

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПРЕЦИЗИОННОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ



Елена Юзефович,
главный специалист
ООО «Технологии земледелия»,
кандидат биологических наук



Денис Романцевич,
старший преподаватель
кафедры земледелия
Белорусской государственной
сельскохозяйственной академии,
кандидат сельскохозяйственных наук

Развитие земледелия требует совершенствования подходов к восстановлению и повышению плодородия почвы путем применения минеральных удобрений, средств защиты растений, техники и других средств интенсификации производства. Одной из причин, негативно сказывающихся на продуктивности агроэкосистем, уровне затрат, производительности труда и рентабельности хозяйственной деятельности, является усредненный подход к использованию ресурсов без учета изменения факторов среды. В результате растет стоимость получаемого продукта и, как следствие, снижается его доступность. Выходом в данных обстоятельствах являются решения, лежащие в основе технологии точного земледелия (ТТЗ). Основной принцип данного метода – проведение полевых операций с учетом неоднородности по различным показателям, таким как плодородие, распространение болезней и вредителей, засоренность, климатические особенности, камни, рельеф, вымочки, что радикальным образом меняет традиционные подходы [1, 2].

Развитию прецизионного земледелия предшествовало ускорение научно-технического прогресса, связанного с разработкой и широким использованием программно-аппаратных средств GPS (и подсистемы DGPS), ГЛОНАСС, Galileo, Compass, BeiDou и геоинформационных систем (ГИС), а также созданием принципиально новых машин и их систем, работающих в автоматическом режиме, способных осуществлять операции по дифференцированной обработке поля. Системы навигации – незаменимый инструмент для точного определения координат нахождения сельскохозяйственной техники, уточнения и фиксации границ поля и зон внутривидовой неоднородности на основании экстраполяции полученных данных [3–5].

Пионерами в данной области были GPS (глобальная спутниковая система, разработанная в США) и ГЛОНАСС (глобальная навигационная спутниковая система, созданная в России). Обе они автономны, с возможностью интеграции, однако доступность и количество устройств, поддерживающих GPS, значительно больше. Компания Trimble – разработчик в области систем опреде-

ления местоположения по сигналам спутниковых систем глобальной навигации и геодезических приборов – применяет собственные приемники GNSS с точностью позиционирования до 2,5 см.

ГИС представляет собой комплекс технических, программных и информационных инструментов для интеграции разнородных данных, включающих измерения на местности, картографирование, аэрофото- и космическую съемку, специализированную информацию для решения задач территориального планирования и управления. Система работает благодаря взаимодействию компьютера и компьютерной периферии со специальным программным обеспечением, геопространственными данными с помощью специалистов, обладающих компетенциями в данной области. Развитию ГИС-технологий способствовало изобретение в 60-х гг. прошлого столетия интегральной схемы и электронной вычислительной техники, плоттеров, цифрователей и т.д. Возможность использования данной технологии в сельском хозяйстве связана с разработкой в конце 80-х гг. различных геоинформационных программных продуктов для планирования землеустройства и природопользо-



вания [6]. Вследствие интеграции ГИС с другими программными продуктами появились интеллектуальные системы и технологии мультимедиа, произошла интенсификация в областях моделирования, инфраструктур пространственных данных и т.д. [4–6].

Мониторинг полей с помощью систем позиционирования и ГИС позволяет решить множество задач: определять единицы техники в пространстве, контролировать скорость машин и направление их движения, местоположение участков поля, на которых проводятся работы, анализировать их эффективность. На основе информации, полученной из высокоточ-

ных приемников, стало возможным создание электронных карт полей, баз данных и систем картирования урожайности, выделение менеджмент-зон для дифференцированного внесения удобрений. Для решения подобных задач разработаны современные компьютерные программы, такие как Trimble AG Software. Она представляет собой единый модуль, включающий:

- данные хозяйства (сотрудники, техника, площадь и перечень полей, цены на продукцию, СЗР, удобрения, ГСМ);
- сведения о работах в поле (синхронизация линий навигации и другие данные с подключенных устройств Trimble,



Посещение «Лаборатории точного земледелия» председателем Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь Шумилиным А.Г.



Использование ручного датчика GreenSeeker в исследованиях

Метеостанции IMETOS

Назначение:

- измерение заданных параметров
- передача измеренных параметров с установленным интервалом
- регистрация (архивирование) данных
- анализ и графическое отображение информации, доступной посредством персонального компьютера, телефона, планшета

Питание:

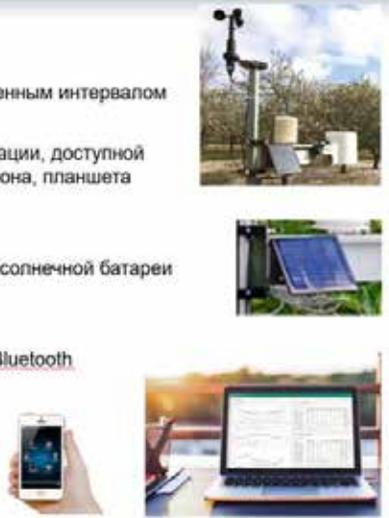
- автономное от аккумулятора с подзарядкой от солнечной батареи
- от сети (опция)

Передача данных:

- мобильные сети, WiFi, разъем mini-порт USB, Bluetooth

Просмотр данных:

- через единый портал ng.fieldclimate.com
- через мобильное приложение
- через сайты партнеров



их импорт и экспорт с различных устройств и обработка, отслеживание местоположения оборудования, его состояния и загруженности, создание и контроль рабочих заданий);

- локализованный прогноз погоды;
- учет и анализ (просмотр и изменение данных заданий, формирование отчетов, ведение полевых записей расхода семян, СЗР, удобрений, фиксирование данных по уборке урожая и других хозяйственных работ, расчет рентабельности);
- отбор почвенных проб по сетке или по зонам (с привязкой к координатам), навигация к их участкам, создание менеджмент-зон для дифференцированного внесения, изменение зон неоднородностей на основании данных урожайности и другой геопространственной информации);
- мониторинг состояния сельскохозяйственных культур (визуализация и импорт спутниковых изображений и с БПЛА по каждому полю, ведение жур-

нала результатов обследования полей, скаутинг).

Программный продукт Trimble AG Software позволяет фиксировать полученные с дисплеев и других сторонних систем данные, обеспечивает доступ к ним и обмен информацией через смартфон или компьютер с автоматической синхронизацией. Это дает возможность анализировать проведенные технологические приемы на полях, отслеживать урожайность и проводить оценку рентабельности производства.

На селекционных и опытных посевах, предназначенных для определения влияния удобрений, регуляторов роста и средств защиты на растения, довольно трудно провести дифференцированный учет урожая с делянки небольшой площади, так как есть вероятность получения высокой погрешности измерений при существующих методиках учета продуктивности культур. В данном случае необходима электронная карта распределения элементов питания, пораженности, засоренности, а также программные про-

дукты, позволяющие отслеживать изменения, происходящие с растениями под воздействием различных факторов, определять вес и место (с точными координатами) собранного урожая.

Чтобы оценить степень влияния агрономических мероприятий на продуктивность культур, можно использовать технологии, контролирующие процесс накопления растениями биомассы по индексу растительности NDVI (Normalized Difference Vegetation Index – нормализованный относительный вегетационный индекс) с помощью датчика GreenSeeker. NDVI отражает уровень содержания хлорофилла в листьях, что характеризует фотосинтезирующую активность растения [7] и позволяет оценить общее состояние посевов. GreenSeeker является активным оптическим датчиком источника света. Его располагают на расстоянии 60–120 см над растениями и нажимают пусковую кнопку. Прибор испускает кратковременные вспышки красного и инфракрасного света с длиной волны соответственно 660 и 770 nm, измеряется совокупное количество отраженного света, и полученный показатель является индикатором состояния растительного покрова. Прикладное применение включает в себя измерения вегетативной биомассы, реакции растений на питательные вещества, поражение вредителями и болезнями, позволяет определить потенциальную урожайность культур. В Институте почвоведения и агрохимии НАН Беларуси на основе лизиметрического метода, с помощью ручного датчика GreenSeeker была проведена оценка накопления биомассы ярового рапса на почвах различного гранулометрического состава. Параллельно немецкие ученые провели опыты по вли-

янию протравителей на накопление биомассы озимой пшеницы. В зимний период интенсивность флюоресценции хлорофилла (CFD) измеряли с помощью прибора ФЛОРАТЕСТ, в период максимума CFD использовали показатель по NDVI с помощью устройства GreenSeeker. Данный прибор достоверно определил разницу потенциала накопления биомассы при различных вариантах опыта, а его калибровка для различных культур позволила достаточно точно спрогнозировать урожай [8, 9].

Размещать датчики можно на тракторе или самоходной технике и проводить сельскохозяйственные операции в режиме реального времени днем, ночью и при плохой видимости. Их синхронизация с полевым компьютером Trimble TMX 2050 позволяет формировать карты содержания азота и накопления биомассы, согласно которым создаются задания для дозированного внесения удобрений и средств защиты растений (например, гербицидов по стерне). Датчики урожайности, установленные на комбайн, оценивают качество и количество выращиваемых культур. Контроль влажности зерна определяет решение о необходимости его сушки, а контроль погрузки помогает отследить количество собранного и загруженного для перевозки сырья. Автоматическое регулирование ширины захвата жатки обеспечивает более точный учет урожайности на полях сложной формы и при уборке отдельных полос в случае наличия ранее убраных участков.

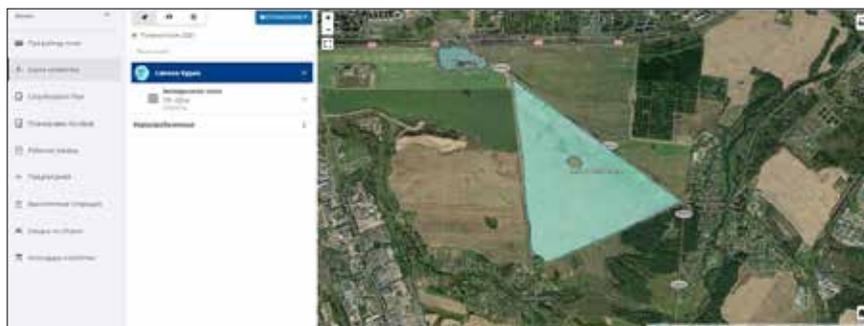
Таким образом, с помощью различных устройств, интегрированных с бортовыми компьютерами, можно создавать карты неоднородностей и проводить сравнительный анализ состояния раз-

личных участков посевов по урожайности и определять факторы, влияющие на варьирование показателей продуктивности культуры.

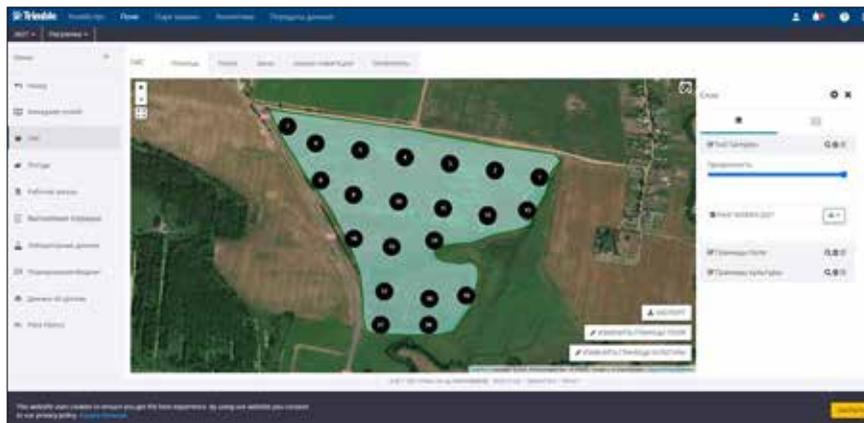
Один из важных элементов ТТЗ – современные локальные метеостанции, которые представляют собой мобильные регистраторы данных компактного размера с большим функциональным потенциалом. Они позволяют непрерывно собирать сведения и оперативно передавать их в любое время через Интернет и sms. Полученные почасовые (поминутные) круглосуточные климатические данные дают возможность вычислять коэффициент испарения и транспирации ETo с учетом конкретных культур, измерять накопление суммы отрицательных температур, необходимых для нормального протекания

состояния покоя отдельных видов сельскохозяйственных культур, деревьев и кустарников, рассчитывать суммы эффективных температур для их роста и развития, определять стадии метаморфозов вредителей, проводить мониторинг осадков и многое другое. Эта информация помогает специалистам своевременно и обоснованно принимать решения по оптимизации параметров выращивания сельскохозяйственных культур в различных климатических условиях.

ООО «Технологии земледелия» – одна из ведущих компаний, движущихся в направлении освоения и планомерного введения технологий прецизионного земледелия на сельскохозяйственных предприятиях Республики Беларусь. Основа планирования



Карта хозяйства с выделенными границами поля в программе Trimble AG Software



Создание карты заданий для отбора почвенных проб в программе Trimble AG Software

мероприятий по интеграции ее элементов в практику включает поставку необходимого оборудования, переоснащение техники, создание геопространственной платформы хозяйства и отработку ведения «цифрового журнала» с помощью программы Trimble AG Software, оказание консультационных услуг, техническое сопровождение всех этапов производства (монтаж, наладка, испытания, ввод в эксплуатацию, эксплуатация и ремонт). Решением данных задач компания занимается на протяжении 6 лет, активно взаимодействуя с предприятиями агропромышленного комплекса Беларуси и производителями сельскохозяйственной техники: ОАО «МТЗ», ОАО «Гомсельмаш», ОАО «Амкор», ОАО «Лидагропромаш». Результатом стала возможность приобретения тракторов «Беларус», комбайнов «Палессе» и самоходных опрыскивателей от «Лидагропромаш» с Autopilot Trimble. В весеннюю посевную кампанию Минская область получит 80 тракторов «Беларус 3522», оснащенных системами Autopilot Trimble, и уже к уборке в область будет поставлено 40 комбайнов GS2124, которые в своей базовой комплектации будут оборудованы системами Autopilot и картирования урожайности Trimble. Указанные шаги позволят специалистам Минской области в ближайшее время перейти к использованию цифровых технологий. Один из следующих этапов – совместная работа специалистов ООО «Технологии земледелия» с ОАО «Амкор» по созданию распределителя минеральных удобрений, который по карте заданий будет вносить их дифференцированно, а также с компанией ООО «Элезер» по оснащению новой зерновой сеялки

приборами точного земледелия. Среди совместных проектов с ОАО «Гомсельмаш» представляет интерес испытание многофункционального энергосредства MC-350 с Autopilot Trimble на базе дисплея GFX-750. Данный агрегат способен осуществлять дискование, вспашку, боронование, внесение органических удобрений, предпосевную обработку, работать как трактор и как кормоуборочный комбайн. Уже более 3 лет компания содействует приобретению метеостанций iMetos (Австрия) – устройств для сбора актуальных метеорологических, климатических и других данных для мониторинга состояния посевов. Заслуживает внимания новое оборудование данной компании – iMetos NPK для проведения анализа макроэлементов почвы. Прибор не требует специальных навыков пользователя, и работать с ним можно прямо на поле: через 2 минуты после помещения растора в микрочип готовы результаты анализа. В этом году планируются испытания почвенного сканера iMetos Fieldscan. В 2018 г.

компания вступила в ООО «Технопарк «Горки», активно взаимодействует с сотрудниками и учащимися аграрных вузов страны – БГСХА и БГАТУ. На базе Белорусской сельскохозяйственной академии создан класс для обучения и повышения квалификации специалистов по направлению «Технологии точного земледелия» с привязкой агрономических аспектов, сопряженных с данной технологией. Сотрудники компании регулярно проводят занятия и тренинги для специалистов аграрного сектора и студентов в очном и дистанционном форматах.

Для эффективного ведения сельхозпроизводства сегодня необходимо наличие компетенций в области новых технологий для обеспечения возможности их грамотного применения и последующего управления массивом данных. С их помощью становится доступным прогноз и анализ урожайности, а также разработка агротехнических планов применительно к каждому конкретному полю или участку. ■

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Комик В.И. Развитие АПК Республики Беларусь: итоги и перспективы / В.И. Комик, А.И. Гулейчик // Известия ТСХА. 2013. Вып. 3. С. 123–131.
2. Мыслыва Т.Н. Внедрение точного земледелия в Республике Беларусь в контексте национальных земельных отношений: проблемы и перспективы / Т.Н. Мыслыва, О.А. Куцаева // Вестник БГСХА. 2020. №1. С. 144–153.
3. Куприянов А.О. Глобальные навигационные спутниковые системы / Учебное пособие. – М., 2017.
4. Ковалев И.Л. Внедрение информационно-коммуникационных технологий на базе систем спутниковой навигации в АПК Беларуси: проблемы и перспективы // Resources and Technology. 2017. 14 (2). С. 12–25.
5. Измайлов А.Ю. Концепция развития системы оперативного управления автотранспортными и другими мобильными техническими средствами, применяемыми в сельском хозяйстве с использованием ГЛОНАСС/GPS / А.Ю. Измайлов, А.А. Артюшин, И.Г. Смирнов [и др.]. – М., 2014.
6. Каганович А.А. Планирование территориальной устойчивости с использованием геоинформационных систем // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2017. №1(46). С. 203–207.
7. Кононова А.С. Влияние форм азотных удобрений на содержание хлорофилла в одновидовых и смешанных бобово-злаковых агроценозах / А.С. Кононова, О.Н. Шкотова // Вестник Брянского государственного университета. 2012. Вып. 4 (1). С. 103–106.
8. Ерошенко Ф.В. Связь вегетационного индекса NDVI с содержанием хлорофилла в растениях озимой пшеницы / Ф.В. Ерошенко, И.Г. Сторчак, Е.О. Шестакова // Аграрный вестник Урала 2018 г. №4 (171).
9. Новик В. Способ определения накопления биомассы растений / В. Новик, Г.В. Пироговская // материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 3–8 июля 2018 г. / БГУ, биолог. фак., Частный институт прикладной биотехнологии daRostim; редкол.: Д.В. Маслак (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2018.