые Агрофизического института (АФИ) разработали летательный аппарат (рис. 8, 9).



Рисунок 8 – Беспилотный летательный аппарат АФИ



Рисунок 9 – Фотоснимок участка поля, полученный с помощью летательного аппарата АФИ

Чтобы расширить сферу применения беспилотных летательных аппаратов необходимы дальнейшие исследования по совершенствованию их конструкции и оснащению необходимой аппаратурой. Во время испытаний были обнаружены недостатки этих аппаратов: механическая вибрация, влияющая на качество получаемых снимков, зависимость устойчивости полета аппарата от скорости ветра, наличие длинной взлётно-посадочной дорожки – 100 м и более, невысокая точность ориентации аппаратов в пространстве, влияющая на качество фотоснимков и точность координат сканируемых участков.

Наряду с беспилотными летательными аппаратами самолетного типа в последнее время начали использовать беспилотные летательные аппараты вертолетного типа для мониторинга окружающей среды и получения информации о состоянии полей и посевов, необходимой для принятия оптимальных управленческих решений в системе точного земледелия.

Следует отметить, что выбор между космическими средствами ДЗЗ и авиационными зависит от конкретных условий их использования, номенклатуры показателей и требуемой скорости получения данных. Оперативные климатические данные получают преимущественно с помощью космических аппаратов. Многоспектральная съёмка с высоким разрешением осуществляется чаще с использованием пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов, особенно в регионах с большим количеством облачных дней. Для пропашных культур и садов вообще могут быть использованы наземные средства, зачастую размещаемые прямо на сельскохозяйственной технике.

Рациональное сочетание космических аппаратов для дистанционного зондирования, пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов позволит:

- оперативно получать данные ДЗЗ о состоянии поля и растений в период их вегетации;

- обеспечивать высокое и сверхвысокое разрешение для повышения точности определения биофизических параметров растительного покрова;
- соблюдать достаточно частую периодичность съёмки (таблица 2).

Необходимо развернуть исследования по обоснованию рационального сочетания космических аппаратов для дистанционного зондирования, пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов, чтобы получать информацию, необходимую для принятия оптимальных управленческих решений в системе точного земледелия.

Таблица 2 – Основные показатели почвы и растений определяемые методами дистанционного зондирования

Объект исследования	Современные методы	Перспективные методы	Преимущества перспективного метода
<i>Данные о почве</i>			
Тип почвы, структура, уплотнение; содержание органического вещества	Дискретный метод отбора проб со всего поля; почвенные корты	Дистанционное зондирование	Бесконтактный, информация в реальном масштабе времени
Температура	Дискретный метод отбора проб	Дистанционное зондирование с использованием термовизора	Бесконтактный, оперативный
Влажность почвы	Дискретный метод отбора проб	Дистанционное зондирование	Бесконтактный, оперативный
<i>Данные о растениях</i>			
Сорт	Определяется во время посева (посадки)	Дистанционное зондирование	Бесконтактный, большие площади, оперативный
Сорняки	Визуальное обследование, Дистанционное зондирование	Дистанционное зондирование	То же
Болезни и вредители растений	Визуальное обследование	Дистанционное зондирование	То же
Стадии развития растений	Визуальное обследование, Дистанционное зондирование	Дистанционное зондирование	То же
Зрелость растений	Визуальное обследование, дистанционное зондирование	Дистанционное зондирование, газовый анализ	То же
<i>Операции</i>			
Уборка, урожайность, влажность	Средняя урожайность по полю, карта урожайности	Дистанционное зондирование	Получение информации об урожайности до уборки

### 3.2. Геоинформационные технологии

Точное земледелие основано на применении геоинформационных технологий, систем глобального позиционирования.

Для реализации технологии точного земледелия необходимы современная сельскохозяйственная техника, управляемая бортовой ЭВМ и способная дифференцированно проводить агротехнические операции, приборы точного позиционирования на местности (GPS-приёмники). Необходимы технические системы, помогающие выявить неоднородность поля (автоматические пробоотборники, различные сенсоры и измерительные комплексы, уборочные машины с автоматическим учётом урожая, приборы дистанционного зондирования сельскохозяйственных посевов и др.). Ядром технологии точного земледелия (второй этап из рассмотренных выше) является программное наполнение, которое обеспечивает автоматизированное ведение пространственно-атрибутивных данных картотеки сельскохозяйственных полей, а также генерацию, оптимизацию и реализацию агротехнических решений с учётом вариабельности характеристик в пределах возделываемого поля (рис. 10).

Первый этап достаточно развит в плане технического и программного обеспечения. Первый этап внедрения технологии точного земледелия – это разработка базы данных, где будут находиться сведения о площади, урожайности, агрохимических и агрофизических свойствах почвы и уровне развития растений (рис. 11).

Для сбора информации используются почвенные автоматические пробоотборники, оснащённые GPS-приёмниками и бортовыми компьютерами; геоинформационные системы (ГИС) для составления пространственно-ориентированных электронных карт полей; карты урожайности обмолачиваемых культур, получаемые сразу после уборки; дистанционные методы зондирования (ДДЗ), такие как аэрофотосъёмка и спутниковые снимки.

В России спутниковые снимки продают компании «Совзонд», «Геонадир» и «СканЭкс». В Европе существуют специальные консультационные центры, где спутниковые снимки обрабатываются с

помощью специальных программ (ArcGis, ENVI), затем выдаются аграриям вместе с рекомендациями в удобном графическом формате.

### Производственный процесс

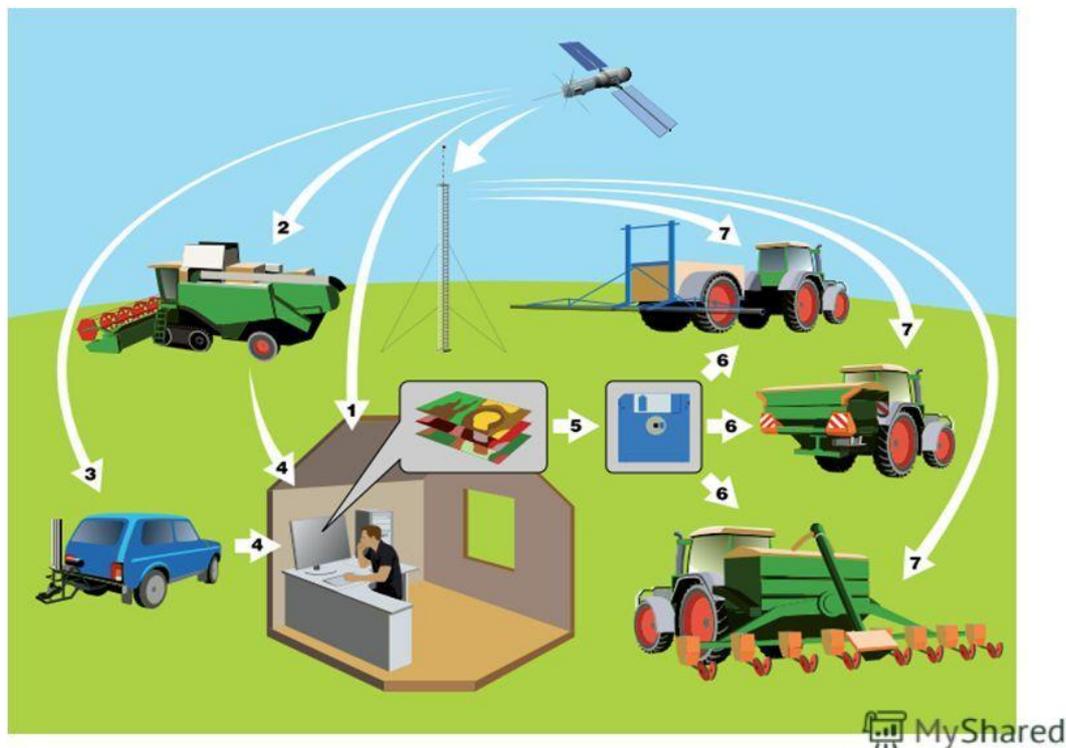


Рисунок 10 – Схема обмена информацией в технологии точного земледелия

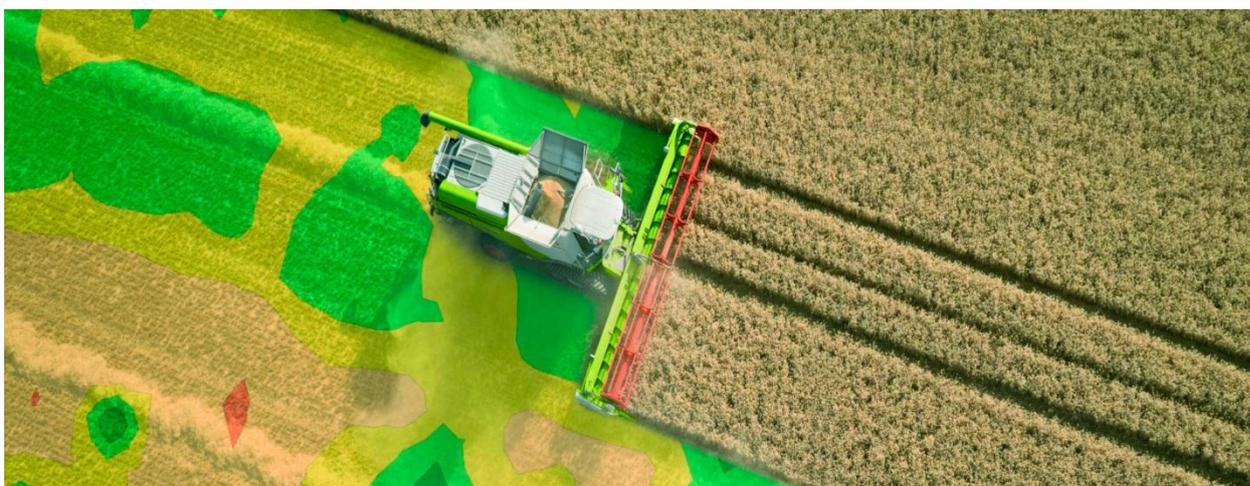


Рисунок 11 – Данные агрохимического и агрофизического обследования полей

В России подобных центров, к сожалению, пока нет. Агрофизический НИИ России для мониторинга сельскохозяйственных угодий использует беспилотный летательный радиоуправляемый аппарат, который позволяет оперативно получать информацию о развитии растений и другие параметры, в результате формируется база данных, имеющая картографическую привязку.

По мере поступления информации карта «обрастает» новыми слоями: гидрография, дорожная сеть и т.д. Далее создаются тематические слои: результаты агрохимического и агрофизического обследований, погодные условия, рельеф, севообороты, карта урожайности и т.д. (рис. 12).



Рисунок 12 – GPS-приёмник, процессор и дисплей с курсоуказателем

Таким образом, электронная карта позволяет контролировать все сельскохозяйственные операции.

Для работы с картами и создания тематических слоёв можно использовать такие программы как ArcGis, MapInfo и др. Кроме того, существуют специальные пакеты на базе геоинформационных систем AgroNET NG или «Панорама». Существует модульная система Agromap, в которой пакеты представлены модулями, и, соответственно, пакеты можно приобретать модулями в зависимости от поставленных задач, что влияет на цену пакета.

Второй этап на сегодняшний день наименее развит, однако на рынке существует ряд программных продуктов, предназначенных для анализа собранной информации и принятия производственных решений. Системы поддержки принятия решений, экспертные системы, программы, использующие математические модели для АПК, только начинают появляться. В основном это программы расчёта доз удобрений с элементами геоинформационных систем (ГИС). Например, это SSToolBox ©, Agro-Map ©, Агроменеджер ©, ЛИССОЗ ©, УрожайАгро ©, АдептИС ©, а также FieldRover II ©, MapInfo © и AgroView ©.

Кратко охарактеризуем наиболее известные программы данного направления: информационно-аналитическая система «Агрохолдинг» от фирмы «ЦентрПрограммСистем», «Аграр-офис» от LandData Eurosoft, John Deere Office.

«Агрохолдинг» от фирмы «ЦентрПрограммСистем». В качестве базовых программных средств в «Агрохолдинге» используется «1С: Управление производственным предприятием 8», а для информационной поддержки – ГИС «Панорама-Агро». С помощью ГИС проводится первичная обработка данных, а 1С обеспечивает управленческий, бухгалтерский и налоговый учёт.

«Аграр-офис» от LandData Eurosoft представляет собой интегрированную систему. В пакет «Аграрофис» входят программы «Предприятие», «Адвокат», «Растениеводство», «КРС» и «Свиноводство». В частности, для растениеводства существует система Agrowin, состоящая из

нескольких модулей: «Землеустройство», «Полевой журнал», «АгроГИС» и «Точное земледелие» (рис. 13, 14).

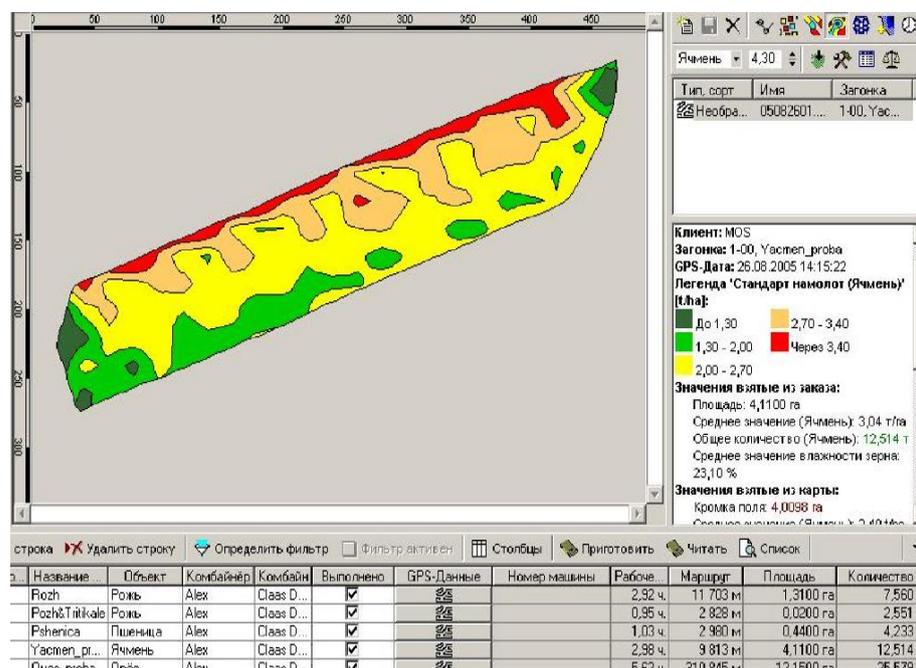


Рисунок 13 – Тематические слои агрохимического и агрофизического обследования

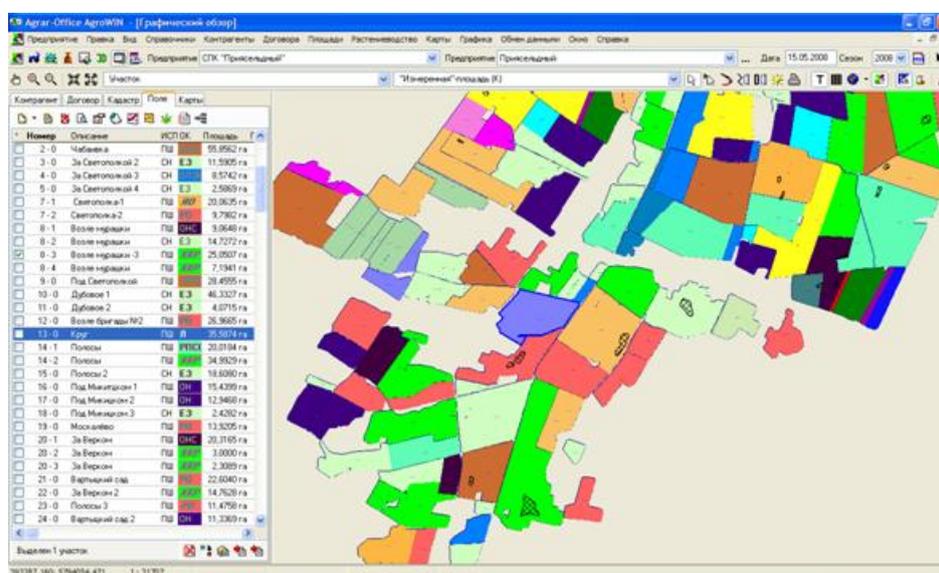


Рисунок 14 – Интерфейс программы «Аграр-офис»

Модуль «АгроГИС» – электронная карта предприятия – предназначен для работы с данными, которые поступают в результате GPS - измерений и

составления электронных карт полей. Модуль «Точное земледелие» позволяет обрабатывать любые карты распределения: агрохимобследования, урожайности и т.д.

JD Office от компании John Deere. Предлагается в трёх вариантах: JD Reports – для документирования и анализа всех сельскохозяйственных работ, JD Reports Map – JD Reports выполняет функции ГИС и может отображать в графическом виде технологию возделывания культур и JD AgroOffice – для решения экономических задач.

На третьем этапе внедрения технологии точного земледелия полученную и проанализированную информацию используют при проведении агротехнологических операций, в основном, при дифференцированном внесении удобрений, при посеве. Этап выполнения агротехнологических операций, так же как и первый этап, динамично развивается.

Этот этап самый сложный. Здесь не обойтись без специальной техники, снабженной бортовыми компьютерами, GPS-приёмниками и различными датчиками, которые позволяют дозировать семена и удобрения с учётом потребностей на конкретном участке поля. Для более точного выполнения операций желательно приобрести системы параллельного вождения. Такие устройства позволяют выполнять агротехнологические операции даже ночью с точностью до нескольких сантиметров.

Система параллельного вождения представляет собой GPS-приёмник, обрабатывающий данные процессор и дисплей с курсоуказателем. Кроме того, существует автопилот, при использовании которого механизатор практически не участвует в управлении агрегатом. Сигнал от GPS-приёмника поступает непосредственно в ходовую часть трактора. Единственное, что требуется от работника – повернуть трактор в конце гона на определённый угол для следующего прохода. При этом точность выполнения операции значительно возрастает.

Для более точного определения координат существуют дифференциальные поправки. Существуют поправки бесплатные, например, EGNOS, E-Dif, SF<sub>1</sub> и оплачиваемые – SF<sub>2</sub>, Omni STAR HP и Omni STAR XP. У компании John Deere есть собственный сервис дифференциальной коррекции StarFire, работающий с помощью спутниковой системы коррекции SBAS.

По советам специалистов, приобретая технику для точного земледелия, программного обеспечения, необходимо обращать внимание на комплектацию: бортовые компьютеры, GPS-приёмники, датчики, совместимость всех этих элементов. Так, например, для техники Amazone необходимо приобретать аппаратуру Amatron+, поскольку некоторые бортовые компьютеры и приёмники могут считывать информацию по-разному.

В заключение необходимо отметить, что внедрение точного земледелия требует значительных инвестиций. Однако, как показывает опыт применения технологии точного земледелия, инвестиции эти окупаются, а затем позволяют экономить значительные средства от 30-70%.

## 4. ЭЛЕКТРОННАЯ КАРТА

Современные технологии позволяют создавать очень точные электронные карты полей и других сельскохозяйственных угодий. Существует три основных метода сбора исходных данных для создания этих карт:

- обмер полей с помощью высокоточного GPS-приёмника в полевых условиях (более точный и корректный метод);
- обработка космического изображения высокого разрешения (менее точный, но часто более оперативный и дешевый метод);
- комбинированный метод (электронная карта, созданная по космическим снимкам, редактируется с выездом в поле с помощью высокоточного GPS-приёмника).

Все эти методы в руках специалистов позволяют с высокой точностью зафиксировать не только площади полей Вашего хозяйства, но и местоположение всех сопутствующих объектов (дорог, населённых пунктов, рек, лесополос, линий электропередач и т.д.). В среднем, как правило, истинные площади полей оказываются меньше, чем те, которые фигурируют на старых картах. Это происходит за счёт зарастания полей, изъятия части площадей из растениеводческой деятельности и неточности старых карт. Уже одно более корректное измерение площади хозяйства окупает создание электронной карты, ведь необходимое количество семян, удобрений, средств защиты растений и других средств производства определяется исходя из обрабатываемых площадей хозяйства. Поэтому сейчас очень многие хозяйства и агрохолдинги озаботились созданием электронных карт для наведения порядка на новом современном уровне.

Электронная векторная карта полей (или других сельхозугодий) имеет одно ключевое преимущество над «бумажной». Состоит оно в том, что каждый объект электронной карты (в частности - поле) полностью автономен. Он может редактироваться отдельно от других объектов и к

каждому из них может быть привязан широкий ряд характеристик или иными словами «база данных». Так и для каждого поля можно фиксировать все необходимые параметры:

- ❖ паспорт поля;
- ❖ технологическая карта запланированных и выполненных операций в растениеводстве;
- ❖ агрохимические характеристики и др.

Структурированная таким образом информация (в специальном программном обеспечении) является основой для создания современной системы управления сельским хозяйством. Фактически создается компьютерная модель хозяйства, которая позволяет оперативно производить расчеты, упорядочивать информацию о сельскохозяйственном производстве, формировать отчеты и задания, ставить виртуальные эксперименты для принятия оптимальных управленческих решений.

При соответствующем ведении базы данных, после нажатия нескольких кнопок можно раскрасить карту по возделываемой культуре, рентабельности производства или содержанию элементов минерального питания растений (что очень важно для наглядности отображения большого количества информации).

В дальнейшем электронные карты можно использовать для организации мониторинга техники. Такие электронные карты для мониторинга позволяют определить, например, объёмы выполненных работ в конце смены, расход топлива в литрах на гектар по каждому полю ну и, конечно, работает механизатор на вашем или чужом поле. В России есть уже немало хозяйств, которые пользуются преимуществами мониторинга техники. Как показывает опыт, небольшие затраты на мониторинг техники окупаются в первый месяц-два работы системы, а далее она уже начинает экономить и зарабатывать деньги.

Электронная карта полей делается один раз, и со временем становится только более детальной (по мере насыщения базы данных, добавления новых

объектов и рабочих пометок на карту). Без особых проблем она может быть преобразована при необходимости из одного картографического формата в другой.

В общем плане под электронной картой - ЭК (electronic chart - EC) – понимается изображение определенного района Земли в условном виде на экране дисплея или набор данных для построения этого изображения.

При рассмотрении вопросов использования ЭК применяется их классификация по различным признакам.

В зависимости от полноты информации, представляемой на экране, ЭК разделяют на полномерные и упрощённые (стилизованные). По нагрузке полномерные навигационные ЭК равноценны официальным бумажным навигационным картам и содержат всю картографическую информацию, необходимую для безопасного и эффективного судовождения.

Нагрузка упрощенных электронных карт недостаточна для целей безопасного плавания. Для использования полномерных карт требуются обладающие широкими возможностями средства хранения и отображения информации, которыми ряд автоматизированных навигационных систем не обладает. В таких системах могут использоваться ЭК в упрощенном виде, который позволяет реализовать имеемая аппаратура. Схематическое изображение на экране дисплея местности в определенной проекции, не эквивалентное бумажной навигационной карте и не удовлетворяющее требованиям к безопасности мореплавания, обычно называется упрощенной (стилизованной) электронной картой.

Упрощенные ЭК получают самыми разными способами. Для ввода с бумажных карт в память ЭВМ данные для стилизованных карт в ряде автоматизированных навигационных систем используются специальные кодирующие планшеты – дигитайзеры (chartdigitizer).

В зависимости от метода цифрового представления информации карты ЭК делят на растровые и векторные.

В растровых картах (Rastreelectronicnavigatioalchart - RNC) используется метод цифрового представления изображения карты в виде матрицы точек (пикселей). При таком представлении карты сведений об отдельных картографических объектах в памяти нет. Исходной для получения данных растровых карт служит информация официальных бумажных карт. За основу растровых ЭК приняты печатные платы для обычных бумажных карт. Снятая с основы карта является копией бумажной. Сканерная технология производства растровых карт обеспечила в начале 90-х годов быстрое производство мировой коллекции этих карт.

В векторных ЭК (Vectorelectronicnavigationalchart - VENC) применяется метод цифрового представления элементов карты с помощью точек, линий, контуров, заданных своими координатами и соответствующим кодом. При таком методе представления информация карты хранится в памяти в виде последовательности записей, характеризующий каждый имеемый на карте картографический объект. Картографическим объектом (КО) называется реальный объект или явление, изображаемое на карте в условном виде; или описание или группа описаний картографических характеристик реального объекта или явления в цифровом виде для отображения его на ЭК.

Все объекты векторной электронной карты обычно распределяются по определенным тематическим уровням, называемым слоями карты. Такими слоями, например, могут быть: навигационные средства, глубины, качество данных, характеристики и т.д. Разделение нагрузки карты на слои позволяет системе, отображающей ЭК, управлять видимостью этих слоёв.

Количество информационных слоёв векторной ЭК может быть различным. Требуется их иметь, по крайней мере, три: базовая информация, дополнение базовой информации до стандартной, вся другая информация. Выделение таких слоёв позволяет определить три вида нагрузки карты: базовую, стандартную и полную.

*Базовая нагрузка* - означает уровень информации карты, который не может быть удалён с дисплея. Она содержит информацию, которая требуется

всегда, во всех географических районах и при любых обстоятельствах. Это не означает, что её достаточно для безопасного судовождения. Базовая нагрузка включает: береговую черту (для полной воды); выбранную капитаном для собственного судна безопасную изобату; в ограниченной безопасной изобатой области отдельные подводные опасности с глубинами, меньшими безопасной; в пределах этой же области отдельные опасности, такие как мосты, линии электропередач, включая буи и знаки, которые используются или не используются как средства навигации; системы движения; масштаб; вид ориентации карты и режим дисплея; единицы глубин и высот.

*Стандартная нагрузка* – это минимальный набор данных, обеспечивающих безопасность при прокладке и планировании пути. Стандартная нагрузка включает базовую, а также линии осыхания, стационарные и плавучие средства навигации, границы фарватеров, каналов, приметные визуальные и радиолокационные объекты, запретные и ограниченные районы, и некоторые другие сведения.

Полная нагрузка состоит из стандартной и всей другой информации. Вся другая информация включает: значения глубин, подводные кабели и трубопроводы, маршруты паромов, детали всех отдельных опасностей, детали навигационных средств, содержание предупреждений мореплавателям, дату издания ЭК, горизонтальный геодезический датум, ноль глубин, магнитное склонение, географические названия и т.д.

Изображение векторной карты получается путём преобразования цифровых данных картографических объектов и графическое изображение карты. Построение элементов карты производится с помощью точек, прямых линий (векторов), ломаных линий и контуров по координатам точек, представляющих метрику картографических объектов.

Векторные ЭК до недавнего времени создавались в основном путём их цифровых данных с бумажных карт с помощью дигитайзерных технологий. В этих технологиях значительное место занимает ручной труд, что приводило к существенным затратам времени на производство векторных

карт. В результате долгое время не было полной коллекции векторных карт на весь Мировой океан. В настоящее время для производства векторных карт созданы современные автоматические сканерные технологии, выполняющие «векторизацию» бумажной карты в требуемом формате и контроль качества получаемых данных. В результате скорость создания векторных электронных карт значительно увеличилась.

Кроме официальных бумажных карт исходной информацией для образования данных векторных ЭК могут служить непосредственно данные геодезической съёмки местности, а также результаты аэро- и космической фотометрической съёмки районов земли. Это имеет большое значение по следующим причинам:

- Обеспечивается более высокая точность данных карты, так как исходные данные свободны от погрешностей графического их представления на бумажной карте.
- Электронные карты могут создаваться по результатам новых высокоточных съёмок местности, не ожидая, когда будут получены по этим результатам бумажные карты.

Дело в том, что съёмка многих районов Земли выполнена давно и её точность не отвечает современным требованиям. Это обстоятельство снижает эффективность спутниковых навигационных систем GPS и ГЛОНАСС и, соответственно, систем с ЭК. Поэтому в настоящее время производятся обширные работы по уточнению положения картографических объектов в системе WGS84 для многих районов земли. Эта работа рассчитана на несколько лет. Получаемые при выполнении этой работы результаты могут непосредственно использоваться для создания новых высокоточных ЭК.

В зависимости от юридического статуса ЭК подразделяются на официальные и неофициальные карты. Официальными считаются ЭК, выпускаемые государственными гидрографическими организациями. Все другие ЭК относятся к неофициальным картам. Официальные векторные

карты, например, создаются Главным управлением навигации и океанографии (ГУНиО) России. Официальные растровые электронные карты (RNC) производятся, например, специальной службой Британского адмиралтейства (ARCS - AdmiraltyRasterChartService), гидрографической службой США (NOAA - NationalOceanicandAtmosphericAdministration).

В зависимости от вида навигационной системы, в которой ЭК представляются, электронные карты делятся на ecdis-карты и ecs-карты. Ecdis-карты – это официальные векторные электронные навигационные карты, данные которых стандартизированы по содержанию, структуре, действующему формату обмена, картографической информацией и полностью удовлетворяют специальным требованиям ИМО и МГО. Они выпускаются для использования с ECDIS. Ecdis-карты в документах ИМО названы Electronicnavigationalcharts – ENC. В основу использования ecdis-карт в судовождении положены следующие принципы:

- точность и полнота ЭК должна быть не ниже бумажных навигационных карт;
- данные карты и корректуры к ней должны быть представлены в официально принятых ШО стандартных форматах;
- государственные гидрографические службы должны нести полную ответственность за содержание ЭК и корректур к ним;
- данные карт и официальных корректур должны храниться в памяти системы в неизменяемом виде;
- размножение, регистрация и распространение ЭК должны соответствовать международным правилам распространения программного обеспечения.

К Ecs-картам относятся: растровые карты, упрощенные ЭК, выпускаемые частными фирмами полномерные векторные ЭК, векторные карты в отличном от действующего формате.

### *Классификация ЭК в зависимости от масштаба.*

Как известно, подробность нагрузки карт зависит от их масштаба. Масштаб электронной карты, которому соответствует её нагрузка, называется оригинальным масштабом ЭК. В зависимости от оригинального масштаба ЭК делятся на:

- карту Мира (World) – 1:2500001 и меньше;
- генеральные карты (General) – 1:300001 – 1:2500000;
- прибрежные карты (Coastal) – 1:80001 – 1:300000;
- подходные карты (Approach) – 1:40001 – 1:80000;
- гавани (Harbour) – 1:10001 – 1:40000;
- планы (Plan) – 1:10000 и крупнее.

Отметим, что традиционно бумажные отечественные навигационные морские карты в зависимости от масштаба подразделяются на следующие виды:

- генеральные – 1:1000000 – 1:5000000;
- путевые – 1:100000 – 1:500000;
- частные – 1:25000 – 1:50000;
- планы – 1:25000 и крупнее.

### *Классификация ЭК в зависимости от использования в навигационной системе.*

Среди векторных карт различают основные и системные карты. Основной называют карту, данные которой размещены в отдельном файле, поставляемом государственной или частной организацией. Данные основной карты не могут быть изменены на судне.

Системная электронная карта (Systemelelectronicnavigationalchart - SENC) – это набор данных для отображения откорректированной навигационной карты, представленный во внутреннем формате системы. Он является результатом преобразования системной информации основной ЭК с учётом корректур и данных, добавленных мореплавателем. Это тот набор

данных, который составляет дисплейный файл системы для отображения откорректированной навигационной карты и выполнения с её помощью навигационных функций. SENC может содержать информацию и от дополнительных источников.

EDIS может работать с РЛС, обеспечивая отображение на ЭК первичной радиолокационной (РЛ) информации, которая может быть выведена на поверх ЭК. Это облегчает сравнение РЛ-изображения с картой, позволяет установить неточность положения судна, а также обнаружить цели, о которых не было сигнализации при пересечении ими охранной дистанции.

При подключении САРП к EDIS на ЭК представляются все взятые на сопровождение РЛ-цели как символы с идентификаторами и векторами истинной скорости. Имеются операции для изменения длины векторов экстраполированного перемещения целей, и обеспечивается выбор для отображения векторов истинного и относительного движения.

У отметок целей на ЭК могут выводиться следы их прошлого движения. Для получения числовых данных движения целей имеется функция «Просмотр формуляров целей», при использовании которой отображаются пеленг, дистанция цели, её курс и скорость, расстояние и время кратчайшего сближения. Опасные цели выдаются цветом.

В некоторых картографических системах (например, NAVI-SAILOR 2400 ECDIS, разработанной фирмой ТРАНЗАС МАРИН) предусмотрен встроенный радар-интегратор с возможностями документировать и накладывать на электронную карту «сырое» РЛ-изображение, выделять, сопровождать и документировать большое количество целей.

В ECDIS реализуются функции для работы с АИС-транспондером. Эта идентификационная система предназначена для обеспечения судоводителей максимально точной и подробной информацией об обнаруженных целях, имеющих AIS-транспондеры. Помимо сведений о курсе и скорости судна-цели (передаваемых им самим и поэтому точных), система АИС позволяет

получить информацию о названии судна, его владельце, тоннаже и размерах, маршруте и типе перевозимого груза. Подобная информация может быть полезна, например, при планировании маневрирования и в ряде других случаев.

Для определения положения и элементов движения собственного судна и контроля безопасности его движения ECDIS предоставляет функции навигационного использования радиолокационной информации. Кинематические параметры собственного судна могут определяться при сопровождении неподвижных точек объектов и характерных элементов протяженных РЛ-объектов.

Для возможности решения на основе РЛ-информации широкого спектра навигационных задач к ECDIS может подключаться специальный радиолокационно-навигационный модуль (PHM). PHM совместно с ECDIS предоставляют средства для отображения полного РЛ-образа акватории поверх электронной карты. Возможность синхронизации обоих изображений в реальном времени и наблюдения РЛ-образа, как совместно с картографическими данными, так и независимо, позволяет судоводителю легко ориентироваться в узкостях и незнакомых районах плавания. Одним из существенных преимуществ совместного использования РИМ и ECDIS является возможность взаимного контроля навигационных и радиолокационных средств в наглядной форме, что качественно повышает степень надежности всего комплекса.

С помощью PHM решаются следующие задачи:

1. Обеспечение полной совместимости ECDIS с различными типами приёмо-передатчиков радаров ведущих фирм производителей.
2. Формирование цифрового РЛ-образа всей акватории и передача его в ECDIS.
3. Уменьшение влияния на цифровой РЛ-образ помех естественного и искусственного происхождения (от морского волнения, дождя, тумана, низких облаков, снеговых зарядов, соседних РЛС). Для этой цели

применяются алгоритмы «scan-to-scan» и «sweep-to-sweep» корреляции. Первый вид корреляции характеризует стохастическую зависимость РЛ-данных, соответствующих последовательным послылкам зондирующих импульсов. «Sweep-to-sweep» корреляцией оценивается зависимость цифровых РЛ-образов, последовательно получаемых при разных оборотах антенны.

4. Оптимальное выделение малоразмерных морских целей на фоне мешающих отражений от береговой черты и портовых сооружений.

5. Селекция РЛ-целей, изменение их координат и определение кинематических параметров.

6. Реализация устойчивого к помехам алгоритма обработки видеосигналов целей.

ECDIS может выполнять и другие функции, ряд из них характеризуется ниже.

*Функции измерений* позволяют с помощью курсора определить географические координаты любой точки на карте; пеленг (курсовой угол) и дистанцию между текущим местом судна или выбранной оператором точкой и точкой, указываемой курсором.

*Функция «Человек за бортом»* - фиксирует место падения человека на карте и выдает на индикацию координаты этого места и все необходимые сведения для поиска человека.

*Функция планирования и обеспечения операций поиска и спасения* - используют для организации и проведения поисково-спасательных операций на море как индивидуально (одним судном), так и в составе группы судов. Организация операции заключается в расчёте маршрута/маршрутов движения судов с учётом квадрата поиска, видимости и т.п. Расчёт маршрутов движения ведется на основе рекомендаций MERSAR и IMOSAR, изданных Международной географической организацией.

*Функция трёхмерного моделирования рельефа дна* обеспечивают судоводителю возможность ознакомления с изображением профиля рельефа

дна в виде «объёмного» изображения. Источниками информации для построения профиля служат данные карты и эхолота.

Возможными областями применения этих функций являются: маневрирование в условиях сложного рельефа дна, проведение гидрографических операций, промысловых работ и т.д.

Функции обучения работе с ECDIS. В памяти ECDIS может помещаться программа для обучения работе с ECDIS с применением использования ее функций. В ряде систем может моделироваться процесс проводки судна в различных районах с предоставлением судоводителю возможности использования функций ECDIS с целью обучения и тренажа. Оператором может быть выбрана карта, помещено на ней свое судно, заданы его элементы движения, нанесены на карту условные цели и заданы их курс и скорость.

Помимо неоспоримых преимуществ ECDIS имеют определенные недостатки и ограничения.

При работе с ECDIS следует оценивать её ограничения и погрешности, которые могут быть вызваны:

- несовершенством устройств цифрования карты и средств её отображения;
- неточностью и недостаточной подробностью картографической информации;
- погрешностями, обусловленными ошибками датчиков информации;
- различием координатных систем датчиков с координатной системой карты;
- ошибочной интерпретацией данных.

## 5. GPS-НАВИГАЦИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Одним из наиболее рентабельных и популярных направлений в современном сельском хозяйстве стала навигация. Навигатор в сельском хозяйстве должен решать несколько иные задачи, нежели в области транспорта – в растениеводстве чаще всего не требуется кратчайшим путём проехать из точки «А» в точку «В».

Современные навигационные системы в области растениеводства помогают решить следующие основные вопросы:

- Экономия удобрений, средств защиты растений, семян, топлива и других средств производства за счёт сокращения ширины линий двойной обработки между двумя проходами сельскохозяйственной техники. Это составляет от 3 до 15% и более (на разных технологических операциях) от стоимости проводимых работ.
- Интенсификация использования сельскохозяйственной техники (дают возможность качественно работать в полях в ночное время суток, в туман, при запылённости и задымлённости). Это в свою очередь позволяет более своевременно выполнять все технологические операции, что положительно сказывается на количестве и качестве урожая.
- Повышение точности, а значит качества выполнения всех технологических операций.

На сегодняшний день на Российском рынке можно найти навигационные системы для сельскохозяйственной техники различных производителей - всё их разнообразие можно разделить на два основных типа:

1. Система параллельного вождения (курсоуказатель, электронный маркер).
2. Автопилот для трактора или комбайна (гидравлический или подруливающее устройство).

Системы, обеспечивающие параллельное вождение, как правило, состоят из:

- GPS-приёмника (сейчас на рынке появляются приёмники, дающие возможность использовать для определения координат, в том числе, и спутники ГЛОНАСС);
- основного модуля, в котором происходит обработка данных, настройка системы и вывод указания курса на дисплей для механизатора;
- провода, соединяющего антенну с основным модулем и провода питания, который позволяет подключить прибор к бортовой электросети (чаще всего от прикуривателя в тракторе).

Такого типа GPS-навигаторы для сельского хозяйства работают по схеме:

- Система параллельного вождения оперативно устанавливается на любую технику.
- Настройка системы и обучение механизаторов тоже не занимает много времени (при настройках вводится ширина захвата агрегата, который установлен на трактор или ширина жатки).
- При выходе в поле механизатор фиксирует специальной кнопкой начало движение (точка «А») после этого, совершив первый проход по полю, он обозначает конечную точку движения (точка «В»). При этом в памяти прибора сразу автоматически строятся параллельные линии на расстоянии введенной в настройках ширины захвата.

После этого можно непосредственно осуществлять параллельное вождение по курсоуказателю, который появится на основном блоке прибора (при этом двигаться можно, как в режиме прямых линий, так и повторяя все неровности первого прохода).

Системы параллельного вождения позволяют механизатору работать с точностью 20-40 см (с большей точностью физически сложно вести любой трактор по указанному курсу в соответствии с требованиями к выполнению технологических операций). Однако некоторые приборы обладают большей

точностью – другие меньшей (в зависимости от поправки GPS-сигнала, используемой на приборе, см. ниже).

Цена систем параллельного вождения варьирует в зависимости от точности работы прибора, возможности развивать её в дальнейшем до автопилота (или с базовой RTK GPS станцией) и др. На Российском рынке представлено широкое разнообразие подобных приборов:

1. От фирмы Leica – mojoMINI (оптимальное сейчас отношение по цене-качеству среди недорогих приборов), Mojo3D.

2. От Claas Systems – Outback S-lite (широко распространенный прибор), Outback S3, Outback Sts.

3. От Trimble – EZ-Guide 250 (распространённый прибор, заменил собой систему ИЗИ-Гайд 500).

4. От Raven – Cruizer, Cruizer II;

5. От John Deere – в России используется StarFire;

6. От TeeJet – Matrix, Voyager.

В сельскохозяйственном производстве большое значение имеет контроль качества работы техники (как специализированной, так и сопутствующей). Именно здесь, зачастую, имеют место воровство, нерациональное использование средств производства и нарушение технических требований к выполнению той или иной работы. Современные технологии позволяют закрыть почти полностью этот кран, через который утекают деньги хозяйства. Это ли не ресурсосберегающее земледелие?

Решается данный круг задач оперативно и недорого (окупаемость – 1-2 месяца). Необходимо запустить в хозяйстве мониторинг подвижных объектов (техники). Сейчас, кстати, значительно подешевели датчики для мониторинга техники - для считывания информации о местоположении машины и уровне топлива. Любую единицу техники можно оснастить ими за 15-25 тыс. рублей. Существуют и дополнительные недорогие датчики, чтобы осуществлять более подробный GPS ГЛОНАСС мониторинг: от числа оборотов двигателя до контроля глубины вспашки.

Однако мониторинг в сельском хозяйстве несколько отличается от мониторинга транспорта с помощью GPS. Последний давно используют для контроля работы дальнобойщиков, таксистов, дорожных служб и т.д. В растениеводстве важны не только маршруты движения, но и объёмы и качество выполненных работ: сколько гектар было обработано; сколько литров топлива на гектар было израсходовано; насколько глубоко были погружены в почву рабочие органы во время вспашки и т.п. Эти задачи помогает решать мониторинг техники, сопряжённый с электронными картами (схемами) полей.

В сфере мониторинга техники существует большое количество производителей, однако сейчас, наверное, уже можно сказать, что появился лидер. Отечественные системы «АвтоГРАФ-GPS» позволяют собирать информацию о технике и передавать её по линиям сотовой связи (АвтоГРАФ-GSM), по WiFi (АвтоГРАФ-WiFi) и при непосредственном подключении контроллера к компьютеру (АвтоГРАФ-OFFLINE). Преимуществами систем «АвтоГРАФ» являются:

- низкая цена решений;
- возможность работать с датчиками широкого ряда производителей, кроме датчиков «Автограф».

## 6. СИСТЕМЫ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВОЖДЕНИЯ

Система параллельного точного вождения – это технически совершенная и экономически выгодная технология для современной сельскохозяйственной индустрии. При помощи такой системы навигации прямолинейное и криволинейное движение осуществляется максимально точно, основная идея заключается в том, чтобы свести к минимуму пропуски и перекрытия между проходами сельхозмашин. Как следствие, повышение урожайности, а так же минимизация расхода дорогостоящих препаратов для химической прополки полей.

Кроме экономического эффекта системы параллельного вождения позволяют получить экологический, агрономический и долгосрочный эффект за счёт меньшего использования нитратов и азотных удобрений и очень бережной обработки почвы. Внедрение такой системы окупается намного быстрее, чем система точного земледелия.

Внедрение систем параллельного вождения обеспечивает высокую точность и максимальную скорость при вспашке, бороновании, культивации, севе яровых и озимых, опрыскивании и разбрасывании. Эта система способна эффективно работать как днём, так и ночью, что очень важно при полевых весенних работах. К тому же, данная система намного сокращает расходный материал - семена и удобрения.

В состав систем параллельного вождения входит: дисплей; навигационный приёмник; программное обеспечение; автопилот или подруливающее устройство. Системы автоматического управления используют данные, которые поступают от систем точного вождения для управления электрическим специальным мотором. Мотор при помощи фрикционного ролика подключен к рулю транспорта. Так с помощью подруливающего устройства обеспечивается автоматическое удержание транспорта на определённом маршруте и в то же время снижается утомляемость водителя.

Для повышения эффективности трудовой деятельности и роста производительности труда следует использовать всевозможные инновационные и современные разработки. К примеру, в сфере сельского хозяйства сейчас активно начинает применяться автопилот на трактор. Использование такого новшества позволяет значительно снизить сложность и монотонность трудовой активности рабочего персонала. Благодаря автопилоту на тракторе можно работать быстрее, результативнее и прибыльнее.

В наше время новейшие технологии и последние достижения науки используются практически во всех областях человеческой деятельности, и сельское хозяйство не является исключением. Системы параллельного вождения (*агронавигаторы*) являются неотъемлемой частью точного земледелия. При работе с *агронавигатором* экономятся ресурсы и оптимизируется рабочее время, вследствие чего возрастает эффективность производства. Всё больше хозяйств начинают использовать современную сельскохозяйственную технику, оснащенную навигационными системами (Агро-GPS), которые используют для своей работы сигналы спутников GPS/ГЛОНАСС и позволяют повысить эффективность использования техники, особенно широкозахватной.

*Принцип работы систем параллельного точного вождения:*

На транспортное средство (трактор, опрыскиватель, комбайн и прочее) устанавливается курсоуказатель, который подключается от обычного прикуривателя. Агронавигатор соединяется со спутниками и базовыми станциями систем дифференцированных поправок и обрабатывает полученные данные. Механизатор делает гон и разворачивается. На втором гоне механизатор должен совместить текущее положение с соседним гоном, используя интерфейс курсоуказателя.

*Системы параллельного вождения позволяют:*

1. Осуществлять параллельное вождение по прямым и кривым линиям.
2. Уменьшить ширину поворотной полосы и длину холостого хода

агрегата.

3. Исключить огрехи, снизить потери времени и ГСМ на устранение ошибок механизатора.

4. Повысить производительность труда.

5. Сократить расходы на семена и удобрения.

6. Выполнять работы в ночное время и в условиях плохой видимости.

7. Производить более точное опрыскивание поля с самолета.

8. Уменьшить стоимость обработки гектара.

9. Снизить себестоимость готовой продукции.

*Ключевыми особенностями системы являются:*

1. Простота установки, модернизации и подключения дополнительных опций.

2. Возможность использования практически на любой технике.

3. Ударопрочный корпус, защищённый от пыли и влаги, разработанный для полевых условий эксплуатации.

4. Выбор параметров агрегата и прицепного оборудования.

5. Возможность подключения к сервису дифференциальных поправок для увеличения точности позиционирования.

6. Сохранение данных об обработанных участках.

*Системы используются для выполнения следующих полевых работ:*

1. Опрыскивание и внесение удобрений.

2. Посев.

3. Узкорядный посев, рядовой, полосной и другой посев.

4. Междурядная обработка.

5. Культивация и другие полевые работы.

*Системы устанавливаются на следующие типы сельхозтехники:*

1. Тракторы.

2. Комбайны.

3. Посевные комплексы.

4. Опрыскиватели.

В итоге таких эффективных работ сокращаются сроки и стоимость выполнения сельхоз работ. Кроме этого, снижается утомляемость водителя, что повышает безопасность и эффективность человеческих ресурсов при работе с системами параллельного вождения.

К сожалению, точное земледелие пока не получило широкого распространения в России, но зарубежный опыт показал, что этот метод приводит к прекрасным результатам: снижаются финансовые затраты, повышается уровень воспроизводства почвы и экологической чистоты продукции. В некоторых случаях расход удобрений сократился на 30 %, что происходит из-за более экономного расхода.

Все GPS-системы (СИСТЕМЫ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВОЖДЕНИЯ) для сельского хозяйства, помимо абсолютной точности определения географических координат в каждой конкретной точке, имеют ещё такую характеристику, как относительная точность. Она подразумевает точность определения расстояния одного рядка относительно другого при проведении различных сельскохозяйственных работ. И если GPS-прибор по своим характеристикам способен обеспечить абсолютную точность определения географических координат около 1 метра, то относительная точность у него будет гораздо выше - около 7-8 см.

Система параллельного вождения Trimble EZ-Guide 250 (OnPath) (точность вождения 15-25 см). Курсоуказатель со встроенным GPS приёмником AgGPS EZ-Guide 250, «патч» антенна, антенна AG 15, крепление, соединительные кабели, кабель питания, «прикуриватель», программное обеспечение для отслеживания огрехов в ПК и для отчётов, картирования. Измерение площади поля (рис. 15).

Система параллельного вождения Trimble EZ-Guide 500 (OnPath) (точность вождения 15-25 см). Навигационная система AgGPS EZ-Guide 500, антенна диапазона L1, крепление, кабели инструкция, «прикуриватель», программное обеспечение для отслеживания огрехов в ПК и для отчётов, картирования. Измерение площади поля (рис. 16).



Рисунок 15 - Система параллельного вождения Trimble EZ-Guide 250



Рисунок 16 - Система параллельного вождения Trimble EZ-Guide 500

Система параллельного вождения Trimble EZ-Guide 500 HP/XP (точность 7-10 см). Навигационная система AgGPS EZ-Guide 500 HP/XP, антенна диапазона L1/L2, крепление, кабели инструкция, «прикуриватель», программное обеспечение для отслеживания огрехов в ПК и для отчётов, картирования. Измерение площади поля.

Внедрение систем параллельного вождения обеспечивает высокую точность и максимальную скорость при вспашке, бороновании, культивации, севе яровых и озимых, опрыскивании и разбрасывании. Эта система способна эффективно работать как днём, так и ночью, что очень важно при полевых весенних работах. К тому же данная система намного сокращает расходный материал - семена и удобрения.

*Преимущества системы параллельного вождения:*

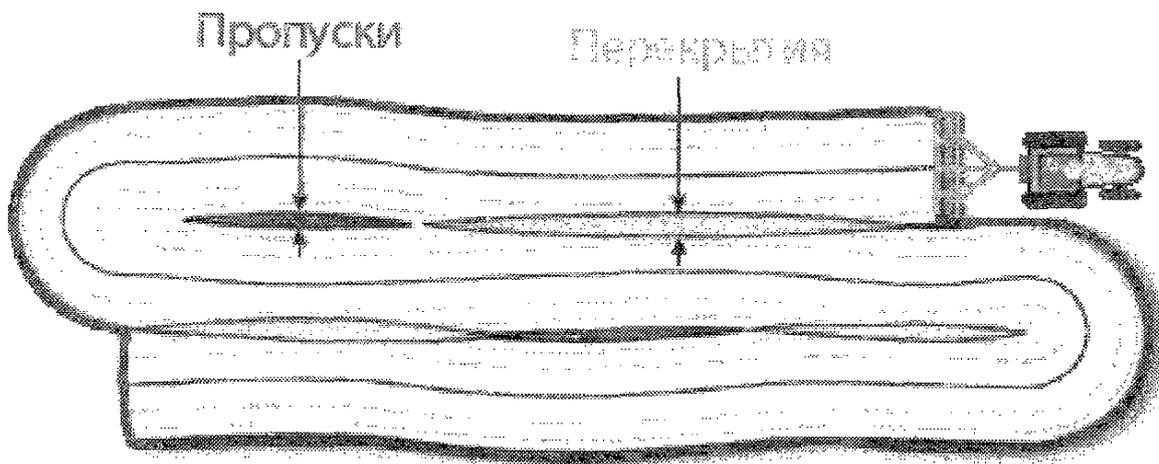
- эффективное использование сельскохозяйственной техники, особенно широкозахватной, повышение производительности;
- сокращение затрат на семена, удобрения, химикаты и горюче-смазочные материалы;
- повышение качества выполнения сельскохозяйственных работ;
- простая установка и удобство использования;
- окупаемость затрат в течение одного сезона;
- выполнение агротехнических операций в оптимальные сроки;
- возможность организации непрерывного трудового процесса, вне зависимости от времени суток.

Давайте подробнее рассмотрим как, где и насколько эффективно использовать **системы параллельного вождения**. Главная задача использования предельно проста — *сделать возможным проход трактора с навесным агрегатом по полю так, чтобы каждая последующая полоса была ровно по краю предыдущей, избегая пропуски и перекрытия*. Двигаясь по полю ровно Вы экономите значительные средства.

Любой тракторист, даже самый опытный не сможет работать без огрехов. А каждая ошибка механизатора это либо необработанная земля,

либо земля обработанная дважды. В первом случае будут расти сорняки, которые давят соседние рядки, снижая качество урожая. Во втором - это не обоснованный перерасход семенного материала и удобрений.

*В действительности рисунок обработки поля выглядит так:*



*Как же обеспечить ровную траекторию движения по полю Вашего трактора?*

- довериться механизатору и его зоркому глазу;
- нанимать сигнальщика и отправлять его бегать по полю и ставить вешки, для ориентирования механизатора;
- использовать пенные маркера;
- использовать системы параллельного вождения на основе приёма координат спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS.

Рассмотрим подробнее каждый способ.

### **1. Мастерство механизатора.**

В каждом хозяйстве есть великолепные трактористы. Надёжные, не пьющие, настоящие профессионалы. Во-первых, такие люди, скорее исключение, чем правило. Во-вторых, никто не отменял пресловутый «человеческий фактор». Проблемы дома, плохое настроение, не увидел, не заметил, отвлёкся. Никто не отменял погодные условия, никто не отменял работу только в светлое время суток.

## **2. Приём на работу сигнальщиков.**

Конечно, сигнальщики облегчат работу механизатору, ведь у него появляется ориентир движения. При этом сигнальщиков необходимо найти, платить зарплату, вдобавок к этому не решается проблема работы в условиях плохой видимости, плюс опять же большая вероятность ошибки тракториста, связанная с тем же «человеческим фактором».

## **3. Использование пенных маркеров.**

Довольно высокая точность, значительно снижается вероятность ошибки. Главным недостатком является неустойчивость маркеров к таким природным явлениям как ветер, дождь. Многие фермеры отмечают и тот факт, что при жаркой погоде пенный материал очень быстро теряет свои качества и маркер становится практически не видимым. Не решенным остаётся вопрос работы в условиях плохой видимости. Также не стоит забывать о высокой стоимости пенных маркеров.

## **4. Использование систем параллельного вождения.**

Использованием навигации в сельском хозяйстве никого не удивишь. Почти каждый фермер имеет в своем арсенале системы параллельного вождения и никогда не вернется к предыдущим трём методам. Почему?

- возможность работы при недостаточной видимости (ночью, в тумане, пыли);
- позволяет полностью отказаться от сигнальщиков и использования маркеров;
- снижает расход семенного материала, ГСМ и минеральных удобрений;
- сокращается время выполнения работ;
- снижается утомляемость, повышается эффективность работы механизатора;
- возможность подсчёта площадей.

*Все это позволит:* сократить перекрытия до 10%, следовательно, избежать перерасхода семенного материала, ГСМ и минеральных удобрений,

увеличить сменную производительности на 20% , увеличить рабочие время на 100% за счёт работы ночью.

### **Как работает система параллельного вождения**

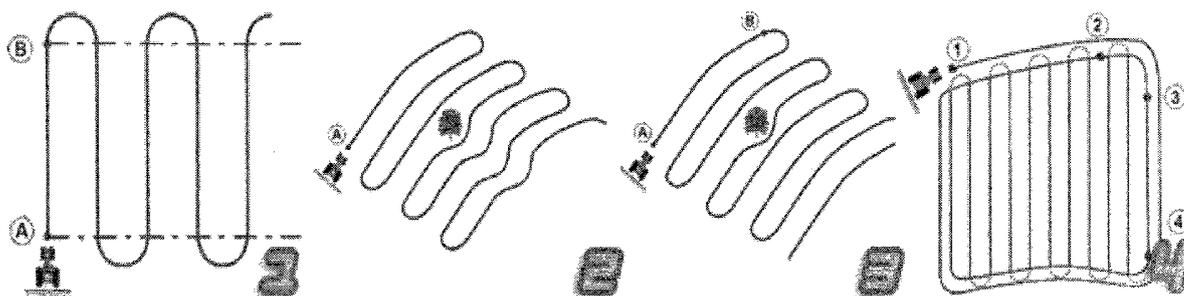
Система параллельного вождения основана на приёме сигналов спутников GPS/ГЛОНАСС. Основными сферами применения являются: обработка почв, посев зерновых и пропашных культур, междурядная культивация, опрыскивание и разбрасывание удобрений для точного ориентирования машины во время рабочего хода.



*Как это работает:*

На трактор устанавливается курсоуказатель (для этого достаточно лишь прикуривателя) и подключается антенна. Для стабильной работы её необходимо вывести на крышу. Навигатор получает данные со спутников, а также дифференцированные поправки с базовых станций. Механизатор, находясь на кромке поля, отмечает точку А, проходит гон, отмечает точку Б. Курсоуказатель прокладывает параллельные линии, согласно заданной траектории. В случае ошибки механизатора (перекрытия), диодная шкала навигатора смещается в сторону огреха, а на экране перекрытие штрихуется; После выполнения работы агроном может посмотреть качество работы, выгрузив данные на компьютер.

*Режимы обработки поля:*



1 - «Стандартный режим» движение происходит параллельно базовой прямой АВ;

2 - «Адаптивная кривая» каждая последующая загонка повторяет предыдущую;

3 - «Идентичная кривая» все последующие загонки повторяют начальную кривую АВ;

4 - Предварительная обработка зон разворотов по контуру поля (это линия 1 и 2 см. рисунок), с последующей обработкой поля загонками, параллельными базовой прямой (это линия 3 и 4 см. рисунок).

## **7. ВНЕСЕНИЕ УДОБРЕНИЙ В ТОЧНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ**

### **7.1. Методы отбора почвенных проб**

Исторически сложилось так, что методы отбора почвенных проб для анализа содержания питательных элементов в почве возделываемого поля были направлены на получение средних значений показателей для всего поля. Считалось, что они с достаточной степенью точности характеризуют содержание питательных элементов в почве и могут быть использованы для определения доз внесения удобрений для всего поля. Такой подход был оправдан при малом содержании питательных элементов в почве и дешевых удобрениях. Удорожание минеральных удобрений и увеличение абсолютных показателей содержания элементов питания в пахотном слое послужило причиной к пересмотру существующей практики отбора проб. Кроме этого, за последние годы существенно возросло негативное влияние средств химизации на окружающую среду. Эти тенденции и разработка новой техники для дифференцированного внесения удобрений, мелиорантов и средств защиты растений послужили причиной совершенствования существующих методов отбора проб и разработки новых.

Анализ почв при выращивании сельскохозяйственных культур осуществляется с целью определения её плодородия. Под плодородием почвы понимается наличие питательных элементов, необходимых для развития растений. Растения нуждается в различных элементах питания и в различном их количестве для оптимального развития. Питательные элементы содержатся в почве в различных формах, некоторые из которых недоступны растениям. Например, в почвах, содержащих большое количество кальция очень мало доступного для растений фосфора. Это объясняется тем, что фосфор связывается кальцием и становится недоступным для растений. Анализ содержания питательных элементов в почве проводят с целью определения, какой из них может стать лимитирующим фактором для

развития растений. Основными элементами, необходимыми для роста растения, являются:

Азот (N)

Фосфор (P)

Калий (K)

Другие элементы, которые можно рассматривать как удобрения, иногда называют вторичными элементами питания, или микроэлементами. Необходимый уровень каждого из элементов питания зависит от возделываемой культуры и места, где она выращивается.

В прошлом товаропроизводители, оценив состояние всего поля посредством усреднения нескольких почвенных образцов, случайным образом отобранных со всего поля, вносили удобрения с одной дозой для всего поля. С появлением технологии дифференцированного внесения удобрений, позволяющей менять дозу внесения в процессе движения агрегата по полю, удобрения вносят на те участки поля, где они необходимы.

Изменения в технологии внесения удобрений обусловили изменения и в методах отбора почвенных проб. Вместо нахождения средних показателей для всего поля, теперь изучают изменчивость этих показателей в пределах одного поля.

Программа применения удобрений при выращивании сельскохозяйственных культур с учётом плодородия отдельных участков поля начинается с оценки содержания питательных элементов в почве. Рекомендации по применению удобрений основываются на ожидаемой отзывчивости растений на элементы питания, находящиеся в почве и вносимые дополнительно с удобрениями. Чем на меньшие участки будет разбито поле, тем более точной будет информация о наличии элементов питания в его почве.

Фирма Ag-Chem рекомендует своим клиентам отбирать пробы по клеткам площадью 1 га или меньше. Предпочтение отдается клеткам

размером 0,4 га. Это рекомендуется при отборе проб с полей, которые получают не менее 635 мм осадков в год.

При дифференцированном внесении необходимо знать, как меняется плодородие почвы от одного участка поля к другому, и это изменение должно быть представлено в виде карты. Получение информации о поле посредством отбора проб является основой для дифференцированного внесения удобрений. Отбор почвенных проб довольно трудоемкая операция.

Поэтому может возникнуть соблазн уменьшить число проб для снижения затрат. Эффективность дифференцированного внесения удобрений может существенно снизиться при необоснованном уменьшении числа отбираемых проб. Приведенные ниже рекомендации по отбору проб базируются на новых технологиях и последних научных разработках.

Обычно используют два метода отбора проб. В соответствии с первым методом отбирают несколько образцов почвы по всему полю в случайном порядке. Почвенные образцы смешивают и рассматривают как одну пробу.

По второму методу поле разбивают на несколько участков (клеток). Образцы почвы отбирают, идя по клетке зигзагом. Образцы смешивают и получают одну пробу для каждой ячейки. В результате получают количество проб, равное количеству участков. После лабораторного анализа данные по участкам усредняют и получают одно значение для всего поля.

В результате такого отбора проб и расчёта по ним дозы внесения удобрений некоторые участки поля получают больше удобрений, чем это необходимо, другие меньше. При таком методе отбора проб лишь 13-15% поля получают необходимое количество питательных элементов. Это приводит к снижению эффективности удобрений и к увеличению загрязнения окружающей среды.

Ряд исследователей рекомендуют вносить удобрения по отдельным участкам (клеткам) и называют такой способ внесения удобрений "дифференцированное внесение". Такой подход неприемлем для полей с

большой неравномерностью распределения питательных элементов в пахотном слое.

Другие исследователи рекомендуют отбирать пробы в соответствии с типом почвы и его изменением по полю. Однако учитывая, что минеральные и органические удобрения вносят неравномерно независимо от типа почвы, качество вспашки также не всегда зависит от типа почвы, следовательно, и неравномерность распределения питательных элементов в почве не зависит практически от типа почвы.

**Сеточный метод отбора проб.** Почвенный покров можно рассматривать как непрерывный слой, покрывающий поле. Необходимо использовать такой способ отбора проб, чтобы получить объективную информацию обо всем слое почвы. Рассмотрим несколько подходов к отбору проб для получения объективной информации о поле.

На первом этапе поле разбивают на клетки (ячейки, блоки). Далее определяют места взятия проб в ячейке. До того как появилась возможность использовать GPS, пробы отбирали в центре ячейки. Обычно такой способ отбора называют "сеточным методом" (рис. 17).

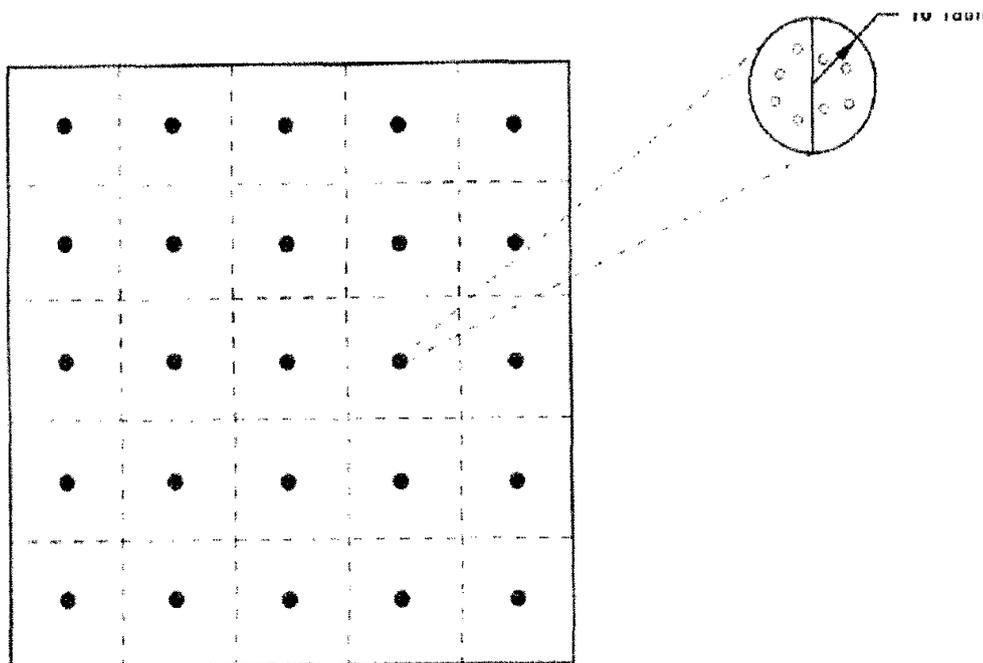


Рисунок 17 – Сеточный метод

В качестве ориентира при нанесении сетки и более точного определения места отбора пробы могут быть использованы растения и измерительные средства (рулетка, линейка и др.). Однако такой подход может привести к тому, что предыдущие операции, такие как внесение удобрений, дренаж, могут существенно повлиять на результат.

Особенно это может проявиться в том случае, если на основе сеточного метода оценки на части поля выводы будут делаться для всего поля.

Уменьшить влияние предыдущих операций на результаты почвенного анализа можно посредством смещения мест взятия проб вправо или влево от центра ячейки перпендикулярно к предыдущему проходу агрегата или рядам растений. Полученная таким образом сетка напоминает ромб (рис. 18).

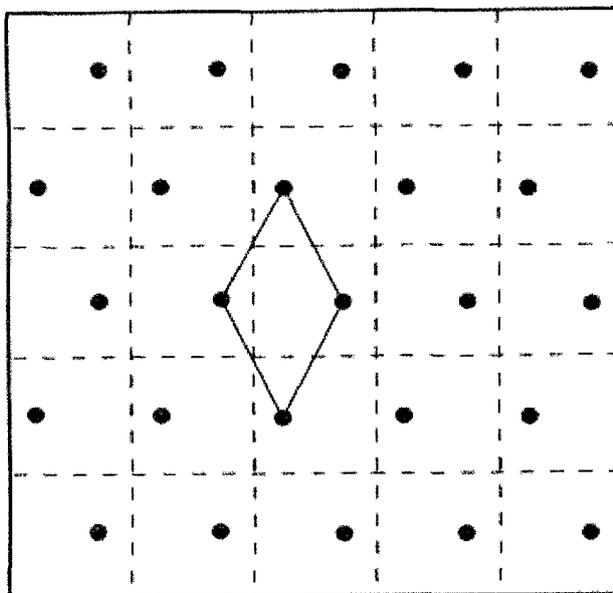


Рисунок 18 - Сеточный метод отбора проб со смещением

По мере развития GPS можно определять места взятия проб без привязки к рядкам или замера расстояний. При наличии GPS и соответствующего программного обеспечения рекомендуется использовать систематический нелинейный метод взятия проб. Этот метод представляет собой комбинацию сеточного метода со случайным методом отбора проб.

**Глубина отбора проб.** В большинстве руководств по отбору почвенных проб рекомендуется отбирать пробы на глубине пахотного слоя, т.е. в диапазоне от 15 до 20 см.

При оценке характера распределения минерального азота пробы рекомендуется отбирать на глубине от 60 до 120 см.

Отбор проб для составления карт распределения параметров плодородия с целью использования их для дифференцированного внесения удобрений и других средств химизации осуществляется на различных глубинах. Глубина отбора проб зависит от таких факторов, как влажность почвы, её структура, время года, а также от целей, которые ставятся при этом исследователем (рис. 19).

**Оптимальное время отбора проб.** На результаты почвенного анализа существенно влияют промежуток времени между внесением удобрений и отбором проб, температура почвы, содержание влаги, выращиваемая ранее культура.

0-15 см	pH, P, K, Cl, S, Ca, Mg, Zn, NH <sub>4</sub> -N, Fe, Mg, Cu, Растворимые соли, NA	Альфа-альфа, клевер
15-60 см	Растворимые соли, NH <sub>3</sub> -N, (в дополнение к анализу на глубине 0-15 см)	Пшеница, овес, ячмень, кукуруза, соя, горох, картофель, подсолнечник, луга, пастбища, сорго
60-120 см	NH <sub>3</sub> -N, в дополнение к анализам на глубине 0-15 см и 6-24 см	Сахарная свекла

Рисунок 19 - Рекомендуемая глубина отбора почвенных проб

Не существует оптимального времени отбора проб, так как сезонные изменения содержания питательных различных элементов меняются по-разному. Однако при проведении многолетних опытов на одном поле пробы рекомендуются отбирать в одно и то же время.

Рядом исследователей отмечается повышенная концентрация питательных элементов, органического вещества и Н ионов (уменьшение рН) в слое почвы 0-5 см. Распределение фосфора (Р) по глубине при обработке почвы чизелем с диском больше соответствует его распределению в случае без обработки, чем в случае обработки почвы плугом.

**Отбор проб с учётом типа почв.** Для демонстрации того, как меняется почвенный состав в пределах одного поля, разрабатываются геоморфические модели. Почвенные карты существенно зависят от физических свойств почвы, таких как структура, содержание органического вещества. Эти свойства находятся в большой корреляции с материнской породой и топографией конкретного поля. В значительно меньшей степени с материнской породой почвы коррелируют такие важные для роста растений показатели, как содержание в пахотном слое Р, К и рН. Это обусловлено тем, что вспашка, севообороты, внесение минеральных и органических удобрений осуществляются независимо от материнской породы. Исключением является кислотность почвы рН, так как она существенно зависит от наличия извести в почве.

Неравномерность распределения параметров плодородия может меняться в широких пределах. Согласно этого, поля можно подразделять по коэффициенту вариации этих параметров на поля с низкой неоднородностью плодородия, средней и высокой. Поля с высоким коэффициентом вариации требуют отбора большего количества проб для адекватной их оценки.

Установлено, что коэффициент вариации кислотности рН меняется незначительно и составляет порядка 10%. Поэтому для оценки параметров с большим разбросом значений коэффициент вариации не всегда приемлем.

Особенно это относится к доступному фосфору на полях, где вносят органические удобрения с большой неравномерностью.

Многие показатели меняются в течение времени. Это в большей мере относится к  $\text{NO}_3\text{-N}$ , к влажности, урожайности зерновых. Такие параметры, как содержание органического вещества, структура почвы меняются во времени незначительно.

Для составления карт, с достаточной степенью точности характеризующих распределение питательных элементов в почве, необходимо отбирать большее количество проб. Метод отбора проб и плотность взятия образцов влияет на точность интерполяции. В свою очередь от точности интерполяции зависит количество и форма контуров на карте. Хотя с увеличением количества проб повышается точность карты, в то же время увеличиваются затраты на отбор проб и их анализ.

Затраты на отбор почвенных проб и их анализ, дифференцированное внесение удобрений напрямую связаны с уровнем дифференциации внесения фосфорных и калийных удобрений. Чтобы оценить эффективность дифференцированного внесения удобрений, эти затраты должны быть вычтены из прибыли, получаемой от этого способа внесения. Сеточный метод взятия проб более дорогой по сравнению с традиционным методом.

Проведенные в университете штата Висконсин исследования сеточного метода взятия почвенных образцов показали, что точность получаемой карты зависит от способа взятия проб и от их количества.

Труд работающих на отборе проб людей был оценен в \$25.00 за час работы и \$6.00 за анализ одной пробы. Цель исследований заключалась в разработке методики оценки затрат и определении границ прибыльности. Необходимо помнить, что расходы, связанные с внесением удобрений, ежегодны и включают дополнительные затраты, обусловленные дифференцированным внесением по сравнению с внесением удобрений с одной дозой.

Дорогостоящий сеточный метод взятия проб необходимо осуществлять только один раз, если предполагается получить всю остальную информацию о состоянии поля с помощью GPS.

## 7.2. Порядок проведения агрохимического обследования, составление карты

Для агрохимического обследования «точным» способом используется мобильный автоматизированный комплекс, оснащенный GPS-приёмником, бортовым компьютером, автоматическим пробоотборником и специальным программным обеспечением.

Применение современных технологий позволяет получать более точные карты пространственного распределения агрохимических показателей внутри каждого поля.

На рисунке 20 хорошо видна разница между «традиционным» и «точным» методами агрохимического обследования. И если речь идёт о тысячах гектаров, то ошибка при расчёте доз удобрений может быть очень большой, что безусловно повлияет на себестоимость, количество и качество урожая, а также на экологическую обстановку вокруг.

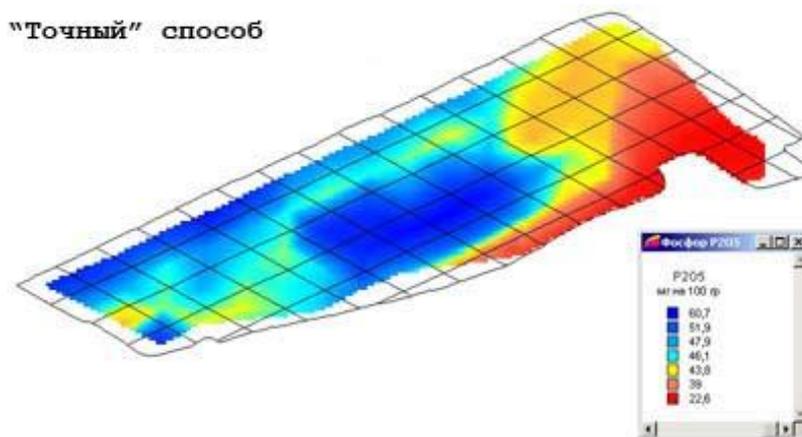


Рисунок 20 – Результат «Точного» способа

Перед отбором почвенных проб на поле необходимо определить размер элементарного участка, с которого будет браться одна объединённая проба. То есть проба, состоящая из смешанных 10-15 образцов почвы, отобранных в разных местах (обычно по диагонали) на каждом элементарном участке. Полевые работы проводятся при температуре не ниже +5 С. На полях, где доза внесения составляла не более 90 кг/га д.в., отбор проб можно проводить в течение всего вегетационного сезона, если больше - спустя 2-2,5 месяца после внесения. На полях, где интенсивно применяются пестициды, отбор проб проводится через 1,5-2 месяца после обработки. Зараженные радионуклидами территории обследуются до посева сельскохозяйственных культур или во время уборки. Внесение органических удобрений на сроки отбора образцов не влияет. Также размер элементарного участка можно определять руководствуясь методическими указаниями (размер от 1 до 5 гектар в зависимости от размера хозяйства и размера бюджета хозяйства на эти цели).

Первым этапом агрохимического обследования является создание электронных контуров (карт) полей с точностью, которую обеспечивает GPS-приёмник. Оконтуривание полей также определяет реальные границы и площади сельхозугодий с сантиметровой точностью, что, в свою очередь, влияет на расчёт необходимых удобрений и учёт урожая. Разница между реальным размером сельхозугодий и размером известным агроному или руководителю может составлять до 20%. После оконтуривания полей необходимо разбить каждое поле на элементарные участки. Для этого в программе FieldRover «накладываем» сетку на полученный контур поля, перемещаем её до оптимального, на наш взгляд, положения и фиксируем. В результате получили карту поля, разбитого на пронумерованные элементарные участки заданной формы и размера. Поле готово к отбору проб. При отборе проб оператор, двигаясь внутри элементарного участка, делает 10-15 уколов (рис. 21) автоматическим пробоотборником, останавливаясь при каждом уколе.

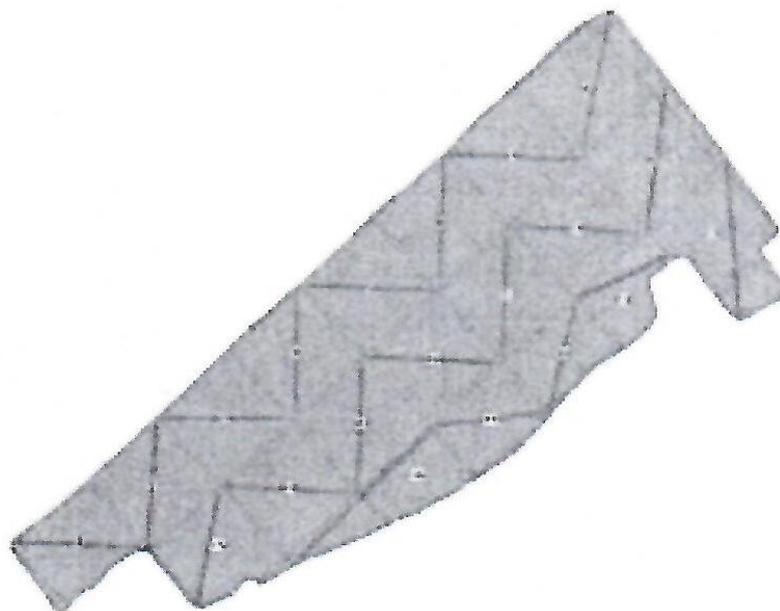


Рисунок 21 – Результат

На панели бортового компьютера записывается пройденный путь и сохраняется в памяти компьютера. Программное обеспечение позволяет также осуществлять навигацию к отмеченной в бортовом компьютере оператором точке на поле. При этом на дисплее будет указываться направление и расстояние до точки. Это удобно при движении к месту последней взятой пробы для продолжения работ или к проблемному участку, где необходимо провести дополнительные исследования. Отобранные и маркированные образцы (пробы) передаются в аккредитованную агрохимическую лабораторию для анализа.

Результаты анализа вводятся в компьютер, в специальную программу (геоинформационную систему - ГИС) и обрабатываются. Такими программами могут быть MapInfo, SSToolBox, ArcGIS и другие. Полученные пространственно-ориентированные карты распределения каждого агрохимического показателя позволяют видеть и учитывать при расчётах реальное состояние полей. Но если обычное хозяйство может обходиться и без таких точных карт, то хозяйства использующее технологии точного земледелия для дифференцированного внесения минеральных удобрений

просто не могут обходиться без них. Для дифференцированного внесения минеральных удобрений используем программное обеспечение SSToolBox, GPS-приёмники, бортовые компьютеры и специальное бортовое программное обеспечение.

На основании полученных карт по агрохимическим показателям в программе SSToolBox, автоматически проводится расчёт дозы для каждого элементарного участка по заранее нами составленной формуле. Программа SSToolBox, в которой делают подобные карты, и проводится расчёт дозы удобрений, обладает встроенным редактором формул, который позволяет программировать достаточно сложные формулы. После расчёта доз удобрений мы получаем карту-задание, в параметрах которой уже просчитано какое количество удобрений потребуется для внесения на данное поле, и сколько это будет стоить. На рисунке 22 видно, что карта-задание состоит из маленьких квадратиков. Эти квадратики, в данном случае, имеют размер 18x18 м - такова была выбрана ширина захвата распределителя минеральных удобрений (Amazone).

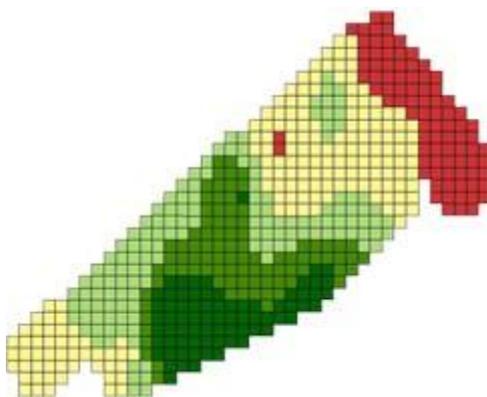


Рисунок 22 – Результат. Карта-задание

При расчёте дозы для каждого элементарного участка, программа просит ввести ширину захвата для более точного пространственного распределения дозы удобрений.

## **ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОГО ЗАДАНИЯ И ЗАЧЁТА**

1. Краткая история земледелия и систем земледелия.
2. Понятие, суть и содержание точного земледелия.
3. Точное земледелие в системе адаптивно-ландшафтного земледелия в Российской Федерации.
4. Основные составные части (элементы) точного земледелия.
5. Точное земледелие как базовый элемент современных ресурсосберегающих технологий.
6. Точное земледелие и точное сельское хозяйство.
7. Основные задачи точного земледелия.
8. Основные факторы, вызывающие неоднородность полей по плодородию и продуктивности.
9. Этапы точного земледелия.
10. Технология создания электронных контуров полей (цифровых карт).
11. Отбор почвенных проб в системе координат и их анализ.
12. Параллельное вождение с использованием навигационной аппаратуры.
13. Определение норм и дифференцированный высеv семян с учётом сорта.
14. Определение норм и дифференцированное внесение N, P, K в пространстве и времени.
15. Мониторинг состояния посевов с применением аэрокосмической съёмки.
16. Определение норм и дифференцированное внесение средств защиты растений.
17. Ведение земледелия по системе Mini-Till и No-Till.
18. Использование систем глобального позиционирования GPS / ГЛОНАСС в системе точного земледелия.
19. Состав технических и технологических средств для системы точного земледелия.
20. Принцип работы систем параллельного вождения.

21. Что позволяют системы параллельного вождения?
22. Какая техника и оборудование необходимы для внедрения точного земледелия?
23. Необходимость комплексного подхода к внедрению элементов точного земледелия.

## **ЗАДАНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ**

Выполнение контрольной работы заключается в составлении подробных ответов на поставленные вопросы.

Защита контрольного задания проводится по согласованию с преподавателем. Номера вопросов для выполнения работы находятся в таблице 3.

Устанавливаются номера вопросов контрольной работы по двум последним цифрам зачётной книжки. Например, для студента с последними цифрами 24 номер вопросов контрольного задания находится на пересечении столбца «2» по вертикали со строкой «4» по горизонтали. Они будут под номерами 4, 8, 16. Объём контрольного задания 5-6 печатных листов.

Таблица 3

## Номера вопросов для контрольного задания

Последняя цифра зачётной книжки	Предпоследняя цифра зачётной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	1,4,8	2,5,9	3,6,10	4,7,11	5,8,12	6,9,13	7,10,14	8,11,15	9,12,16	10,13,17
2	2,8,20	3,15,19	4,17,18	5,13,21	6,12,23	7,14,19	8,13,17	4,11,16	5,13,19	6,11,19
3	3,12,17	4,17,19	3,12,20	4,18,23	1,7,16	2,8,19	3,14,19	5,17,22	6,18,23	7,19,20
4	1,7,15	4,8,16	3,14,18	4,15,19	3,15,18	4,16,19	1,11,18	2,10,18	3,15,23	4,11,18
5	2,6,18	3,7,19	4,8,20	5,11,18	6,12,17	7,13,19	8,13,23	9,17,20	8,16,21	2,13,20
6	3,11,18	4,12,16	5,13,19	6,13,17	5,12,18	6,11,15	8,14,19	9,16,20	7,13,21	8,14,22
7	1,7,13	2,8,14	9,13,20	8,12,19	4,17,20	3,14,16	2,12,23	1,18,20	2,19,23	1,8,17
8	6,13,18	7,15,20	4,11,20	3,12,17	5,13,21	3,16,19	2,19,21	1,4,12	2,9,16	2,8,20
9	5,11,19	6,12,18	5,14,20	3,12,19	4,8,19	3,9,20	4,11,18	3,14,21	4,15,23	4,8,16
0	1,7,19	2,8,20	3,7,16	4,8,20	5,9,19	6,11,14	7,15,20	6,18,23	1,9,17	2,8,21

### **Задание 1**

1. Основные составные части технологии (системы) точного земледелия.
2. «Точное сельское хозяйство» - основные составляющие элементы.
3. Система отбора почвенных проб для точного внесения удобрений.

### **Задание 2**

1. Понятие о системе земледелия, составные части систем земледелия.
2. Ресурсосберегающие технологии систем обработки почвы.
3. применение пестицидов в точном земледелии.

### **Задание 3**

1. Суть и содержание адаптивно-ландшафтных систем земледелия.
2. Почвозащитная система земледелия.
3. Основные гербициды сплошного действия и их характеристика.

### **Задание 4**

1. ГИС-технологии в точном земледелии.
2. использование спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS в сельском хозяйстве.
3. Навигационные системы в точном земледелии.

### **Задание 5**

1. Программное обеспечение системы точного земледелия (примеры).
2. Система применения удобрений в точном земледелии.
3. Приборы и оборудования для контроля качества приёмов обработки почвы.

### **Задание 6**

1. Обзор применения системы точного земледелия в мире.
2. Развитие системы точного земледелия в России.
3. Содержание электронных карт.

### **Задание 7**

1. Методика полевого обследования для ведения точного земледелия.
2. Компьютерные программы в точном земледелии.
3. Мониторинг урожайности сельскохозяйственных культур в точном земледелии.

### **Задание 8**

1. Первоочередные данные для базы данных для использования в точном земледелии.
2. Типизация и классификация земель.
3. Склоны, их классификация.

### **Задание 9**

1. Особенности микроклимата холмистого рельефа.
2. Агроландшафты, их классификация и характеристика.
3. Агроландшафт – основа для проектирования систем земледелия.

Контрольную работу внести в ЭИОС и представить в письменном виде преподавателю.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### А. Основная литература

1. Кирюшин, В.И. Агрэкономическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: Методическое руководство / под ред. РАСХН В.И. Кирюшина, академика РАСХН А.Л. Иванова. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 784 с.
2. Орлова, Л.В. Научно-практическое руководство по освоению и применению берегающего земледелия / Л.В. Орлова. – Самара: НФРСЗ, 2009. – 129 с.
3. Пильникова, Н.В. Основы технологий точного земледелия. Зарубежный и отечественный опыт / Н.В. Пильникова, Б.А. Рунов: ФГНУ «Росинформагротех». – М.: 2010. – 120 с.; Сиб.: АИФ, 2012. – 120 с.
4. Шуравилин, А.В. Ресурсосберегающие технологии в земледелии. Учебное пособие / А.В. Шуравилин, Н.Н. Бушуев, В.Т. Скориков, А.М. Салдаев. – М.: Российский университет дружбы народов, 2010. – 200 с.
5. Коношин, И.В. Навигационные системы и оборудование для точного земледелия. Учебное пособие / И.В. Коношин, Р.А. Булавинцев. – Орёл: ФГБОУ ВПО «Орёл ГАУ», 2013. – 47 с.
6. Лобков, В.Т. Точное земледелие. Методические материалы / В.Т. Лобков, Н.И. Абакумов, Ю.А. Бобков. - Орёл: Изд-во Орёл ГАУ, 2011. – 39 с.

### Б. Интернет ресурсы

1. Интернет-сайт <http://www.egps.ru> (дата обращения: 8.01.2013)
2. Интернет-сайт <http://www.ends-russia.ru> (дата обращения: 15.01.2013)
3. Интернет-сайт <http://www.gpsamur.ru> (дата обращения: 1.02.2013)
4. Интернет-сайт <http://www.omskdizel.ru> (дата обращения: 5.02.2013)
5. Интернет-сайт <http://www.geomir.ru> (дата обращения: 6.02.2013)
6. Интернет-сайт <http://www.gisinfo.ru> (дата обращения: 9.02.2013)
7. Интернет-сайт <http://eco-razum.com> (дата обращения: 9.02.2013)

8. Интернет-сайт <http://www.volgogradagrosnab.ru> (дата обращения: 12.02.2013)
9. Интернет-сайт <http://agromonitoring.ru> (дата обращения: 12.02.2013)
10. Интернет-сайт <http://www.newtechagro.ru> (дата обращения: 15.02.2013)
11. Интернет-сайт <http://www.deere.ru> (дата обращения: 15.02.2013)
12. Интернет-сайт <http://www.agroit.com.ua> (дата обращения: 15.02.2013)