

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ УВЛАЖНЕНИЯ РАСЧЕТНОГО СЛОЯ ПОЧВЫ

СОЛОВЬЕВ Дмитрий Александрович, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

КОРСАК Виктор Владиславович, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

КАМЫШОВА Галина Николаевна, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

МИТЮРЕВА Ольга Николаевна, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

ТЕРЕХОВ Павел Олегович, Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского

В статье приведены результаты разработки цифровой технологии оптимизации параметров увлажнения расчетного слоя почвы. Внедрение технологий точного орошения требует разработки новых подходов к разработке систем поддержки принятия решений их технической реализации на современных высокоуровневых языках программирования. Разработанная компьютерная программа определения оптимальных параметров увлажнения расчетного слоя почвы для основных поливных культур Саратовской области проста в применении и легко интегрируется в цифровые автоматизированные системы оперативного управления поливами.

86

АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

1
2021

Введение. Сельское хозяйство играет значительную роль в экономической жизни любого государства. Важнейшим конкурентным преимуществом нашей страны являются ее значительные земельные и водные ресурсы. Саратовская область, являясь традиционным аграрным регионом, входит в число лидеров Приволжского федерального округа как по доле сельскохозяйственных угодий в общей площади земель сельскохозяйственного назначения, так и по вкладу в вовлечение пашни в сельскохозяйственный оборот [2].

Экономические требования сельскохозяйственного производства обуславливают расширение посевов современных, богатых протеинами кормовых культур, прежде всего в благоприятных для них регионах, одним из которых является засушливое Среднее и Нижнее Поволжье.

Однако, в силу того, что регион является зоной рискованного земледелия, возделывание многих сельскохозяйственных культур возможно здесь только при орошении. При этом оросительные нормы, например, для сои меняются от 1300 до 4900 м³/га в зависимости от сельскохозяйственной микрозоны и дефицита водного баланса вегетационного периода [8]. Причем потребность в поливе может существенно возрасти в будущем если оправдаются негативные сценарии глобального изменения климата [6].

Наиболее перспективным подходом к решению проблемы повышения экономической и экологической эффективности эксплуатации поливных земель является разработка и внедрение современных цифровых технологий, ори-

ентированных на оптимальное распределение и доставку влаги поливным культурам [5]. Российский рынок сельскохозяйственных цифровых технологий, в том числе программно-информационных средств, ориентированных на управление режимами орошения поливных культур весьма ограничен [9]. В этой связи становится актуальной задача научных исследований в области разработкой цифровой технологии определения оптимальных параметров увлажнения расчетного слоя почвы, дифференцированных по фазам роста и развития возделываемой культуры и учитывающих водно-физические особенности почвенных горизонтов участков орошаемого поля и ее внедрения в практику орошаемого земледелия как Саратовской области, так и России. Разработкой программ и методов управления орошением на основе программ и цифровых технологий различной направленности занимались как отечественные [4], так и зарубежные ученые [10, 11, 12].

Методика исследований. Исследования по созданию цифровой технологии оптимизации параметров увлажнения расчетного слоя почвы проводились в Саратовской области. Объектом исследований выступают параметры увлажнения почвы для дифференциации режимов орошения и современные цифровые технологии их оптимизации.

Одним из наиболее действенных методов уменьшения водоподачи и одновременной экономии оросительной воды является применение режимов орошения сельскохозяйственных культур,



дифференцированных по предполивному порогу влажности и расчетной глубине увлажняемого слоя почвы в течение всей вегетации растений (например, [3]), рис. 1. Использование дифференцированных по предполивному порогу влажности режимов орошения дает экономию оросительной воды 450–650 м³/га, а на отдельных культурах, например, сое – до 1080 м³/га [7].

В основу цифровой технологии оптимизации параметров увлажнения расчетного слоя почвы положены базы данных и знаний определения оптимальных параметров увлажнения расчетного слоя почвенных разностей Саратовской области для основных поливных культур, на основе которых разработана компьютерная программа на высокоуровневом языке программирования Python. Разработанная программа определения оптимальных параметров увлажнения расчетного слоя почвы интегрируется в автоматизированную систему оперативного управления поливами и имеет возможность масштабирования как веб-приложения.

Результаты исследований. Оптимальное пространственное (по площади орошаемых участков с учетом разнообразия водно-физических свойств почвенного покрова) и временное (учитывающее фазу роста и развития, а также текущие метеоусловия) распределение и доставка поливным сельскохозяйственным культурам оросительной влаги лежит в основе современных методов точного земледелия.

На основе анализа условий поливного земледелия Саратовской области были установлены дифференциации режимов орошения поливных культур (озимая пшеница, кукуруза, люцерна, соя, сахарная свекла,

просо, картофель, сорго, козлятник, костер) по предполивному порогу влажности и глубине увлажняемого слоя почвы. На этой основе определена структура и наполнение базы данных и знаний для определения оптимальных параметров увлажнения расчетного слоя почвенных разностей Саратовской области для основных поливных культур (рис. 2).

Применение современных интернет технологий в орошении невозможно без использования современных высокоуровневых, объектно-ориентированных языков программирования. Для создания программы расчета оптимальных параметров увлажнения нами был использован язык программирования Python (Питон). Python – активно развивающийся язык программирования. В настоящий момент Python занимает третье место в рейтинге TIOBE с показателем 10,2 % [1]. Многие известные компании (например, Spotify, Amazon, NASA) используют Python для анализа данных и создания рекомендаций, систем автоматизации процессов и т.п.

Программа расчета оптимальных параметров увлажнения разработана с учетом возможности масштабирования ее как веб-приложения. Веб-приложения не требуют установки дополнительного программного обеспечения на стороне клиента, а вся логика, в основном, выполняется на стороне сервера. Для отображения пользовательского интерфейса используется браузер – программа.

В процессе работы консольной версии программы, реализующей приведенный выше алго-

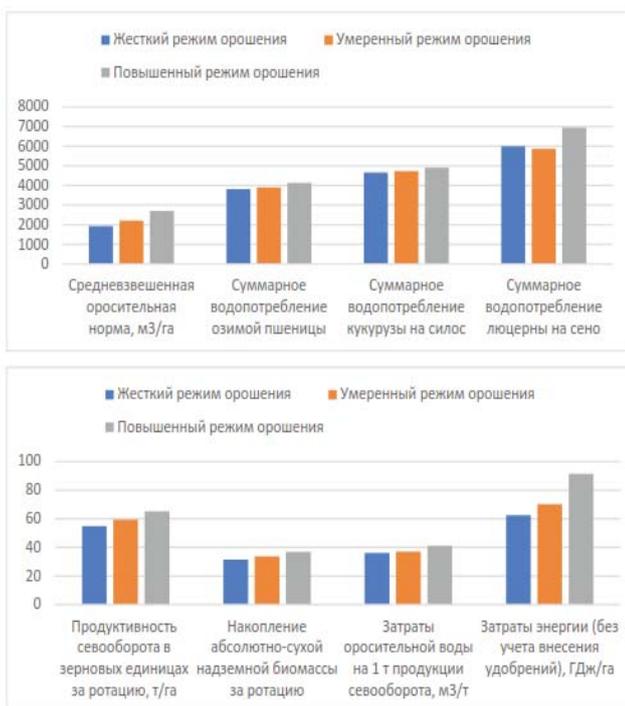


Рис. 1. Сравнительные показатели режимов орошения полевых культур



Рис. 2. Структура и наполнение базы данных и знаний для определения оптимальных параметров увлажнения

ритм расчета оптимальных параметров увлажнения на основе разработанных баз данных, выполняются следующие шаги:

Из базы данных выбирается тип почвы (рис. 3, а).

Из базы данных выбирается гранулометрический состав почвы (рис. 3, б).

Выбирается сельскохозяйственная культура (рис. 4, а).

Выбирается фаза роста и развития сельскохозяйственной культуры (рис. 4, а).

Полученный запрос обрабатывается и происходит исполнение программного кода и формирования ответа об оптимальных поливных нормах и дополнительной информации (рис. 4, б).

Разработанная программа определения оптимальных параметров увлажнения расчетного слоя почвы является элементом цифровой автоматизированной системы оперативного управления поливами, структурная схема которой приводится на рис. 5.

Заключение. Совершенствование технологий и технических средств обеспечения оптимального водного режима орошаемых посевов засушливых регионов России является актуальной задачей отечественной науки. В статье представлены результаты разработки цифровой технологии оптимизации параметров увлажне-



Рис. 5. Структурная схема оперативного управления поливами

ния расчетного слоя почвы на основе создания баз данных и знаний для определения оптимальных параметров увлажнения расчетного слоя почвенных разностей Саратовской области для основных поливных культур. Разработана компьютерная программы определения оптимальных параметров увлажнения расчетного слоя почвенных разностей Саратовской области для основных поливных культур на высокоуровневом, объектно-ориентированном языке программирования Python, что позволяет интегрировать ее в цифровую автоматизированную систему оперативного управления поливами. Разработанная цифровая технология определения оптимальных параметров увлажнения расчетного слоя почвы для основных поливных культур Саратовской области будет востребована в орошаемых сельскохозяйственных предприятиях и организациях мелиоративного комплекса вследствие простоты ее использования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буйначев С.К., Боклаг Н.Ю. Основы программирования на Python – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 91 с.
2. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2018 году. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 340 с.
3. Кравчук А.В., Корсаков В.В., Кудайбергенова И.Р., Улданов А.Г. Установление слоя увлажнения по корневой системе кукурузы // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). – 2020. – № 5 (74). – С. 34–36.
4. Кружилин И.П., Лобойко Л.И. Управление водным режимом почв с помощью прикладных программ ЭВМ // Проблемы научного обеспечения и экономической эффективности орошаемого земледелия в рыночных условиях: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Волгоград: Волгоградская гос. с.-х. акад., 2001. – С. 19–20.
5. Ольгаренко Г.В. Ресурсосберегающие эффективные экологически безопасные технологии и тех-

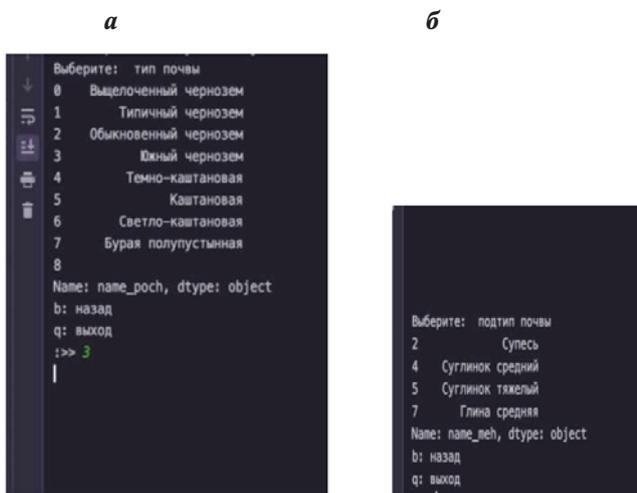


Рис. 3. Экранные формы выбора типа почвы (а) и гранулометрического состава (б)

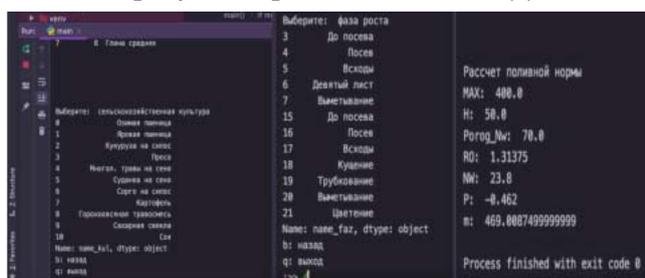


Рис. 4. Экранные формы выбора с.-х. культуры и ее фазы роста и развития (а) и вывода оптимальных параметров увлажнения (б)

На экранной форме:

MAX – максимальная поливная норма, м³/га;
 POROG_NW – предполивной порог влажности, % от наименьшей влагоемкости;
 t – расчетная поливная норма, м³/га.



нические средства орошения: справочник / Г.В. Ольгаренко [и др.]. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. – 264 с.

6. Официальный сайт Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК – IPCC). – Режим доступа: www.ipcc.ch/home_languages_main_russian.htm.

7. Пронько Н.А., Морковин В.Т., Холуденева О.Ю., Корсак В.В. Автоматизация расчета дифференцированных режимов орошения сельскохозяйственных культур // Экологические аспекты интенсификации сельскохозяйственного производства: материалы Международ. науч.-практ. конф. – Пенза: Пензенская гос. с.-х. акад., 2002. – Т. II. – С. 121–123.

8. Пронько Н.А., Корсак В.В., Фалькович А.С. Орошение в Поволжье: не повторять ошибок // Мелиорация и водное хозяйство. – 2014. – № 4. – С. 16–19.

9. Труфляк Е.В. Основные элементы системы точного земледелия. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 39 с.

10. Lozoya C., Mendoza C., Aguilar A., Roman A., Castello R. Sensor – Based model driven control strategy for precision irrigation // Journal of Sensors, 2016, Vol. 31, P. 1–12.

11. Navarro-Hellin H., Martinez-del-Ricon J., Domingo-Miguel R., Soto-Valles F., Torres-Sances R. A decision support system for managing irrigation in agriculture // Computers and Electronics in Agriculture, 2016, Vol. 124, P. 121–131.

12. Song X., Zhang G., Liu F., Li D., Zhao Y., Yang J. Modeling spatio-temporal distribution of soil moisture by

deep learning-based cellular automata model // Journal of Arid Land, 2016, Vol. 8, P. 734–748.

Соловьев Дмитрий Александрович, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Техносферная безопасность и транспортно-технологические машины», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Корсак Виктор Владиславович, д-р с.-х. наук, проф. кафедры «Природообустройство, строительство и теплоэнергетика», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Камышова Галина Николаевна, канд. физ.-мат. наук, доцент, зав. кафедрой «Математика, механика и инженерная графика», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Митюрева Ольга Николаевна, аспирант кафедры «Природообустройство, строительство и теплоэнергетика», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

410056, г. Саратов, ул. Советская, 60.

Тел.: (8452) 74-96-63.

Терехов Павел Олегович, магистрант, Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского. Россия.

410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83.

Тел.: (8452) 26-16-96.

Ключевые слова: цифровые технологии; оптимальные параметры; увлажнение; почва; компьютерная программа.

89

DIGITAL TECHNOLOGIES FOR OPTIMIZATION OF MOISTURE PARAMETERS OF CALCULATED SOIL'S LAYER

Solovyev Dmitry Aleksandrovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the chair “Technosphere Safety and Transport Technology Machines”, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Korsak Viktor Vladislavovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the chair “Environmental Engineering, Building and Heat Power Engineering”, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Kamyshova Galina Nikolaevna, Candidate of Physical-Mathematical Sciences, Associate Professor, Head of the chair “Mathematics, Mechanics and Engineering Graphics”, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Mityureva Olga Nikolaevna, Post-graduate Student of the chair “Environmental Engineering, Building and Heat Power Engineering”, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Terekhov Pavel Olegovich, Magstrandt, Saratov National Research State University named after N.G. Chernyshevsky. Russia.

Keywords: digital technologies; optimal parameters; moisture; soil; computer program.

The article presents the results of the development of a digital technology for optimizing the parameters of moisture in the calculated soil layer. The introduction of precision irrigation technologies requires the development of new approaches to the development of decision support systems for their technical implementation in modern high-level programming languages. The developed computer program for determining the optimal moisture parameters of the calculated soil layer for the main irrigated crops of the Saratov region is easy to use and easily integrated into digital automated irrigation control systems.

