

УДК 631.17:004.65

## **БАЗА ДАННЫХ АВТОМАТИЧЕСКОЙ МЕТЕОСТАНЦИИ ДЛЯ ЦИФРОВОГО ОПЫТНОГО ХОЗЯЙСТВА ВУЗА**

**Родимцев С.А., доктор технических наук, доцент,  
тел. 8-905-856-65-56, [rodimcew@yandex.ru](mailto:rodimcew@yandex.ru)  
ФГБОУ ВО Орловский государственный университет  
Павловская Н.Е., доктор биологических наук, профессор,  
тел. 8(4862) 76-10-21, [ninel.pavlovskaya@yandex.ru](mailto:ninel.pavlovskaya@yandex.ru)  
ФГБОУ ВО Орловский ГАУ**

**Ключевые слова:** учебное опытное хозяйство, автоматическая метеостанция, база данных, точное земледелие

Реализация задач точного земледелия требует инструментария моделирования и прогноза вегетационного процесса возделываемых культур. Одним из источников информации, как средства оценки и преобразования информации становятся базы данных. Рост и развитие растений существенно зависит от внешних условий. В цифровом агрохозяйстве, их регистрация и транслирование на тематический сервер осуществляется автоматической метеостанцией. В работе представлены результаты формирования электронной базы агрометеоданных учебного опытного хозяйства, доступной для широкого круга пользователей вуза.

**Введение.** В последние годы в мировом сельскохозяйственном производстве все более востребованными являются технологии точного земледелия (ТЗ) [1]. Важная роль в практической реализации ТЗ принадлежит регулярному мониторингу посевов и управлению продуктивностью возделываемых культур, на основе инструментов цифровой трансформации сельского хозяйства [2]. Так, одним из методов получения оперативной информации о состоянии посевов стала оценка показателей, характеризующих течение вегетативного процесса, как функции. При этом, большинство авторов сходятся во мнении, что к числу факторов, коррелирующих с показателями жизненных процессов растений (и, во многом, определяющие их) относятся метеорологические и почвенно-климатические параметры [3, 4]. Отмечается [5], что адекватность математических моделей будет зависеть от глубины ретроспективы данных, положенных в основу корреляционно-регрессионного анализа. Следовательно, все большую значимость приобретают накопление, хранение и актуализация соответствующей цифровой информации.

Опытное хозяйство Орловского аграрного университета располагает цифровой платформой на базе комплексной системы управления предприятием (КСУ) Agro Network Technologies (ANT) [6]. Для управления урожайностью культур применяются технологии дистанционного зондирования Земли; используются метеорологические и почвенные данные. В соответствии с планами развития опытного цифрового хозяйства, для оценки влияния на процесс вегетации растений почвенно-климатических показателей, предусматривалось формирование базы данных (БД) метеорологических и почвенно-климатических параметров.

Материалы данной БД должны лечь в основу факторного анализа при прогнозном моделировании урожайности зерновых и других культур. Кроме того, находящиеся в свободном доступе данные будут востребованы учеными, специалистами и обучающимися университета во время решения различных научно-производственных и учебно-образовательных задач.

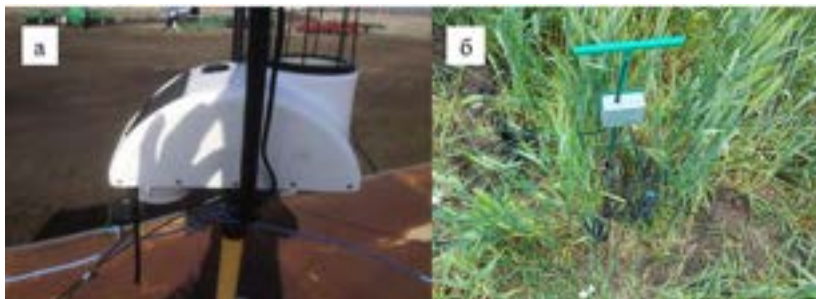
Таким образом, цель настоящей работы состояла в разработке БД агрометеорологических параметров, в условиях опытного поля Орловского ГАУ.

Задачами исследования являлось:

- подбор удовлетворяющего требованиям возможности транслирования данных и типичности участка для размещения метеоконцентра;
- подключение метеостанции к КСУ ANT;
- разработка простой и доступной для большинства пользователей БД агрометеорологических показателей.

**Материалы и методы исследований.** Исходными материалами для исследования послужила информация из открытых источников. Кроме того, использованы данные метеоусловий, которые были получены в процессе эксплуатации метеостанции на учебно-производственных участках Орловского ГАУ.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Для получения метеорологических и почвенно-климатических характеристик, в сельскохозяйственном производстве широко применяются автоматические метеорологические станции (АМС) [7]. Измерение метеопараметров в опытном цифровом хозяйстве университета также производится автоматической метеостанцией «Сокол-М» (рис. 1, а), принадлежащей Научно-образовательному центру (НОПЦ) «Интеграция» Орловского ГАУ. Удаленная передача данных по влажности и температуре в различных почвенных горизонтах, а также влажности листа, при локальных измерениях, осуществляется с выносного автономного модуля «Сокол-БМВД» метеостанции (рис. 1, б).



**Рисунок 1 – Автоматическая метеорологическая станция «Сокол-М» (а) и выносной модуль «Сокол БМВД» (б)**

По условиям равноудаленности от границ периметра опытного хозяйства, стационарное положение метеостанции определено координатами 52°49'32.1"N. Устойчивость связи метеостанции с выносным модулем обеспечивается его установкой на расстоянии не более 5 км, в зоне прямой видимости. Так, в полевом эксперименте 2021 года, модуль «Сокол-БМВД» располагался вблизи опытных делянок. С учетом имеющихся объектов инфраструктуры, удаление выносного модуля от базовой АМС не превышало 1,2 км (рис. 2). Регистрация значений температуры и влажности почвы осуществлялась в горизонтах 10, 20 и 30 см.

В соответствии с сетевым протоколом, измеряемые параметры передаются на тематический сервер с установленной периодичностью. Режим генерирования отправки сообщений может варьироваться от 10 до 59 мин. [8]. Информация, в кодированном виде транслированная на сервер, обрабатывается и передается в облачный сервис для хранения.

Зарегистрированный в системе и имеющий доступ к БД АМС пользователь может получить интересующую его информацию несколькими способами:

- непосредственно, при подключении к метеостанции;
- с тематического сервера, обращением к portalу sokolmeteo.com [9].

Кроме того, благодаря заведению сервиса Сокол-М в структуру цифровой платформы опытного хозяйства, информация по метеоданным регулярно актуализируется в базовом приложении «Метео» комплексной системы управления предприятием ANT (рис. 3).



**Рисунок 2 – Размещение АМС «Сокол-М» и модуля «БМВД» на площади НОПЦ «Интеграция» ФГБОУ ВО Орловский ГАУ**



**Рисунок 3 – Скриншот окна «Метео» сервиса ANT комплексной цифровой системы управления предприятием**

Для удобства пользования сервисом Sokolmeteo, данные по почвенно-климатическим параметрам могут предоставляться в табличной форме, либо в графической интерпретации. Расшифровка передаваемого метеостанцией пакета информации, представлена в табл. 1.

Задача предоставления возможности использования данных метеостанции широкому кругу лиц (не обладающими пользовательскими

правами БД АМС и АНТ), обусловила необходимость создания более доступного варианта базы агрометеоданных.

Предлагаемая в настоящей работе БД представляет собой объединенные каталогом OreISAU\_meteo 33 файла формата Excel. Каждый файл содержит месячную информацию по всем параметрам, зарегистрированным АМС и ее выносным модулем на территории НОПЦ «Интеграция» (рис. 4). Имя каждого файла характеризует его содержание, относительно периода получения информации. Так, например, метеорологические и почвенно-климатические параметры за август 2020 года содержатся в файле «08.2020.xlsx»; за январь 2021 года – в файле «01.2021.xlsx» и т.д. Ретроспектива информационных материалов охватывает период с апреля 2019 года по декабрь 2021 года. В файле «designations.xlsx» приведена расшифровка обозначений, принятых для измеряемых метеостанцией параметров.

**Таблица 1 - Расшифровка пакета информации, передаваемого метеостанцией на тематический сервер**

Обозначение	Наименование параметра	Размерность
Автоматическая метеостанция «Сокол-М»		
Upow	Напряжение аккумулятора	В
WD	Направление ветра	градусы
WV	Скорость ветра	м с <sup>-1</sup>
WM	Порыв ветра	м с <sup>-1</sup>
t	Температура окружающего воздуха	°С
PR	Атмосферное давление	гПа
HM	Относительная влажность	%
RN	Количество осадков	мм
UV	Уровень ультрафиолетового излучения	Вт м <sup>-2</sup>
UVI	Накопленное значение ультрафиолетового излучения	Дж
L	Накопленное значение освещенность	лк
LI	Накопленное значение видимого излучения	Дж
LO	Высота снежного покрова	см
KS	Объем фотографии	байт
EVS	Накопленные события и ошибки	-
RSSI	Показатель уровня принимаемого сигнала GSM	0...31 (0 – низкий, 31 – высокий)
Uext	Напряжение внешнего источника	В
TR	Количество переданных сообщений	единиц
Выносной модуль «Сокол-БМВД»*		
ExNT0:1*:T	Температура почвы	°С
ExNH1:1*:H	Влажность почвы	%
ExNI6:1:L	Влажность листа	%
ExNU:2:4.32	Напряжение питания изделия «СОКОЛ-БМВД»	В
ExNR:1:-98	Уровень сигнала от изделия «СОКОЛ-БМВД»	дБм

*\*порядковый номер датчика*

Для удобства поиска и работы с данными, предлагаемая БД включает функции построения диаграмм и автоматического расчета основных статистических характеристик. Данные функции выполнены на базе утилит, входящих в пакет Excel и реализуются одним кликом. Для удобства и доступности пользования предлагаемой БД, информация регулярно тиражируется и рассылается подразделениям и службам университета. Так, на основе данного информационного источника и ранее разработанных прогностических моделей [10], в течение всего вегетативного сезона ведется наблюдение за ходом развития зерновых культур. При необходимости осуществляется оперативная корректировка реализуемого технологического цикла. Это способствует созданию условий для снижения сельскохозяйственных рисков и повышения продуктивности возделываемых культур.

The image is a screenshot of a Microsoft Excel spreadsheet. The spreadsheet contains a large table of data with many columns and rows. The columns are labeled with various parameters, and the rows contain numerical data. The interface shows the standard Excel ribbon with tabs like 'Formulas', 'Data', and 'Tools'. The data appears to be organized in a structured manner, possibly representing a database export.

**Рисунок 4 – Скриншот файла БД OreISAU\_meteo**

БД почвенно-климатических параметров постоянно пополняется и совершенствуется. В настоящее время ведется работа по созданию программы для ЭВМ «Агрометеорологические и почвенно-климатические условия опытного поля Орловского ГАУ», функциональные особенности которой намного шире статичной БД.

**Заключение.** Результаты выполненной работы позволили подвести следующие итоги:

1. Реализация задач точного земледелия должна основываться на применении передовых информационных технологий, одним из элементов которых является управление производственным процессом.

2. Достоверность прогностических моделей условий процесса вегетации и урожайности культур во многом определяется временными рядами агрометеорологических и почвенно-климатических данных.

3. Обоснована оптимальная локация комплекса автоматической метеостанции, для получения метеоданных на опытных полях Орловского ГАУ.

4. Для использования данных автоматической метеостанции лицами, не обладающими пользовательскими правами, предложен доступный вариант базы агрометеоданных, на базе приложения Microsoft Excel.

Работа выполнена в рамках тематического плана-задания на выполнение НИР по заказу Минсельхоза России за счет средств федерального бюджета в 2021 году (регистрационный номер НИОКТР № 121091400023-3 от 14.09.2021 г.).

### Библиографический список

1. L. Loures, A. Chamizo, P. Ferreira, A. Loures, R. Castanho and T. Panagopoulos. Assessing the Effectiveness of Precision Agriculture Management Systems in Mediterranean Small Farms. Sustainability 2020, 12, 3765; doi:10.3390/su12093765.

2. A. Subramanian. Harnessing digital technology to improve agricultural productivity? PLoS ONE 16(6): e0253377. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253377>.

3. R. Lecerf, A. Ceglar, R. López-Lozano, M. Van Der Velde, B. Baruth. Assessing the information in crop model and meteorological indicators to forecast crop yield over Europe. Agricultural Systems. 168 (2019). 191-202.

4. D. Marusig, F. Petruzzellis, M. Tomasella, R. Napolitano, A. Altobelli and A. Nardini. Correlation of Field-Measured and Remotely Sensed Plant Water Status as a Tool to Monitor the Risk of Drought-Induced Forest Decline. Forests 2020, 11, 77; doi:10.3390/f11010077.

5. M. Sadenova, N. Beisekenova, M. Rakhymberdina, P. Varbanov and J. Klemeš. Mathematical Modelling in Crop Production to Predict Crop Yields. 2021. Chemical Engineering Transactions, 88, 1225-1230 DOI:10.3303/CET2188204.

6. Родимцев С.А., Гуляева Т.И., Еремин Л.П. и др. Развитие опытно-производственного хозяйства аграрного вуза на основе реализации цифровых платформенных решений. Монография. Орёл, 2021. 206 с. ISBN: 978-5-93382-357-5.

7. R. Carlesso, M. Petry, C. Trois. The use of a meteorological station network to provide crop water requirement information for irrigation management. In: Li D., Zhao C. (eds) Computer and Computing Technologies in Agriculture II,

Volume 1. CTA 2008. IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol 293. Springer, Boston, MA. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0209-2\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0209-2_3).

8. Автоматическая метеорологическая станция «Сокол-М». Паспорт МС1.41631.002ПС. Казань 2020 [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://www.fmeter.ru/download/\\_ftp/meteo-kontrol/sokol.pdf?v=031120112839](https://www.fmeter.ru/download/_ftp/meteo-kontrol/sokol.pdf?v=031120112839).

9. Сокол-М. Официальный сайт. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://sokolmeteo.com/my/desktop>.

10. «Исследование и практическое применение новых систем защиты сельскохозяйственных культур, на основе прогнозирования урожайности, с использованием спектральных характеристик аэрофотосъемок и данных автоматической метеостанции». Павловская Н.Е. и др. ФГБОУ ВО Орловский ГАУ. Отчет о НИР (регистрационный номер НИОКТР № 121091400023-3 от 14.09.2021 г.).

## **DATABASE OF AUTOMATIC WEATHER STATION FOR THE DIGITAL EXPERIMENTAL FACILITY OF THE UNIVERSITY**

**Rodimtsev S.A., Pavlovskaya N.E.**

**Keywords:** *educational experimental farm, automatic weather station, database, precision farming*

*The implementation of precision farming tasks requires tools for modeling and forecasting the vegetation process of cultivated crops. Databases are becoming one of the sources of information as a means of evaluating and transforming information. The growth and development of plants significantly depends on external conditions. In digital agriculture, their registration and transmission to the thematic server is carried out by an automatic weather station. The paper presents the results of the formation of an electronic database of agrometeorological data of the educational experimental farm, available to a wide range of university users.*