Московский экономический журнал. № 6. 2022
Moscow economic journal. № 6. 2022
Научная статья
Original article
УДК 631.6
doi: 10.55186/2413046X_2022_7_6_337

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ КОМБИНИРОВАННОМ ПОЛИВЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

THE PROSPECTS OF USING DIGITAL TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR COMBINED IRRIGATION OF AGRICULTURAL CROPS

Акпасов Антон Павлович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, исполняющий обязанности заведующего отделом оросительных систем и гидротехнических сооружений, ФГБНУ «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации» (413123 Россия, Саратовская обл., Энгельсский р-н, р.п. Приволжский, ул. Гагарина, д. 1), тел. 8(8453) 75-44-20, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3252-7849, 1a9@mail.ru

Туктаров Ренат Бариевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела оросительных систем и гидротехнических сооружений, заместитель директора по науке, ФГБНУ «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации» (413123 Россия, Саратовская обл., Энгельсский р-н, р.п. Приволжский, ул. Гагарина, д. 1), тел. 8(8453) 75-44-20, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6063-3801, tuktarov.rb@gmail.com

Akpasov Anton P., candidate of technical sciences, senior researcher, acting head of department of irrigation systems and hydraulic structures, Federal State

Budgetary Scientific Institution «Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation» (Gagarina st., 1, w. s. Privolzhsky, Engels district, Saratov region 413123 Russia), tel. 8(8453) 75-44-20, https://orcid.org/0000-0002-3252-7849, 1a9@mail.ru

Tuktarov Renat B., candidate of agricultural sciences, leading researcher of department of irrigation systems and hydraulic structures, deputy director of science, Federal State Budgetary Scientific Institution «Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation» (Gagarina st., 1, w. s. Privolzhsky, Engels district, Saratov region 413123 Russia), tel. 8(8453) 75-44-20, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6063-3801, tuktarov.rb@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы, посвященные разработке новой отечественной оросительной техники комбинированного орошения с применением современных передовых технологических решений и телеметрических систем. Предложены структурная и конструктивная схемы автоматизированной системы комбинированного орошения (АСКО), обеспечивающая мониторинг почвенного-климатических условий территории и автоматическое управление режимом орошения сельскохозяйственных культур, описан принцип ее работы. Представлены технические решения, которые позволят дистанционно давать фактическую информацию о метеорологической ситуации и водном режиме почвы в режиме реального времени на орошаемом участке и автоматически принимать соответствующие решения о включении в работу капельного или защитного спринклерного полива для получения стабильного урожая. Для определения необходимости включения того или иного вида орошения в АСКО предусмотрен блок управления, анализирующий данные с системы мониторинга, состоящей из датчиков влажности и температуры воздуха и емкостного датчика влажности почвы. В соответствии с заданной программой блока управления или решением оператора системы определяется режим работы насосной станции. При необходимости поддержания оптимального водного режима почвы обеспечивается уровень

низкого давления в системе, а при возникновении необходимости поддержания оптимального приземного микроклимата насосная станция увеличивает давление в системе для включения защитного спринклерного орошения.

Abstract. The article discusses issues related to the development of a new domestic irrigation technology of combined irrigation with the use of modern advanced technological solutions and telemetry systems. The structural and constructive schemes of the automated combined irrigation system (ASCO) are proposed, which provides monitoring of soil and climatic conditions of the territory and automatic control of the irrigation regime of agricultural crops, the principle of its operation is described. Technical solutions are presented that will allow to remotely provide actual information about the meteorological situation and the water regime of the soil in real time on the irrigated area and automatically make appropriate decisions on the inclusion of drip or protective sprinkler irrigation in order to obtain a stable harvest. To determine the need to include a particular type of irrigation in the ASCO, a control unit is provided that analyzes data from a monitoring system consisting of humidity and air temperature sensors and a capacitive soil moisture sensor. In accordance with the specified program of the control unit or the decision of the system operator, the operating mode of the pumping station is determined. If it is necessary to maintain an optimal water regime of the soil, a low pressure level in the system is provided, and if it becomes necessary to maintain an optimal surface microclimate, the pumping station increases the pressure in the system to turn on protective sprinkler irrigation.

Ключевые слова: телеметрическая система, система мониторинга, блок управления, язык программирования, комбинированное орошение, преобразователь частоты, датчик, насосная станция

Keywords: telemetry system, monitoring system, control unit, programming language, combined irrigation, frequency converter, sensor, pumping station

Введение. На современном этапе развития научно-технологического прогресса все более широкое применение обрели цифровые технологии. Цифровизация прочно укрепилась в жизни практически каждого современного человека. Последние годы многие отечественные и зарубежные производители в сфере сельскохозяйственного производства могут предложить большой спектр продукции технологических решений, основанных на применении цифровых технологий и телеметрических систем.

В сфере гидромелиорации современные информационные технологии направлены на решение основных задач мониторинга и управления работой различными структурно-функциональными объектами мелиоративных систем, которые позволяют дистанционно с применением минимальных трудозатрат давать фактическую информацию в режиме реального времени о состоянии работы системы, водном режиме почве, погодных характеристиках и т.п.

На первоначальном этапе полученные данные, в зависимости от их типа, проходят соответствующую обработку и анализ, которые представлены комплексом качественных и количественных оценок. На следующем этапе проводится визуализация данных для интерактивного взаимодействия с оператором с целью мониторинга и принятия плановых или экстренных мер. На конечном этапе производится выбор и принятие соответствующих мер для достижения конкретных целей.

В рамках обеспечения продовольственной безопасности страны и реализации Государственной программы эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации началось интенсивное расширение орошаемых площадей в том числе и при возделывании овощных культур в степных и сухостепных регионах России. В условиях экстремально высоких летних температур, частых суховеев и больших площадей сельскохозяйственных угодий овощеводческих хозяйств без

комбинированного орошения с применением современных технологических решений получение стабильного урожая будет затруднено.

Изучению технологий применения комбинированного орошения при возделывании сельскохозяйственных культур посвящены научные исследования Бородычева В.В., Овчинникова А.С. и других ученых [2-4]. Спринклерный мелкодисперсный полив в дополнении к основному капельному показало в условиях сухостепной зоны обеспечивает существенную прибавку урожая овощных и плодовых культур, образовывая благоприятный для вегетации растений приземный микроклимат и снизив негативное влияние высоких температур.

Разработка отечественной оросительной техники комбинированного орошения с применением современных передовых технологических решений и телеметрических систем направлена на снижение трудозатрат при выращивании сельскохозяйственных культур в зоне рискованного земледелия и производить дистанционный мониторинг почвенно-метеорологических условия для принятия оперативных решений.

Научный и практический мировой опыт в сфере создания автоматизации оросительной техники и оборудования свидетельствует о необходимости применения контроллеров и одноплатных компьютеров с интегрированной программной средой, разработанной на средне и высокоуровневых языках программирования (C++, Си, Phython, Arduino IDE и т.д.). Емкостные датчики влажности почвы и датчики влажности и температуры воздуха позволят производить автоматизированный мониторинг почвенно-климатических условий сельскохозяйственных угодий в режиме реального времени. Автоматические насосные станции с горизонтальным центробежным электронасосом позволят производить плавный пуск и регулирование давления в системе орошения для управления типом полива (капельное или сприклерное).

Материалы и методы исследований. Целью исследования является разработка автоматизированной системы комбинированного орошения (АСКО) с применением современных технических решений в сфере телеметрии и цифровых технологий. Методической базой при разработке нового оросительного оборудования являются научные труды ученых ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова» (Бородычев В.В., Овчинников А.С.), положения теории технических систем (Хубка В., 1987 г.), основные положения теории проектирования новой техники (А.И. Половинкин, 1991 г., Дж. К. Джонс, 1986 г. и др.).

Объект исследования – конструктивные элементы комбинированной системы орошения, обеспечивающие мониторинг климатических условий и автоматическое управление режимом орошения. Предмет исследования – телеметрические системы управления преобразователем частоты насосной станции на основе фактических данных с датчика влажности почвы и влажности и температуры воздуха.

Результаты и обсуждение. В условиях засушливого климата Заволжья при возделывания овощных культур наряду с капельным орошением необходимо проводить мелкодисперсный полив для защиты зеленой массы растений от негативного воздействия высоких температур и сухих ветров. В связи с этим, автоматизированная система комбинированного орошения должна управлять, как и водным режимом почвы, так и приземным микроклиматом на участках орошения [1]. Структурная схема управления АСКО представлена на рисунке 1.

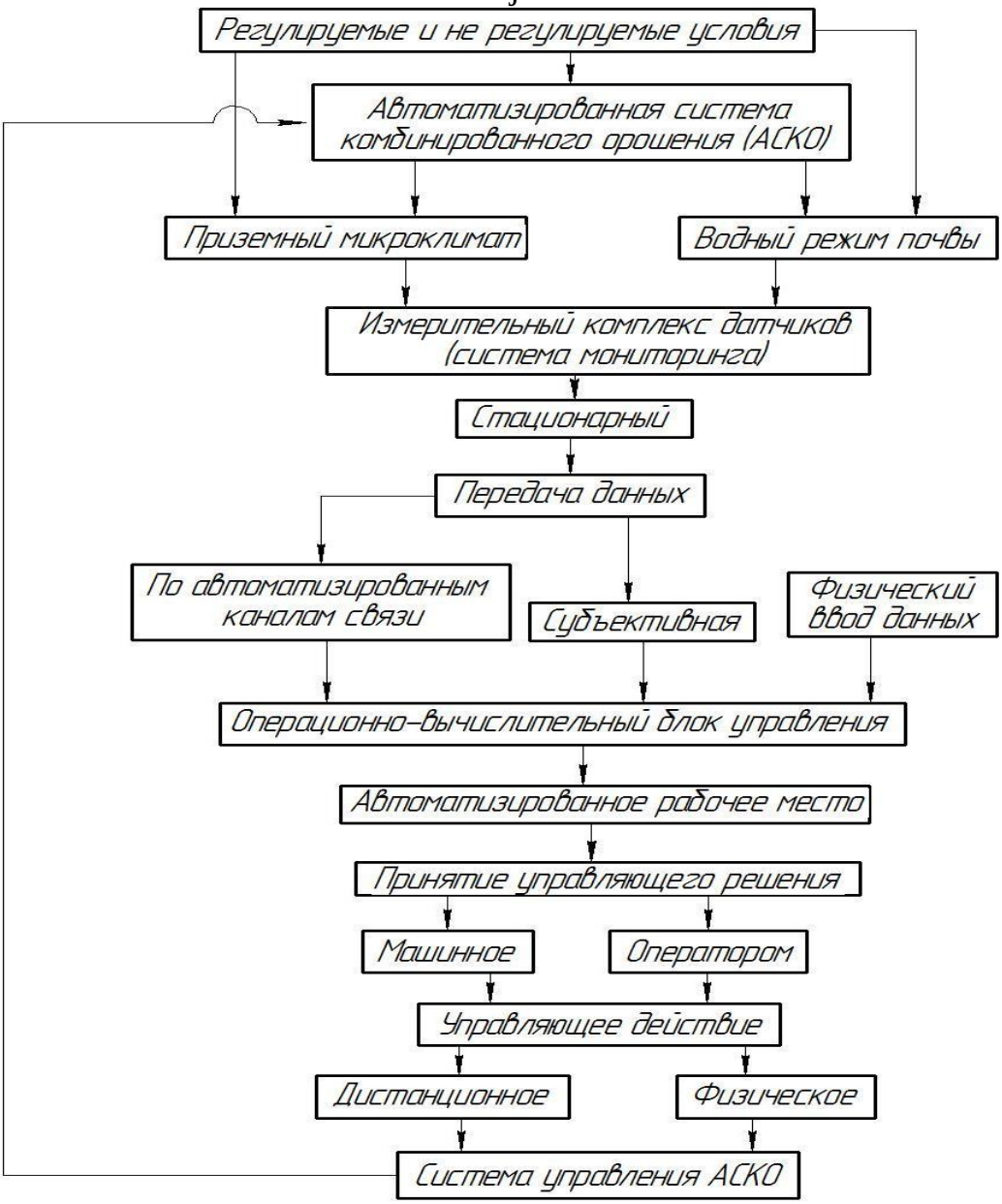

Рисунок 1 – Структурная схема управления автоматизированной системы комбинированного орошения

Конструктивная схема предлагаемой автоматизированной системы комбинированного орошения представлена на рисунке 2. АСКО включает в себя автоматическую насосную станцию, обеспечивающую водой систему и работу мелкодисперсных сприклеров, блок управления насосной станции, систему мониторинга, магистральный трубопровод, фильтр очистки воды, малые задвижки, кран регулятор давления, сеть участковых трубопроводов.

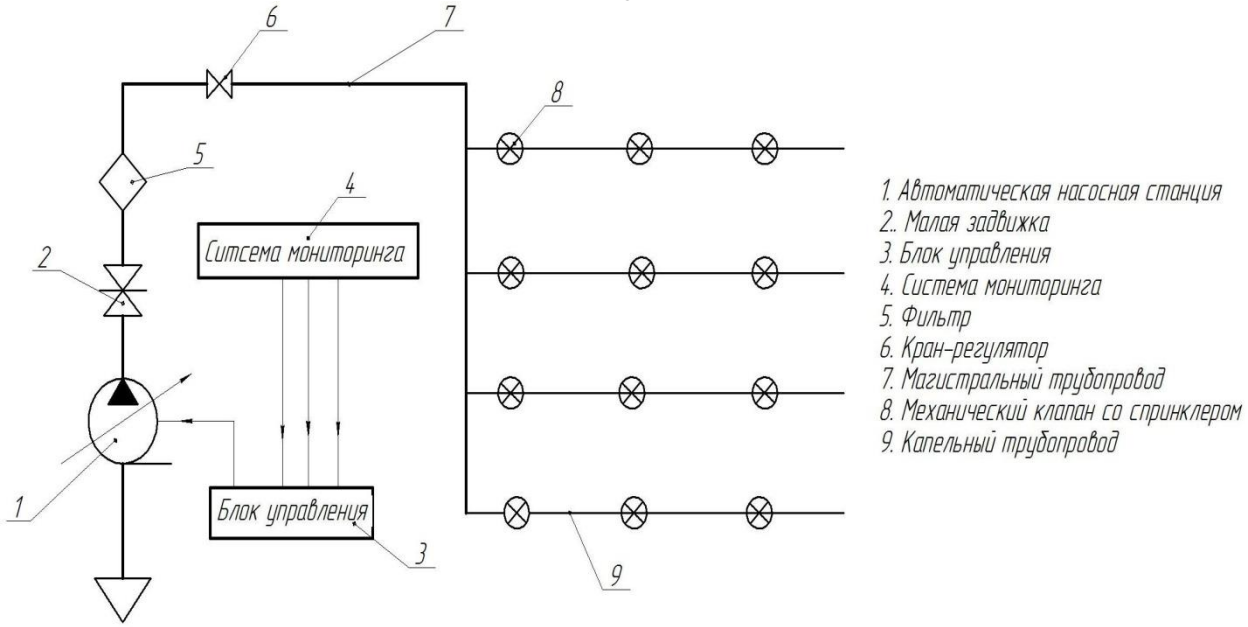

Рисунок 2 – Конструктивная схема АСКО

Система мониторинга АСКО представляет собой измерительный комплекс, состоящий из датчика влажности и температуры воздуха и емкостных датчиков влажности почвы. Круглосуточно данные с системы мониторинга АСКО поступают в блок управления.

На каждой ветке капельного трубопровода через 10-14 м установлены сприклерные стойки, которые через механические клапаны производят полив при повышении давления в ветке.

Принцип работы. При больших площадях сельскохозяйственных угодий управление в ручном режиме весьма затруднено, поэтому при разработке АСКО упор делается на автоматизацию. Согласно режиму орошения конкретной овощной культуры АСКО производит капельный полив с установленной периодичностью. В соответствии с заданной программой подается команда с блока управления на преобразователь частоты насосной станции, который в свою очередь производит плавный пуск насосной станции на заданное давление воды, обеспечивающее капельный полив сельскохозяйственных культур на участке орошения до достижения необходимого уровня влажности почвы.

При условии долговременного показания низкого уровня влажности почвы в период между поливами, согласно заданной программе, производится принудительный запуск насосной станции на капельный полив для поддержания необходимого для развития растений режима влажности почвы.

В засушливые летние месяцы при критических показателях датчика температуры и влажности воздуха блок управления АСКО дает сигнал в установленное программой время для включения насосной станции на увеличенное давление, необходимое для открытия механических клапанов и осуществление защитного сприклерного полива для благоприятной вегетации растений.

Блок управления автоматизированным поливом комплектуется контроллерами или одноплатными компьютерами с заданными программами в интегрированной среде разработки, которые в соответствии с режимом орошения конкретной сельскохозяйственной культуры управляют работой АСКО.

Программное обеспечение блоков управления с удобным интерфейсом, разработанное на средне- и высокоуровневых языках программирования (С++, Си, Phython, Jawa, Arduino IDE и т.д.) позволяет в соответствии с установленными характеристиками осуществлять заданную работу с возможностью принятия экстренного решения в ручном режиме. В зависимости от почвенно-метеорологических условий и орошаемой культуры важно изменять продолжительность поливов и давление в системе при работе сприклеров для равномерного распределения интенсивности орошения.

Метеорологические данные с датчика влажности и температуры воздуха наряду играют особую роль в определении рабочих характеристик системы и в принятии оперативных решений во избежание потери урожая. Информация с подобных датчиков всегда должна иметь визуализацию для

оператора и, при возможности, хранение на электронном носителе. На АСКО возможно применение датчиков типа DHT22.

Емкостные датчики влажности, применяемые на АСКО, по сравнению с обычными датчиками имеют преимущество в изоляции электродов от агрессивной почвенной среды, но требуют ручной настройки при интеграции с программным обеспечением блока управления.

С целью обеспечения необходимого давления в магистральном трубопроводе и сети участкового трубопровода требуется применение насосной станции с возможностью работы электродвигателя насоса в нескольких режимах с помощью встроенного преобразователя частоты. Для оптимальной работы АСКО требуется поддержание напора на входе в систему до 50 м. Таким требованиям отвечают поверхностные горизонтальные центробежные одно- или многоступенчатые электронасосы со встроенным устройством контроля потока, диапазон характеристик которых представлен на рисунке 3.

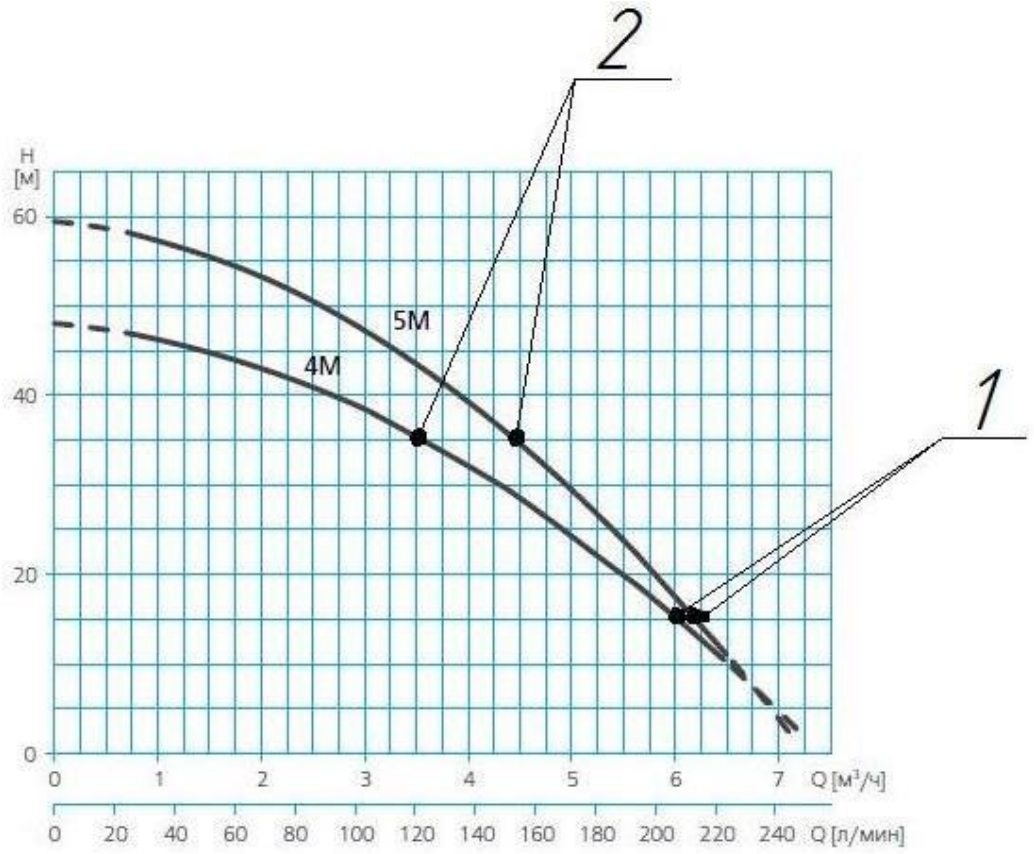

Рисунок 3 – Диапазон характеристик применяемого на АСКО насоса

При капельном поливе, как в плановом, так и в экстренном случаях, работа насоса будет производиться в районе точки 1. Преобразователем частоты обеспечивается плавный запуск насосного оборудования и работу всей системы в диапазоне напора на входе – 10÷20 м при расходе 5,5÷6,5 $м^3$/ч в зависимости от площади орошения [7, 8].

Подключение спринклерного орошения в целях поддержания благоприятного приземного микроклимата для вегетации растений производится увеличением давления в системе при работе насоса в районе точки 2. Для подачи воды к спринклерам требуется открытие механическим клапанов путем работы насосной станции в диапазоне напора – 30÷50 м при расходе 3,5÷5,0 $м^3$/ч.

Заключение. Интенсивное внедрение в мелиоративное оборудование и технику современных технологических решений и автоматизации в сельскохозяйственное производство способно успешно решать задачи обеспечения продовольственной безопасности страны. Применение телеметрии и цифровизации при комбинированном орошении в борьбе с негативными воздействиями метеорологических условий степных и сухостепных регионов России позволит получить возможность увеличения площади орошаемых земель и получения стабильного урожая овощных культур.

Разработка автоматизированной системы комбинированного орошения с телеметрической системой мониторинга метеорологических условий и блоком управления системы направлена на решение задач по поддержанию, как оптимального водного режима почвы при возделывании овощных культур, так и благоприятного для вегетации растений приземного микроклимата, обеспечивающего снижение негативного воздействия высоких температур летних месяцев.

Список источников

1. Бородычев В.В., Лытов М.Н. Обобщенная модель автоматизированной информационной системы мониторинга и управления орошением в режиме

реального времени // Известия нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. №1 (45). С. 1 – 10.

2. Бородычев В.В., Лытов М.Н. Технологические функции технической системы для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза и комплексной протекции посевов от климатических рисков // Известия нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2 (58). С. 1 – 13.

3. Бородычев В.В., Лытов М.Н. Система «анализ – визуализация данных – принятие решений» в составе ГИС управления орошением // Известия нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2 (50). С. 37 -43.

4. Казаринов Л.С., Шнайдер Д.А., Барбасова Т.А. Автоматизированные информационно-управляющие системы // учебное пособие. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 320 с.

5. Клевцов, С.И. Анализ и формирование требований к программному обеспечению информационных систем сбора и обработки данных / Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2007. – 100 с.

6. Овчинников А.С., Бородычев В.В., Храбров М.Ю., Гуренко В.М., Майер А.В., Бородычев А.В. Перспективная система управления водным режимом почвы и микроклиматом насаждений // Известия нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. №3(43). С. 175 – 184.

7. He Y., Xi B., Blooberg M. Effects of drip irrigation and nitrogen fertigation on stand growth and biomass allocation in young triploid Populus tomentosa plantations // Forest ecology and management. 2020. V. 461. N.117937. DOI: 10.1016/j.foreco.2020.117937.

8. Yang Q., Huang X., Tang Q. Irrigation cooling effect on land surface temperature across China based on satellite observations // Science of the total environment. 2020. V. 705. N 135984. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.135984.

References

1. Borodychev V.V., Lytov M.N. Obobchshennaya model avtomatizirovannoi informacionnoi sistemy monitoringa I upravleniya orosheniem v rezhime pealnogo vremeni // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2017. №1 (45). S. 1 – 10.

2. Borodychev V.V., Lytov M.N. Technologicheskie funkcii technicheskoi sistemy dlya regulirovaniya gidrotermicheskogo rezhima agrofitocenoza I kompleksnoi protekcii posevov ot klimaticheskih riskov// Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2020. №2 (58). S. 1 – 13.

3. Borodychev V.V., Lytov M.N. Sistema “analiz – vizualizaciya dannih – prinyatie peshenii” v sostave GIS upravleniya orosheniem// Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. №2 (50). S. 37 – 43.

4. Kazarinov, L. S. Avtomatizirovannye informacionno-upravlyayuschie sistemy // uchebnoe. Chelyabinsk: Izd-vo YuUrGU, 2008. - 320 s.

5. Klevcov, S. I. Analiz i formirovanie trebovanij k programmnomu obespecheniyu informacionnyh sistem sbora i obrabotki dannyh / Taganrog: Izd-vo TTI YuFU, 2007. - 100 s.

6. Ovchinnikov A.S., Borodychev V.V., Khrabrov M. U. Gurenko V.M. Mayer A.V. Borodychev A.V. Perspektivnaya sistema upravleniya vodnim rezhimom pochvi I mikroklimatom nasazdenii// Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2016. № 3 (43). S. 175 – 184.

7. He Y., Xi B., Blooberg M. Effects of drip irrigation and nitrogen fertigation on stand growth and biomass allocation in young triploid Populus tomentosa plantations // Forest ecology and management. 2020. V. 461. N.117937. DOI: 10.1016/j.foreco.2020.117937.

8. Yang Q., Huang X., Tang Q. Irrigation cooling effect on land surface temperature across China based on satellite observations // Science of the total environment. 2020. V. 705. N 135984. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.135984.

Для цитирования: Акпасов А.П., Туктаров Р.Б. Перспективы применения цифровых технологических решений при комбинированном поливе сельскохозяйственных культур // Московский экономический журнал. 2022. № 6. URL: https://qje.su/selskohozyajstvennye-nauki/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-6-2022-7/

© Акпасов А.П., Туктаров Р.Б., 2022. Московский экономический журнал, 2022, № 6.