

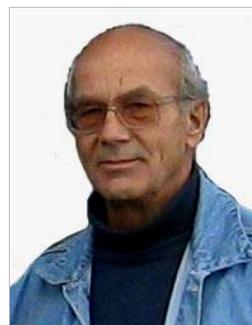
# ПЕРСПЕКТИВЫ РОБОТИЗАЦИИ АГРОХИМИЧЕСКИХ РАБОТ

**А.Ю. Измайлов, акад. РАН,**

**З.А. Годжаев, д.т.н., ВНИИ механизации сельского хозяйства,**

**Р.А. Афанасьев, д.с.-х.н., ВНИИА**

Роботизация сельскохозяйственных технологий идет по таким направлениям, как мониторинг посевов сельскохозяйственных культур с использованием авиакосмических и



наземных способов, выделение на полях контуров плодородия почв для условий точного земледелия, автоматизированный расчет оптимальных доз удобрений, внесение удобрений и пестицидов роботизированными комплексами. Последовательно рассмотрены основные аспекты роботизации агрохимических работ, показано их преимущество по сравнению с традиционными технологиями, намечены перспективы дальнейшего развития робототехники, направленной на повышение производительности сельского труда, снижение влияния человеческого фактора на результаты агрохимического обслуживания земледелия РФ.

Ключевые слова: механизация, мониторинг, удобрения, урожайность.

По перспективным разработкам ВНИИ механизации сельского хозяйства вопросы роботизации агрохимического обслуживания земледелия будут решаться в комплексе с роботизацией других технологических операций. Необходимость ускоренного перевода земледелия России на высокотехнологический уровень обусловлена как экономической, так и экологической целесообразностью. В настоящее время отечественное сельское хозяйство, за исключением отдельных отраслей, по основным показателям существенно отстает от уровня многих развитых стран, что снижает его конкурентоспособность и продовольственную безопасность страны. По общепринятому показателю научно-технического и экономического прогресса – энергоёмкости продукции в растениеводстве он выше по сравнению с западными странами в 2-2,5 раза, в животноводстве – в 2,5-4,5 раза. Валовая добавленная стоимость в сельском хозяйстве на 1 работника, занятого в аграрном секторе, по данным за 2013 г., составила в США 68871 доллар, Германии – 35476, а в России только 7274 доллара, т.е. в несколько раз ниже. Необходимость вывода нашего сельского хозяйства на новый, отвечающий Доктрине продовольственной безопасности России, уровень очевидна [1, 2]. При этом основную роль в развитии сельскохозяйственного производства должно играть высокотехнологическое обеспечение, включая разработки в области точного земледелия и животноводства. В земледелии особого внимания заслуживает механизация, а точнее роботизация тех-

нологий применения агрохимических средств, поскольку на 25-50% и более урожайность многих сельскохозяйственных культур на наших полях зависит от их удобрения (рис. 1).

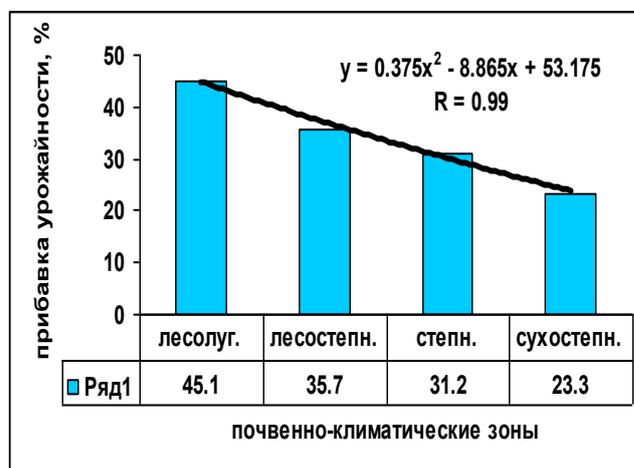


Рис. 1. Эффективность минеральных удобрений в России в зависимости от почвенно-климатических условий (в среднем по основным сельскохозяйственным культурам)

Совместные разработки ВИМ, ВНИИА и других НИУ, а также зарубежные исследования показывают, что роботизация агрохимических технологий позволяет значительно повысить эффективность средств химизации при существенном снижении материальных и трудовых затрат в расчете на единицу продукции [3, 4]. При этом надо иметь в виду, что под роботизацией технологий подразумевается создание взаимосвязанного комплекса машин и технических устройств, обеспечивающих все технологические цепочки, связанные с применением удобрений и других агрохимических средств. Начнем с начала общей технологии, т.е. с агрохимического картографирования сельскохозяйственных полей. Ранее агрохимслужбой проводились только наземные операции: разбивка территории каждого поля на условные элементарные участки, по ним вручную отбирали почвенные пробы с последующим их агрохимическим анализом и составлением агрохимических картограмм или паспортов обследованных полей. В соответствии с полученными данными рассчитывали дозы удобрений, как правило, вручную или с применением простейших электронных программ типа «Радоз-

2». В последнее время технологии агрохимического мониторинга в корне меняются. Для отбора почвенных проб применяют роботизированные пробоотборники (рис. 2) с предварительным разделением обследуемого поля на элементарные участки на экране борткомпьютера и определением маршрута пробоотборника.

Однако более продвинутым следует считать агромониторинг в технологиях точного земледелия, отличительной особенностью которых является выделение на территории полей не механически обозначаемых элементарных участков, а агроконтуров, различающихся по плодородию почвы. Это позволяет собирать почвенные пробы, проводить их анализ и составлять картограммы с учетом внутривополевой вариабельности (пестроты) почвенного плодородия, что гарантирует более точный учет потребности растений в условиях произрастания, включая минеральное питание.



Рис. 2. Автоматизированный почвенный пробоотборник

Для выделения агроконтуров можно использовать несколько способов: сканирование урожайности предшественника, в частности зерновых культур, комбайнами, оборудованными датчиками зерна и навигационными приборами, с последующим отбором почвенных проб по выделенным ареалам; сканирование электропроводности почвы специальными прицепными индукционными устройствами; дешифрирование крупномасштабных авиакосмических снимков по результатам дистанционного зондирования земли (ДЗЗ); топографическое выделение элементов мезо- и микрорельефа полей с использованием GPS/ ГЛОНАСС-навигаторов, влияющее на пространственное распределение элементов питания растений с внутривополевым и поверхностным водным стоком. Как правило, отбор и анализ почвенных проб по выделенным тем или иным способом агроконтурам значительно сокращают затраты на агрохимическое обследование полей при повышении качества агрохимического обслуживания. Кроме того, выделенные агроконтуры могут с успехом использоваться для дифференцированного внесения по площади поля удобрений и мелиорантов, о чем еще в середине прошлого века говорил основоположник отечественной агрохимии академик Д.Н. Прянишников. Вот его слова: «Определение содержания в почвах подвижных форм азота, фосфора и калия может быть использовано для дифференцировки доз и соотношений азотистых, фосфорнокислых и калийных удобрений, вносимых под одну и ту же культуру, в одном и том же поле севооб-

рота, но на участках поля, различающихся по почвенным условиям ... Отсюда большое значение приобретают разнообразные способы учета этих изменяющихся во времени и пространстве свойств почвы в целях наиболее эффективного применения удобрений» [5]. Другой известный ученый-агрохимик А.В. Соколов, чл.-корр. АН СССР, также подчеркивал важность дифференцированного внесения удобрений. Он призывал механизаторов «разработать такие машины для внесения удобрений, которые не только точно дозировали бы удобрения, но и позволяли бы легко менять дозировку удобрений во время их высева» [6]. В ВИМе при непосредственном участии Н.М. Марченко, Л.А. Марченко, Г.И. Личмана, Т.В. Мочковой созданы прообразы машин как для автоматизированного агромониторинга полей, так и для дифференцированного внесения удобрений и других агрохимических средств (рис. 3). В настоящее время ведутся работы по созданию нового поколения техники, основанной на роботизированных технологиях ее использования. В качестве машины-удобрителя при полной роботизации технологий возделывания растениеводческих культур рекомендуется применять беспилотные мобильные энергосредства сельскохозяйственного назначения (БМЭСх).



Рис. 3. Комбинированный агрегат для дифференцированного внесения минеральных удобрений

Это является практической основой перспективного развития роботизированных технологий растениеводства. БМЭСх - это, прежде всего, колесная или гусеничная платформа, на которой размещается гибридная энергоустановка, аппаратура беспилотного управления движением и управления роботизированными навесными рабочими органами, в том числе для дифференцированного внесения удобрений. В ВИМе уже изготовлен опытный образец такой платформы (рис. 4).

Преимущество БМЭСх - в универсальности технического обеспечения точного земледелия в различных отраслях растениеводства, так как при этом снижается потребность в оснащении техники навигационными приборами, устраняется необходимость оборудования обычных тракторов устройствами для автоматического вождения, поскольку они предусматриваются конструкцией платформ. Готовится также обширная программа по созданию системы беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), включая агромониторинг полей и дифференцированное применение средств химизации.



Рис. 4. Гусеничная платформа БМЭСх

На рисунке 5 показано обследование посева кукурузы на опытном поле ВНИИА с использованием квадрокоптера. По зарубежным данным, около 80% коммерческого рынка беспилотных летательных аппаратов будет предназначено для использования в сельском хозяйстве [7, 8]. Особое значение беспилотники будут играть в обследовании и подкормке вегетирующих посевов, так как во многих случаях такие технологические операции затруднены при высоком стеблестое некоторых культур и невозможности по этой причине использования для этих целей наземных агрегатов.



Рис. 5. Беспилотный летательный аппарат (квадрокоптер) на диагностическом определении обеспеченности азотом посева кукурузы

Развитие роботизации касается также оптимизации доз минеральных удобрений, поскольку это одна из актуальных проблем земледелия. В условиях роботизированного земледелия требуется соответствующее обеспечение агротехнологий автоматизированным расчетом доз удобрений. Заслуживают внимания разработки ВНИИА, выполненные с участием преподавателей, студентов и аспирантов Московского энергетического института (МЭИ) – А.К.Полякова, Р.П. Казова, С.И. Ермилова и других, которые создали компьютерные интерактивные программы по расчету доз азотных, фосфорных, калийных, серных и микроудобрений. При расчетах доз удобрений на планируемую урожайность сельскохозяйственных культур, возделываемых в основных земледельческих районах страны, учитывают

более десяти значимых факторов их эффективности, включая требования растений к минеральному питанию, агрохимические и агрофизические свойства почв, качество предшественников, предыдущий уровень удобренности полей, их топографию, целесообразные виды и формы удобрений. Интерактивная доступность программ обуславливается связью с сервером ВНИИА через интернет (рис. 6).

Научно-производственная проверка эффективности роботизированной системы расчета доз показала, что она может служить достаточно надежной основой для определения годовой потребности в удобрениях для фермерских и более крупных хозяйств в минеральных удобрениях с учетом достигнутого плодородия почв и планируемой урожайности сельскохозяйственных культур. В частности, при внесении минеральных удобрений под озимую пшеницу в Московской области, яровую пшеницу в Кировской и Свердловской областях на урожайность 5-6 т/га эти планируемые урожаи были достигнуты при меньшем, по сравнению с рассчитанным по прежним нормативам, расходе удобрений.

### Схема работы системы



Рис. 6. Принципиальная схема работы интерактивных программ по автоматизированному расчету оптимальных доз минеральных удобрений

**Заключение.** Описанные выше направления роботизации, несмотря на их непреложное значение, являются лишь отправными точками для разработки перспективных техники и технологий для земледелия России. Впереди открывается широкий фронт работ по совершенствованию методов сельскохозяйственного производства на основе динамичного научно-технического прогресса в смежных отраслях общемирового хозяйства. Важно своевременно реагировать на меняющиеся условия и приоритеты, опираясь на опыт современной науки и практики.

*Данная статья приурочена к 85-летию ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, и ее авторы из ВИМА поздравляют с этой знаменательной датой всех сотрудников института и выражают надежду на дальнейшее творческое сотрудничество.*

#### Литература

1. Годжаев З.А., Гришин А.П., Гришин А.А. Перспективы развития роботизированных технологий в растениеводстве // Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – № 12. – С. 42-45.
2. Измайлов А.Ю., Гришин А.П., Гришин А.А. Необходимость перехода к интеллектуальным системам управления в сельскохозяйственном

производстве // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве // Труды 9-й Международной научно-технической конференции (21 – 22 мая 2014 года, г. Москва, ГНУ ВИЭСХ). В 5 частях. Ч. 5. Инфокоммуникационные технологии и нанотехнологии – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2014.- С. 45-53.

3. Сычев В.Г., Байбеков Р.Ф., Измаилов А.Ю., Афанасьев Р.А., Личман Г.И., Пугачев П.М. Информационно-технологическое обеспечение точного земледелия // Плодородие.- 2011.- № 3. - С. 44-47.

4. Измаилов А.Ю., Марченко Н.М., Личман Г.И., Сычев В.Г., Афанасьев Р.А., Гурьянов А.М., Артемьев А.А., Биушкин И.Г. Вопросы ме-

ханизации и информатизации технологий координатного земледелия // Плодородие.- № 6.- 2005. - С. 32-34.

5. Прыанишников Д.Н. Избр. соч. Т. 1. - М.: Колос, 1965. - С. 721.

6. Соколов А.В. Агрохимическое картографирование почв. Предисловие. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – 154 с.

7. Doering Chr. Growing use of drones poised to transform agriculture // USATODAY, March 23, 2014.

8. Handverk Br. 5 Surprising Drone Uses (Besides Amazon Delivery) // National Geographic, 02.12.2013, № 10.

## **OUTLOOK FOR ROBOTIZATION OF AGROCHEMICAL WORKS**

**A.Yu. Izmailov<sup>a</sup>, Z.A. Gadzhiev<sup>a</sup>, R.A. Afanas'ev<sup>b</sup>**

**<sup>a</sup> All-Russian Research Institute of Agricultural Mechanization,  
1 Institutskii pr. 5, Moscow, 109428 Russia**

**<sup>b</sup> Pryanishnikov All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry, Russian Academy of  
Sciences, ul. Pryanishnikova 31a, Moscow, 127550 Russia**

*Robotization of agricultural technologies involves the monitoring of agricultural plantations using aerial, satellite, and land methods; the separation of fertility contours for precise farming; the automated calculation of optimal fertilizer rates; and the application of fertilizers and pesticides using robotized complexes. The main aspects of the robotization of agricultural works are considered; their advantages over conventional technologies are demonstrated; and perspectives are outlined for the further development of robotechnics aimed at increasing the productivity of agricultural work and decreasing the effect of anthropogenic factor on the agrochemical service of agriculture in Russian Federation.*

*Keywords: mechanization, monitoring, fertilizers, crop yield.*