

КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ СЕЛЬХОЗКУЛЬТУР

Н. В. СТЕПНЫХ, кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник,

А. М. ЗАРГАРЯН, инженер-программист,

О. А. ЖУКОВА, научный сотрудник

Курганский научно-исследовательский институт сельского хозяйства

(641325, Курганская обл., Кетовский р-н, с. Садовое, ул. Ленина, д. 9)

Ключевые слова: проектирование, научное обоснование, система земледелия, технологии, программный комплекс, электронная карта, технологическая карта.

В управлении земледелием возник разрыв между возросшими информационно-техническими возможностями мониторинга и контроля использования земли и состоянием агроценозов и отставанием информационных систем по проектированию агротехнологий. Курганский НИИСХ пытается преодолеть разрыв и использовать современные возможности информационных систем не только в мониторинге, но и в проектировании технологий выращивания сельхозкультур. Методической основой для проектирования послужили работы ведущих научных коллективов страны, в частности ученых Сибирского НИИ земледелия и химизации, Всероссийского научно-исследовательского института земледелия и защиты почв от эрозии, которые разработали методику проектирования базовых элементов адаптивно-ландшафтной системы земледелия. Проектирование технологий выращивания сельхозкультур ведется на основе типовых технологий, разработанных в Курганском НИИСХ для агроландшафтных зон Курганской области. При проектировании используются ранее созданные компьютерные программы для получения электронных карт и книг истории полей, контроля техники и полевых работ. Предлагается группировать поля в однородные группы с помощью кластерного анализа, фото и спектральных снимков, индексов NDVI, картирования урожайности с применением геоинформационных систем. Программа позволяет рассчитать потребность в ресурсах и экономическую эффективность технологий. В разработке преобладал комплексный подход: кроме программы по проектированию технологий авторами созданы программы по созданию электронных карт и книг истории полей, мониторингу техники и технологий. Программный комплекс Курганского НИИСХ по проектированию технологий выращивания сельхозкультур – один из вариантов соединения научных знаний с современными геоинформационными технологиями, который позволяет существенно повысить скорость и обоснованность проектирования технологий, расчета технологических карт, осуществлять оперативный контроль их выполнения и тем самым повысить качество и эффективность управления системой земледелия.

COMPUTER PROGRAM FOR DESIGNING TECHNOLOGIES FOR CULTIVATION OF CROPS

N. V. STEPNYKH, candidate of economic sciences, leading researcher,

A. M. ZARGARYAN, software engineer,

O. A. ZHUKOVA, researcher

Kurgan Scientific Research Institute of Agriculture

(9 Lenina Str., 641325, v. Sadovoe, Ketovskiy district, Kurgan region)

Keywords: developed computer software to create electronic maps and books of fields history, monitoring techniques and technologies of cultivation of agricultural crops, knowledge on the farming system and the databases, agronomic and economic parameters of technologies.

In the management of agriculture has a gap between the increased information and technical capacity of monitoring and controlling land use and condition of agrocenosis and a backlog of information systems design technologies. Kurgan Scientific Research Institute of Agriculture is trying to bridge the gap and use the modern possibilities of information systems not only in monitoring but also in the design of technologies of cultivation of crops. The methodological basis for the design was the work of leading research teams in the country, in particular, the scientists of the Siberian research Institute of agriculture and chemicalization, all-Russian scientific research Institute of agriculture and protection of soil from erosion, which developed the methodology of designing of basic elements of adaptive-landscape system of agriculture. Design of technologies of cultivation of agricultural crops is based on the generic technologies developed in the Kurgan research Institute for agrolandscape zones of the Kurgan region. In designing a previously created computer program is used to receive e-cards and history books of fields, control techniques and field work. It is suggested to group the fields into homogeneous groups using cluster analysis, pictures and spectral imagery, indices, NDVI, mapping yield using GIS. The program allows you to calculate resource requirements and cost-effectiveness of technologies. Drafting was dominated by an integrated approach: in addition to the program for the design of technology, the authors created a program for creating electronic maps and books of fields history, monitoring techniques and technologies. The software package of Kurgan Scientific Research Institute of Agriculture for the design of technologies of cultivation of agricultural crops is one of the variants of the connection of scientific knowledge with modern geoinformation technology, which can significantly increase the speed and validity of design technologies, calculation and technological cards, to exercise operational control of their performance and thereby improve the quality and efficiency of the management of the farming system.

Положительная рецензия представлена П. Е. Подгорбукских, доктором экономических наук, профессором Курганской государственной сельскохозяйственной академии.

В управлении земледелием все шире находят применение информационные технологии: электронные карты, системы параллельного вождения, мониторинг техники, беспилотные агрегаты, космический контроль вегетации растений и т. д. Появились новые понятия: точное, «умное» земледелие, интернет вещей и другие. На уровне региональных органов управления АПК и МСХ РФ создаются информационно-аналитические системы по контролю использования земли [1]. Информационные системы применяются для учета рабочего времени, продукции, горючего и других задач по организации производства, вместе с тем они слабо связаны с земледельческой наукой, в большинстве своем не обеспечены научно обоснованными нормативами и методиками управления системой земледелия, в них отсутствует анализ данных мониторинга. Большой частью в технологиях с их помощью пытаются дифференцировать внесение удобрений и средств защиты растений, а другие вопросы земледелия (севооборот, обработка почвы, срок и способ посева, норма высева семян), как правило, остаются за рамками систем. Логично было бы полученные в мониторинге данные проанализировать и применить в проектировании технологий и систем земледелия, но разработок, с помощью которых можно осуществить проектирование в автоматическом или полуавтоматическом режиме, явно недостаточно. Информационные технологии и технические средства по контролю и мониторингу использования земли и состояния агроценозов создаются преимущественно предприятиями, находящимися вне сферы сельского хозяйства, а системы земледелия и технологии выращивания сельхозкультур разрабатывают зональные научные учреждения сельскохозяйственного профиля, в которых, за небольшим исключением, нет специалистов по информационным технологиям и техническим средствам по их применению. Поэтому возник разрыв между возросшими информационно-техническими возможностями мониторинга и контроля использования земли и состояния агроценозов и отставанием информационных систем по проектированию агротехнологий.

Цель и методика исследований. Целью исследования является разработка программного комплекса по проектированию технологий выращивания сельхозкультур, позволяющая преодолеть разрыв между мониторингом и проектированием, использовать современные возможности информационных технологий.

Методической основой для проектирования послужили работы ведущих научных коллективов страны, в частности ученых Сибирского НИИ земледелия и химизации, Всероссийского научно-исследовательского института земледелия и защиты почв от эрозии, которые разработали методику проектирова-

ния базовых элементов адаптивно-ландшафтной системы земледелия. Коллективом СибНИИЗХима под руководством академиков В. И. Кирюшина и А. Н. Власенко еще в 2002 году для Западной Сибири был разработан пакет технологий возделывания сельскохозяйственных культур, адаптированных к различным агроландшафтным районам, агроэкологическим группам и типам земель, предшественникам, уровням интенсификации и изменчивости агрометеорологических ресурсов [2]. В 2010 году Всероссийский научно-исследовательский институт земледелия и защиты почв от эрозии разработал методику проектирования базовых элементов адаптивно-ландшафтной системы земледелия [3]. Позднее соответствующие рекомендации были разработаны в других регионах. Так, ученые Курганского НИИСХ под руководством академиков А. Л. Иванова и В. И. Кирюшина разработали систему адаптивно-ландшафтного земледелия Курганской области [4]. Учеными Курганского аграрного университета К. Н. Горпинченко и Е. В. Луценко исследована интеллектуальная модель, характеризующая влияние на хозяйственные, энергетические и финансово-экономические результаты в зерновом производстве всех видов факторов: природных, агротехнологических, энергетических и финансово-экономических. Решена проблема научно обоснованного, эффективного прогнозирования результатов и принятия управленческих решений по выбору агротехнологий, обеспечивающих желаемый результат [5]. В этих работах содержатся научно обоснованные положения и нормативы по проектированию технологий выращивания сельхозкультур, которые были использованы при разработке программного комплекса по проектированию технологий выращивания сельхозкультур в Курганском НИИСХ.

Основой для проектирования технологий выращивания сельхозкультур является база знаний, которая состоит из набора файлов и содержит характеристики и описания условий производства, почв, культур, рекомендации по их возделыванию, разработанные научными учреждениями. По данным Е. В. Луценко, знания могут быть представлены в различных формах, характеризующихся различной степенью формализации:

- вообще неформализованные знания, т. е. знания в своей собственной форме, ноу-хау;
- знания, формализованные на естественном вербальном языке;
- знания, формализованные в виде различных методик, схем, алгоритмов, планов, таблиц и отношений между ними;
- знания в форме технологий;
- знания, формализованные в виде математических моделей и методов представления знаний в автоматизированных интеллектуальных системах

(логическая, фреймовая, сетевая, производственная, нейросетевая, нечеткая и другие) [6].

Результаты исследования. Проектирование технологий выращивания сельхозкультур начинается с выбора культур, который определяется природно-климатическими и экономическими условиями, рыночным спросом на продукцию, рентабельностью производства. Источником информации по спросу и рентабельности являются интернет, статистические данные, информация органов управления и научных организаций, в том числе база данных экономической эффективности технологий выращивания сельхозкультур Курганского НИИСХ, на основании которой можно выбрать не только наиболее выгодные культуры, но и технологии их выращивания с учетом севооборотов [7].

В Курганском НИИСХ создана база знаний, формализованная в основном на естественном вербальном языке в виде агросправки. Она размещена на сайте института и включает следующие сведения: описание культур; характеристику почв; сроки посева культур; нормы высева семян; характеристику сортов; описание способов обработки почвы, посева и уборки; рекомендации по расчету доз удобрений; описание сорных растений; описание болезней культур; описание вредителей и другие материалы [8]. Описательный характер базы знаний на естественном языке не позволяет напрямую использовать ее в алгоритмах автоматического проектирования систем земледелия, она служит основой для базы знаний следующего уровня, формализованной в виде различных методик, схем, алгоритмов, планов, таблиц и отношений между ними, которая может использоваться в автоматизации проектирования технологий выращивания сельхозкультур.

База знаний, формализованная в виде таблиц агротехнической информации, также создана в институте и отличается конкретностью, позволяющей формализовать процесс проектирования систем земледелия [9]. Она содержит следующие сведения:

- описание агроландшафтных районов;
- распределение территории области по агроландшафтным районам;
- типичные агроэкологические группы земель по агроландшафтным районам области;
- гранулометрический (механический) состав почв;
- рекомендуемый перечень культур по агроландшафтным районам области;
- урожайность культур в зависимости от агроландшафтного района, агроэкологической группы земель, предшественника и уровня интенсификации;
- предшественники по агроландшафтным районам области;
- сорта по агроландшафтным районам области;

– нормы высева семян по агроландшафтным районам области;

- дозы внесения удобрений по культурам в зависимости от агроландшафтного района, агроэкологической группы земель, предшественника;
- перечень средств защиты растений;
- перечень технологических операций.

Программа после введения местонахождения предприятия автоматически определяет агроландшафтный район и соответствующие параметры технологий. Следует отметить, что в базе в настоящее время недостает формализованной информации, алгоритмов для автоматического принятия решений. Это связано с недостатком экспериментальных данных и моделей по ранее полученной информации. В связи с этим не ставится задача полной автоматизации процесса проектирования, она скорее выполняет функцию экспертно-советующей системы. Пользователи имеют возможность редактировать проекты: изменять параметры, операции, агрегаты.

Технологии выращивания сельхозкультур должны быть наделены ресурсами, а реализация полученной продукции должна обеспечивать расширенное воспроизводство, что предполагает экономические расчеты и создание соответствующей базы знаний экономической информации, формализованной в виде таблиц: уровень интенсификации, цены, вид оплаты труда, разряды работ, тарифные ставки, общие и специальные доплаты, премии, продолжительность рабочего дня, коэффициенты использования рабочего времени, сроки полезного использования основных средств, годовая загрузка машин, нормы выработки и расхода горючего, техники на полевых и стационарных работах. Следует отметить, что в связи с ликвидацией Роснсагропрома сельхозпредприятия лишились обоснованных норм выработки и расхода горючего на сельскохозяйственных полевых работах. Соответственно, исчезла база экономических норм для расчета технологических карт и планирования растениеводства. Предприятия вынуждены использовать собственные приблизительные данные. В данном случае спутниковый мониторинг может значительно повысить точность учета полевых работ и обосновать нормы выработки.

При проектировании технологий выращивания сельхозкультур целесообразно часть полей, имеющих сходные характеристики, объединить в типовые группы по таким основным атрибутам, как агроландшафтный район, агроэкологическая группа земель, агроэкологический тип и гранулометрический состав почв, предшественник. Для группировки полей можно использовать несколько методов: 1) кластерного анализа параметров полей; 2) обработки данных фото и спектральных снимков, индексов NDVI; 3) картирования урожайности культур [10].

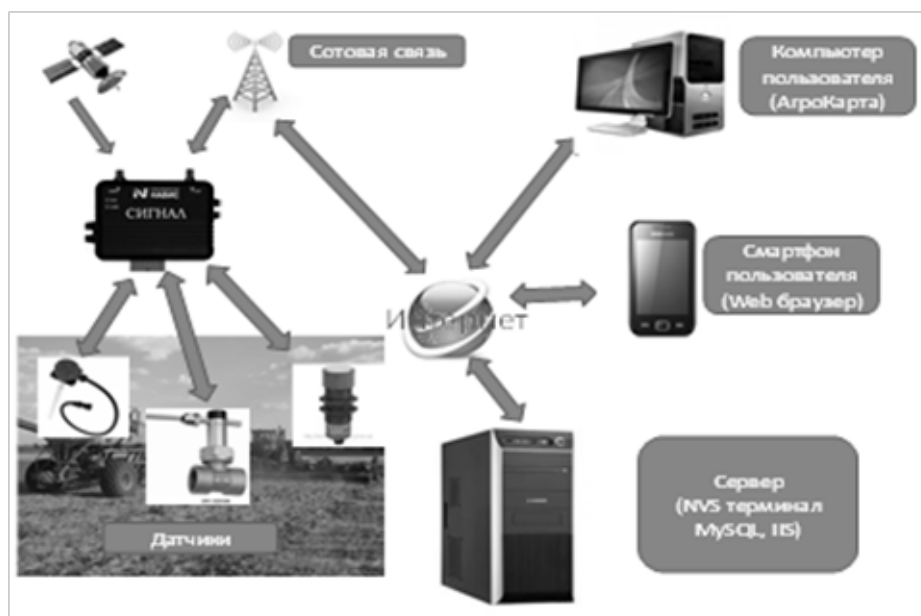


Рис. 1. Схема передачи данных в программе «Агромонитор»
Fig. 1. Data transfer scheme in the "Agromonitor"

Для отдельных типов полей Курганским НИИСХ будут разработаны параметры технологий с учетом уровня интенсификации: способы обработки почвы, нормы высева семян, сорта, дозы удобрений, определены уровни урожайности культур и информационная база для адаптирования технологий к условиям предприятия.

Одним из основных источников информации для проектирования технологий выращивания сельхозкультур являются электронные карты и книги истории полей. В связи с тем, что в существующие на рынке программы по созданию электронных карт невозможно внести собственные базы данных и алгоритмы их обработки, институт вынужден был самостоятельно разработать компьютерные программы по формированию электронных карт и мониторингу полевых работ «Агрокарта» и «Агромонитор». Как и в других подобных программах, в них предусмотрена база данных (электронная книга истории полей), по каждому параметру которой можно построить тематическую карту, наглядно представляющую состояние почв, культур, технологий и организацию полевых работ. Они позволяют также провести группировку полей [11, 12].

Для групп полей в информационной базе предусмотрен выбор типовых технологических карт. Программа рассчитывает потребность ресурсов, затраты, стоимость продукции и потенциальную прибыль. Если типовые технологии и экономические параметры требуют корректировки, то это осуществляется с помощью той же программы: пользователь имеет возможность исключать или добавлять другие операции, агрегаты, изменять параметры технологий, урожайность культур.

Несмотря на то, что на рынке имеется достаточное предложение средств по дистанционному контролю использования земли, техники и состояния агроценозов, авторами создана собственная программа «Агромонитор», которая в отличие от других может формировать отчеты, необходимые для проектирования технологий выращивания сельхозкультур. Система при наличии соответствующих датчиков с помощью мобильного терминала по каналу сотовой связи и далее через интернет на сервер баз данных передает параметры технологических операций (местонахождение агрегата, скорость движения, глубину заделки и норму высева семян), а также расход горючего, время и объем выполненной работы и собранной продукции. Сервер может стоять в любом месте, например в офисе предприятия. Информация при необходимости выводится на электронную карту полей. Далее пользователь через локальную сеть или интернет получает цифровую и визуальную информацию на своем компьютере или смартфоне (телефоне) (рис. 1).

Выводы. Программный комплекс Курганского НИИСХ по проектированию технологий выращивания сельхозкультур – один из вариантов соединения научных знаний по земледелию с современными геоинформационными технологиями, позволяющий существенно повысить оперативность и обоснованность проектирования технологий, осуществлять расчет технологических карт, осуществлять контроль их выполнения. Для повышения уровня автоматизации при проектировании необходимо разработать ряд моделей на основе экспериментальных данных, а также на основе мониторинга и системного анализа технологий в производстве.

Литература

1. В Минсельхозе России обсудили развитие информационных сервисов в АПК : статья. URL : <http://www.mcx.ru/news/news/show/58373.355.htm>
2. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Новосибирской области. Новосибирск, 2002. 388 с.
3. Методика проектирования базовых элементов адаптивно-ландшафтной системы земледелия. М., 2010. 85 с.
4. Система адаптивно-ландшафтного земледелия Курганской области : монография. Куртамыш, 2012. 494 с.
5. Горпинченко К. Н., Луценко Е. В. Прогнозирование и принятие решений по выбору агротехнологий в зерновом производстве с применением методов искусственного интеллекта (на примере СК-анализа) : монография. Краснодар, 2013. 168 с.
6. Луценко Е. В. Метризация измерительных шкал различных типов и совместная сопоставимая количественная обработка разнородных факторов в системно-когнитивном анализе и системе «Эйдос» // Научный журнал КубГАУ. 2013. № 8. URL : <http://ej.kubagro.ru/2013/08/pdf/58.pdf>.
7. Официальный сайт Курганского НИИСКХ. URL : <http://kurganniish.ru>.
8. Агросправка : база данных Курганского НИИСКХ. URL : <http://kurganniish.ru/AgroGuide/quick/Default.html>.
9. Степных Н. В., Копылова С. А. Влияние экономических факторов на выбор технологии выращивания зерновых культур // Аграрный вестник Урала. 2015. № 6. С. 90–93.
10. Фундаментальные и прикладные исследования по точному земледелию: основные направления. URL : <http://svetich.info/publikacii/tochnoe-zemledelie/fundamentalnye-i-prikladnye-issledovaniy.html>
11. Степных Н. В., Заргарян А. М. Электронная карта полей – инструмент пополнения знаний по земледелию // Научное обеспечение сельскохозяйственной отрасли в современных условиях : мат. Всероссийской науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию со дня рождения К. И. Карповича. Ульяновск, 2016. С. 358–362.
12. Современные технологии и оборудование для систем точного земледелия : науч.-аналит. обзор. М., 2014. 80 с.

References

1. The Ministry of Agriculture of the Russian Federation discussed development of information services in agrarian and industrial complex : article. URL : <http://www.mcx.ru/news/news/show/58373.355.htm>
2. Adaptive and landscape systems of agriculture of the Novosibirsk region. Novosibirsk, 2002. 388 p.
3. Technique of design of basic elements of adaptive and landscape system of agriculture. M, 2010. 85 p.
4. System of adaptive and landscape agriculture of the Kurgan region : monograph. Kurtamysh, 2012. 494 p.
5. Gorpinchenko K. N., Lutsenko E. V. Prediction and decision-making at the choice of agrotechnologies in grain production using methods of an artificial intelligence (on the example of the SK-analysis) : monograph. Krasnodar, 2013. 168 p.
6. Lutsenko E. V. Metrization of measuring scales of different types and joint comparable quantitative processing of heterogeneous factors in the system and cognitive analysis and the Eidos system // Scientific Bulletin of Kuban State Agrarian University. 2013. № 8. URL : <http://ej.kubagro.ru/2013/08/pdf/58.pdf>.
7. Official site of Kurgan Scientific Research Institute of Agriculture. URL : <http://kurganniish.ru>.
8. Agrohelp : database of Kurgan Scientific Research Institute of Agriculture. URL : <http://kurganniish.ru/AgroGuide/quick/Default.html>.
9. Steppe N. V., Kopylova S. A. Influence of economic factors on a choice of technology of cultivation of grain crops // Agrarian Bulletin of the Urals. 2015. № 6. P. 90–93.
10. Basic and applied researches on exact agriculture: main directions. URL : <http://svetich.info/publikacii/tochnoe-zemledelie/fundamentalnye-i-prikladnye-issledovaniy.html>
11. Stepnykh N. V., Zargaryan A. M. An electronic card of fields – the instrument of addition of knowledge of agriculture // Scientific support of agricultural branch in the modern conditions : proc. of all-Russian scient. and pract. symp. dedicated to the 75th anniversary of K. I. Karpovich. Ulyanovsk, 2016. P. 358–362.
12. The modern technologies and equipment for systems of exact agriculture : scient. analysis. M., 2014. 80 p.