

**С.В.Иванов**

Агрофизический НИИ, г. С.-Петербург

**В.В.Якушев**

к.т.н., Агрофизический НИИ, г. С.-Петербург

## Первые шаги в практическом использовании технологии точного (прецизионного) земледелия на Северо-Западе России

Повышение эффективности сельскохозяйственного производства одна из основных задач стоящих перед производителями растениеводческой продукции всего мира. Над решением этой задачи учёные работали и работают постоянно. Разрабатываются новые системы земледелия, агроприёмы, современная сельскохозяйственная техника и программное обеспечение. Развитие **точного земледелия**, или, как его иногда называют прецизионного земледелия, во всём мире в настоящее время является одним из самых перспективных направлений совершенствования производства растениеводческой продукции.

### Суть точного земледелия

Точное земледелие призвано обеспечивать оптимальное управление продуктивностью посевов в условиях вариативности среды обитания и состояния растений. В традиционном земледелии при выполнении каких либо агротехнических операций на сельскохозяйственном поле параметры операции (условия ее выполнения и соответствующие воздействия) являются, как правило, одинаковыми для всех участков поля. Но точное земледелие предполагает динамическое изменение этих параметров для каждого однородного участка поля в зависимости от различных агрофизических, агрохимических, фитосанитарных и прочих количественных и качественных показателей на этом участке. То есть, попросту говоря, агротехническая операция может проводиться максимально дифференцированно для каждой конкретной точки поля. Такой подход, как показывает международный опыт, обеспечивает гораздо больший экономический эффект и, самое главное, позволяет повысить воспроизводство почвенного плодородия и уровень экологической чистоты сельскохозяйственной продукции. Зарубежный опыт показывает, что при применении технологий точного земледелия расходы на минеральные удобрения могут сокращаться на 30% при одновременном повышении урожая. Это происходит за счёт более экономного расхода удобрений (вносим меньше, там, где и так высокий фон действующего вещества) и, как следствие, снижения вредного влияния удобрений на урожай в этих точках.

Для реализации этой технологии необходимы современная сельскохозяйственная техника, управляемая бортовой ЭВМ и способная дифференцированно проводить агротехнические операции, приборы точного позиционирования на местности (GPS-приёмники), 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 же технологии точного земледелия является программное наполнение, которое обеспечивает автоматизированное ведение пространственно-атрибутивных

данных картотеки сельскохозяйственных полей, а также генерацию, оптимизацию и реализацию агротехнических решений с учётом вариативности характеристик в пределах возделываемого поля.

Реализацию технологий точного земледелия можно условно разбить на три основных этапа: **сбор данных о поле, обработка данных и принятие решения, выполнение агротехнической операции.**

### Обследование почв

На первом этапе проводятся работы по анализу истории поля, анализу состава и рельефа почв. Получение информации о внутривидовой вариативности почвенного покрова, состоянии растений и их продуктивности, степени поражения вредителями, болезнями, сорняками требует наличия мобильных контактных и дистанционных методов диагностирования, снабженных методическими указаниями по их эксплуатации. Развитие информационных технологий привело к новым эффективным методам хранения и отображения собираемых данных в виде электронных карт. Электронные карты, отображающие пространственное распределение тех или иных параметров сельскохозяйственного поля, являются фундаментальными элементами точного земледелия – нового подхода в области управления системой земледелия.

Для этих целей нами создан мобильный автоматизированный комплекс, позволяющий проводить обследование почв на современном уровне с использованием последних достижений в области информационных технологий.

В реализованном варианте комплекс состоит из следующих функциональных компонентов:

- ◆ движитель;
- ◆ автоматический почвенный пробоотборник;
- ◆ спутниковая система позиционирования (GPS);
- ◆ бортовой компьютер;
- ◆ программное обеспечение.

С помощью этого комплекса нами обследованы поля опытного хозяйства нашего института, получены пространственно-ориентированные электронные карты распределения агрохимических показателей почвы. Пример такой карты по фосфору представлен на рис. 1.

На основании таких карт мы рассчитывали дозы внесения минеральных удобрений под заданную культуру для каждого участка поля.

### Анализ данных и принятие решений

На втором этапе, этапе анализа данных о поле и принятия решения, используются различные программные средства. На сегодняшний день на рынке существует около десятка наиболее популярных программ, в той или иной степени выполняющих эту задачу. В основном это программы расчёта доз удобрений с элементами геоин-



Общий вид мобильного комплекса

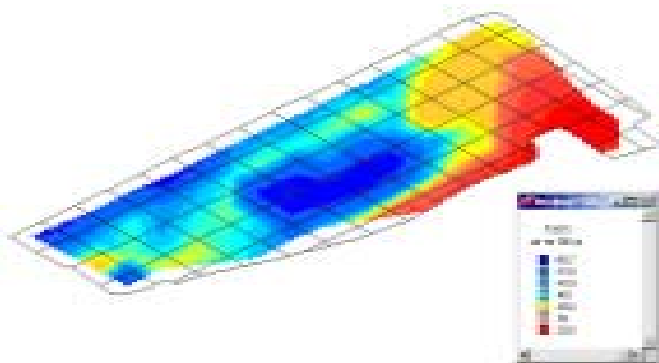


Рис. 1. Результаты агрохимического обследования по фосфору. Площадь «квадратика» (элементарного участка) - 0,25 га.

формационных систем (ГИС). Мы использовали несколько таких программ. Это мощная программа SS ToolBox®, а также FieldRover II®, MapInfo®, Agro-Mar®. Однако основной задачей стоящей перед нашим институтом стоит разработка собственного оригинального программного обеспечения, значительно более мощного, чем все известные нам зарубежные и отечественные аналоги.

Ядром создаваемого программного обеспечения является система поддержки принятия решений (СППР), аккумулирующая знания специалистов (экспертов), разрабатывающих базовые агротехнологии и технологические адаптеры. С помощью этой системы пользователь (агроном, фермер) сможет синтезировать агротехнологию для возделывания заданного сорта на конкретном поле с учётом особенностей своего хозяйства и своего опыта.

Такая система может применяться не только в точном земледелии, но и в обычном хозяйстве в качестве электронного консультанта. Но если в обычном земледелии без такой системы, как, впрочем, и без компьютеров вообще, можно обойтись (что сегодня и происходит), то в точном земледелии она просто необходима, поскольку современная сельскохозяйственная техника управляется бортовым компьютером с привязкой к местности (GPS-

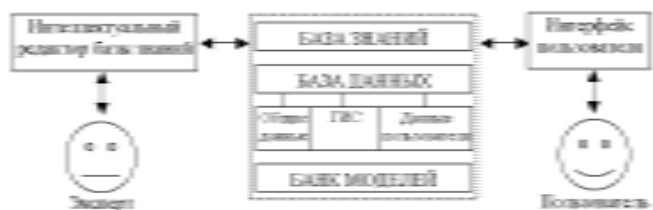


Рис. 2. Структура системы поддержки принятия решений

приёмником). Сама идеология точного земледелия немаловажна без применения современной вычислительной техники и средств ориентирования на местности.

С помощью интеллектуального редактора СППР эксперт может формализовать свои знания в электронном виде (база знаний). Эксперту предлагается заполнить так называемый шаблон представления декларативных знаний, структура которого является гибкой и способна описать любые агротехнологические операции и их адаптеры.



Общий вид трактора МТЗ 1221 с навесным распределителем твердых минеральных удобрений Амаzone ZA-M 1500

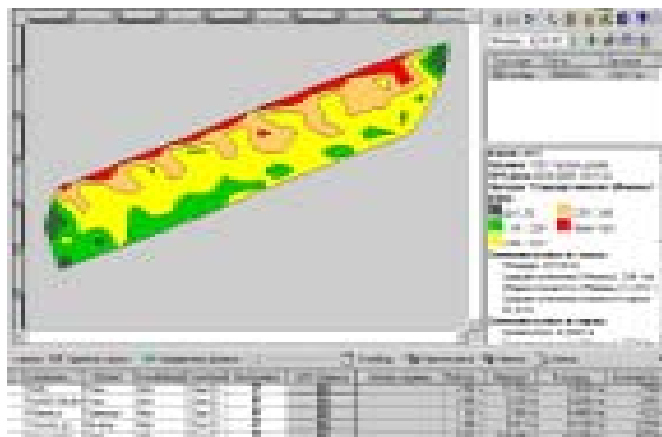
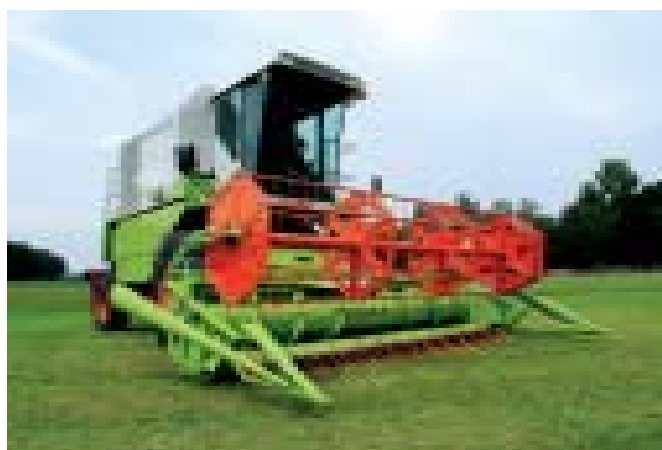


Рис.3. Карта урожайности в программе Agro-Mar ©



Комбайн Claas Dominator© оснащённый датчиками урожайности, бортовым компьютером и системой GPS

Структура шаблона состоит из первичных конструкций представления описания различных компонент технологической операции, в том числе особенностей её применения в конкретных почвенно-климатических и экономических условиях. Рассматриваемые первичные конструкции описания технологических операций определяют также порядок и последовательность выборки и обработки атрибутивной информации из базы данных, специфику той или иной операции применительно к конкретному полю. С помощью шаблонов формируется реальная база агротехнологических знаний и на основе этого реализуется древовидный алгоритм выбора оптимальной технологии.

База данных содержит разнородную информацию и заполняется как экспертом, так и пользователем на всех этапах разработки и использования агротехнологии. Это могут быть названия культур, сортов, агрегатов и машин и их характеристики, всевозможная справочная информация, информация о хозяйстве пользователя: агрохимическая, агрономическая, экономическая и техническая, а также многое другое. В базе данных содержится наряду с атрибутивной информацией об объекте управления и графические данные о нём, обеспечивающие адресность технологических рекомендаций на местности. Для этих целей предусмотрен блок определения местонахождения (координат) в поле мобильной сельскохозяйственной техники при реализации ими технологических решений с помощью программно-аппаратного интерфейса сопряжения систем с геоинформационными системами (ГИС) и глобальной системой позиционирования (GPS).

Первую версию программы мы планируем выпустить весной 2006 года и испытать её в нескольких хозяйствах Ленинградской области.

#### **Выполнение агротехнических операций**

На третьем этапе – выполнения агротехнических операций, необходима современная техника, оснащённая бортовыми компьютерами и GPS-приёмниками. К сожалению, отечественные производители сельскохозяйственной техники ещё не готовы поставлять на рынок современные сельскохозяйственные машины для точного зем-

леделия. Речь идёт об основных операциях, где наиболее эффективно динамическое изменение параметров операции (дозы и нормы) – операциях внесения минеральных удобрений, обработки ингибиторами и посева. То есть в первую очередь необходимы распределители твёрдых минеральных удобрений, полевые опрыскиватели и сеялки точного высева. Также весьма важным является использование уборочной техники, оснащённой датчиками учёта урожайности.

На опытных полях Агрофизического института мы используем распределитель твёрдых минеральных удобрений ZA-M 1500 и полевой опрыскиватель UF-800 известной немецкой фирмы Amazone®. Техника агрегатируется с трактором МТЗ и оснащена всеми необходимыми бортовыми системами.

Важным приобретением для нас стала покупка зернового комбайна Claas Dominator 130®, оснащённого датчиками урожайности, бортовым компьютером и системой GPS. Используя карты урожайности, полученные с помощью этого комбайна, мы сразу можем определить «проблемные» участки поля и с учётом этого планировать дальнейшие действия на поле. Получение подобных карт является несомненным прорывом в области земледелия, так как позволяет нам определять неоднородность главного из всех показателей – урожайности. На рис. 3 изображен пример такой карты, полученной после уборки ячменя.

На карте мы видим, что самая низкая урожайность получена на участках окрашенных зелёным цветом. Исходя из этого, обследование почвы в этих местах мы будем проводить особенно подробно и постараемся выяснить причину такой низкой урожайности, чтобы в следующем сезоне избежать потерь в урожае запланированной культуры на этом поле. Следует отметить, что комбайн Claas Dominator® как нельзя лучше подходит для нашего региона, так как в основном у нас небольшие поля, где использование крупных комбайнов избыточно и проблематично.

В следующем году планируем приобрести сеялку точного высева, что позволит нам использовать весь цикл агротехнических операций по технологии точного земледелия.