

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Научная статья

УДК 628.1:631.67

doi: 10.31774/2712-9357-2023-13-3-30-47

Использование мобильных IT-приложений для решения задач водопользования на внутрихозяйственной оросительной сети

Екатерина Александровна Волкова¹, Дмитрий Анатольевич Кудравец²,
Виктор Иванович Коржов³, Иван Викторович Коржов⁴

^{1, 2, 3}Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск, Российская Федерация

⁴Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов, Ростов-на-Дону, Российская Федерация

¹7katerina7tomashevich7@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-6471-4490>

²dimas_062@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-2351-9873>

³kvi.vi@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0001-3634-1806>

⁴ivkorzhov@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0004-7450-7768>

Аннотация. Цель: продемонстрировать возможности и актуальность применения специальных средств информационно-технологической поддержки, ориентированных на использование в составе мобильных компьютерных средств и гаджетов, для решения задач планирования водопользования на внутрихозяйственной оросительной сети.

Материалы и методы. Методика решения поставленной задачи включила в себя: определение режимов подачи воды на каждое орошаемое поле в соответствии с планируемыми режимами орошения сельскохозяйственных культур, согласование графиков подачи воды на орошаемые поля с техническими и эксплуатационными возможностями орошаемого участка, расчет показателей плана водопользования в соответствии с установленными требованиями. В качестве объекта, для которого проводились расчеты, был использован проект одного из орошаемых участков Ипатовского района Ставропольского края. Основу используемых средств информационно-технологической поддержки составили разработки авторов, реализованные на базе широкодоступных и популярных программных средств. **Результаты.** Разработано алгоритмическое и программное обеспечение компьютерных приложений, обеспечивающих работу в составе мобильных IT-средств. Приведен пример расчета внутрихозяйственного плана водопользования для исходного орошаемого участка с использованием разработанных мобильных IT-приложений, демонстрирующий эффективность их применения. **Выводы.** Проведенные исследования подтвердили актуальность использования компьютерных приложений, ориентированных на применение в составе широкодоступных и относительно недорогих мобильных IT-средств. Отмечено, что ввиду уникальности большинства мелиоративных объектов эти приложения должны предусматривать относительно простую и оперативную адаптацию к этим объектам, а также информационную совместимость с другими средствами информационно-технологической поддержки, используемыми в процессе производственной деятельности.

Ключевые слова: оросительные системы, эксплуатация, водопользование, информационно-технологическая поддержка, компьютерные средства, мобильные IT-приложения

Для цитирования: Использование мобильных IT-приложений для решения за-

дач водопользования на внутрихозяйственной оросительной сети / Е. А. Волкова, Д. А. Кудравец, В. И. Коржов, И. В. Коржов // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 3. С. 30–47. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-3-30-47>.

LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Original article

Using mobile IT applications for solving water use problems in the on-farm irrigation network

Ekaterina A. Volkova¹, Dmitry A. Kudravets², Viktor I. Korzhov³,
Ivan V. Korzhov⁴

^{1,2,3}Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation

⁴Russian Research Institute for Integrated Use and Protection of Water Resources, Rostov-on-Don, Russian Federation

¹katerina7tomashevich7@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-6471-4490>

²dimas_062@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-2351-9873>

³kvi.vi@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0001-3634-1806>

⁴ivkorzhov@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0004-7450-7768>

Abstract. Purpose: to demonstrate the possibilities and relevance of using the special tools of IT support, focused on their use as part of mobile computer tools and gadgets, for solving the problems of water use planning on an on-farm irrigation network. **Materials and methods.** The methodology for solving the goal included: determining the water supply regimes for each irrigated field according to the planned irrigation regimes for agricultural crops, coordinating water supply schedules for irrigated fields with the technical and operational functionalities of the irrigated area, calculating the indicators of the water use plan in accordance with the specified requirements. As an object for which the calculations were performed, the project of one of the irrigated plots of Ipatovsky district of the Stavropol Territory was used. The basis of the used IT support tools was the authors' development, implemented on the basis of widely available and popular software apps. **Results.** Algorithmic and software support for computer applications that ensure operation as part of mobile IT tools has been developed. An example of the calculation of an on-farm water use plan for the initial irrigated area using the developed mobile IT applications is given, demonstrating the efficiency of their application. **Conclusions.** The conducted studies have confirmed the relevance of the use of computer applications oriented for using as part of widely available and relatively inexpensive mobile IT tools. It is noted that due to the uniqueness of most reclamation facilities, these applications should provide for relatively simple and prompt adaptation to these facilities, as well as information compatibility with other IT support tools used in the production process.

Keywords: irrigation systems, operation, water use, IT support, computer tools, mobile IT applications

For citation: Volkova E. A., Kudravets D. A., Korzhov V. I., Korzhov I. V. Using mobile IT applications for solving water use problems in the on-farm irrigation network. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2023;13(3):30–47. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-3-30-47>.

Введение. Процесс эксплуатации орошаемых земель требует учета и оценки большого количества данных: о режимах орошения сельскохозяй-

ственных культур, об источнике орошения, о водно-физических и других характеристиках почв, о природно-климатических условиях эксплуатации и т. п. Одновременно с этим должны учитываться инженерно-технические возможности средств и сооружений, обеспечивающих эксплуатацию каждого орошаемого объекта: насосных станций, дождевальных машин, водораспределительной сети, подпорно-регулирующих сооружений и оборудования и т. п. [1].

Недоучет хотя бы одного из этих факторов может приводить к нарушению или даже срыву сроков и норм полива сельскохозяйственных культур и, как следствие, потерям урожайности и снижению эффективности орошаемых мелиораций в целом.

Внутрихозяйственные планы водопользования составляют основу для формирования системных планов водопользования и водораспределения [2]. От качества этих данных во многом зависит качество и эффективность принимаемых решений, связанных с использованием водных ресурсов не только на конкретной оросительной системе [3], но и в составе всего водохозяйственного комплекса в целом [4].

Одним из основных способов повышения качества принимаемых научных и технических решений (в т. ч. и связанных с управлением водопользованием на оросительных системах) является использование специальных средств информационно-технологической поддержки [5–8].

Однако следует отметить, что большинство из этих средств, как правило, ориентировано на применение в составе специальных организаций и подразделений, целенаправленно осуществляющих эксплуатацию мелиоративных систем и объектов. Их использование предполагает наличие достаточно мощных технических средств, специально разработанного программного обеспечения, единых баз данных, применение методов оптимизации и т. п. Разработка и эксплуатация всего этого требует значительных научно-технических затрат, привлечения усилий специальных научно-

технических кадров, проведения мероприятий по повышению квалификации эксплуатационного персонала и т. п. [9, 10].

Иначе обстоят дела у «рядовых» сельхозпроизводителей, работающих непосредственно «на земле» и занимающихся эксплуатацией относительно небольших орошаемых участков. Их главная задача – получение высоких урожаев. Все же остальные задачи, в т. ч. связанные с применением мелиоративных технологий, должны лишь способствовать наиболее эффективному решению этой главной задачи. В этой связи данным специалистам нужны прежде всего простые в эксплуатации, относительно недорогие и в то же время достаточно эффективные средства и технологии, обеспечивающие решение этих задач. В том числе – средства информационно-технологической поддержки.

Очевидно, что разработка таких средств требует определенных затрат и усилий. Здесь справедливости ради следует отметить, что техническое обеспечение таких разработок в настоящее время практически не является проблемой – трудно представить сейчас даже простого человека (а уж специалиста тем более), у которого не было бы мобильного смартфона, планшета, ноутбука и т. п. Что же касается разработки специальных IT-приложений к этим гаджетам, которые позволяли бы мобильно и оперативно решать специальные производственные задачи, то очевидно, что это требует дополнительных усилий со стороны соответствующих специалистов, в т. ч. мелиораторов.

В связи с этим цель настоящей работы состоит в том, чтобы на примере решения одной из задач эксплуатации мелиоративных систем продемонстрировать возможности и актуальность применения специальных средств информационно-технологической поддержки (IT-приложений), ориентированных на использование в составе мобильных компьютерных средств и гаджетов.

Материалы и методы. В качестве одной из задач, для решения ко-

торых могут использоваться мобильные IT-приложения, была взята задача планирования водопользования на внутрихозяйственной оросительной сети [11]. Она включила в себя следующие процедуры:

- определение режимов подачи воды на каждое орошаемое поле в соответствии с планируемыми режимами орошения производимых на них сельскохозяйственных культур;
- согласование (укомплектование) графиков подачи воды на орошаемые поля с техническими и эксплуатационными возможностями орошаемого участка;
- расчет показателей плана водопользования в соответствии с установленными требованиями.

Укрупненная методика решения задачи представлена на рисунке 1.

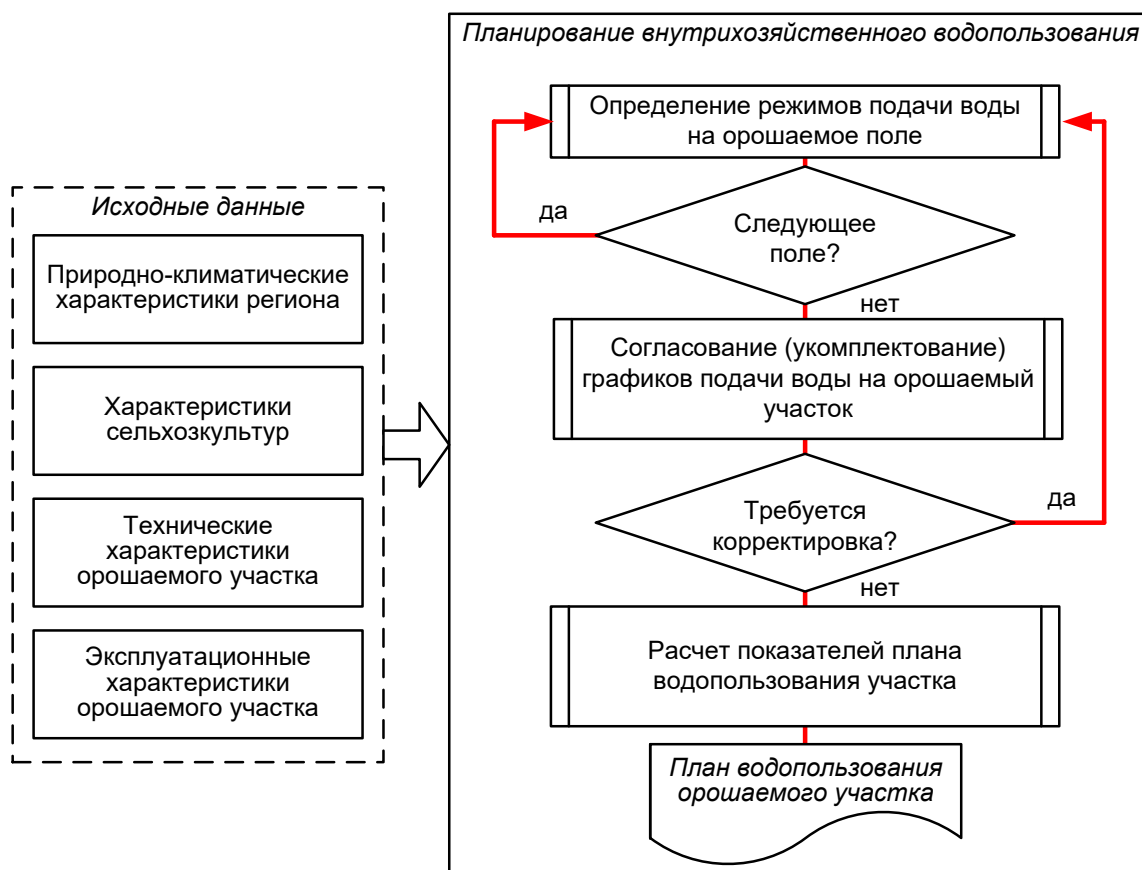


Рисунок 1 – Укрупненная методика решения задачи планирования внутрихозяйственного водопользования

Figure 1 – Enlarged methodology for solving the problem of on-farm water use planning

В качестве объекта решения был использован проект одного из орошаемых участков ООО «Добровольное» Ипатовского района Ставропольского края, представляющий собой семипольный севооборот с площадью полей по 74,9 га каждое. Полив участка осуществляется с использованием дождевальных машин «Фрегат» марки ДМУ-463-90. Оросительная вода на участок подается в закрытую оросительную сеть насосной станцией, оборудованной четырьмя насосными агрегатами. Источником орошения является Правоегорлыкский канал.

Ведомость привязки культур к полям севооборотного участка, используемого при проведении расчетов, приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Ведомость привязки культур к полям севооборотного участка

Table 1 – List of binding crops to the fields of a crop rotation plot

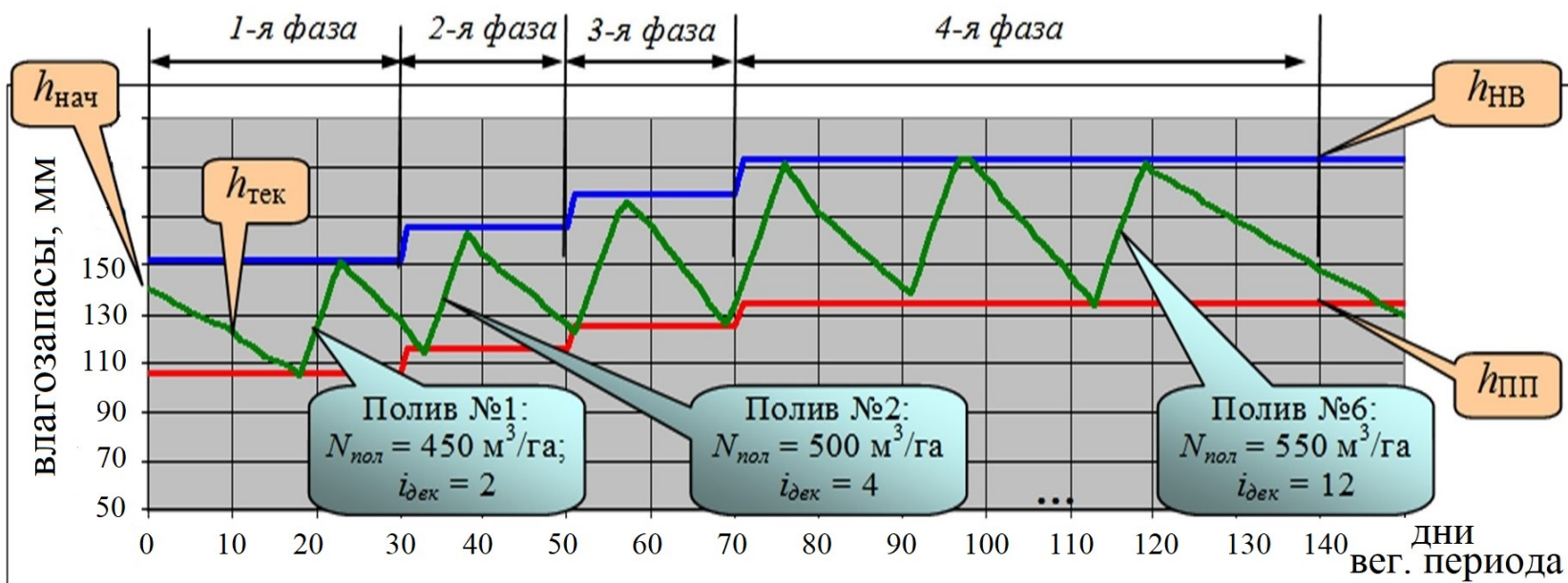
Наименование сельскохозяйственных культур	Номер поля	Площадь поля, га
Люцерна 1-го года	1	74,9
Люцерна 2-го года	2	74,9
Люцерна 3-го года + озимая пшеница	3	74,9
Озимая пшеница + бобовая смесь	4	74,9
Кукуруза на зерно	5	74,9
Кукуруза на силос + горохо-овсяная смесь	6	74,9
Ячмень + люцерна	7	74,9
Итого		524,3

Другие исходные данные, используемые при расчетах, показаны в составе приводимых ниже экранных форм используемых ИТ-приложений.

Основу используемых средств информационно-технологической поддержки составили разработки авторов, реализованные на базе широкодоступных и популярных программных средств [12–14].

Результаты и обсуждение. Для определения режимов подачи воды на орошаемые поля был использован метод моделирования влагозапасов в активном слое почвы путем их регулирования с помощью поливов [15]. Схема моделирования представлена на рисунке 2.

Алгоритм реализации этой процедуры в использовании средств информационно-технологической поддержки представлен на рисунке 3.



$h_{нач}$, $h_{тек}$, $h_{НВ}$, $h_{ПП}$ – запасы влаги в почве, соответствующие их начальному состоянию, текущему состоянию, наименьшей влагоемкости и предполивному порогу соответственно; $N_{пол}$ – поливная норма; $i_{дек}$ – номер декады

$h_{нач}$, $h_{тек}$, $h_{НВ}$, $h_{ПП}$ – stored soil moisture, corresponding to their initial state, current state, minimum moisture capacity and pre-irrigation sill, respectively; $N_{пол}$ – irrigation rate; $i_{дек}$ – number of decade

Рисунок 2 – Схема моделирования влагозапасов в почве путем их регулирования с помощью поливов
Figure 2 – Simulation scheme of soil moisture storage by regulating them with irrigation

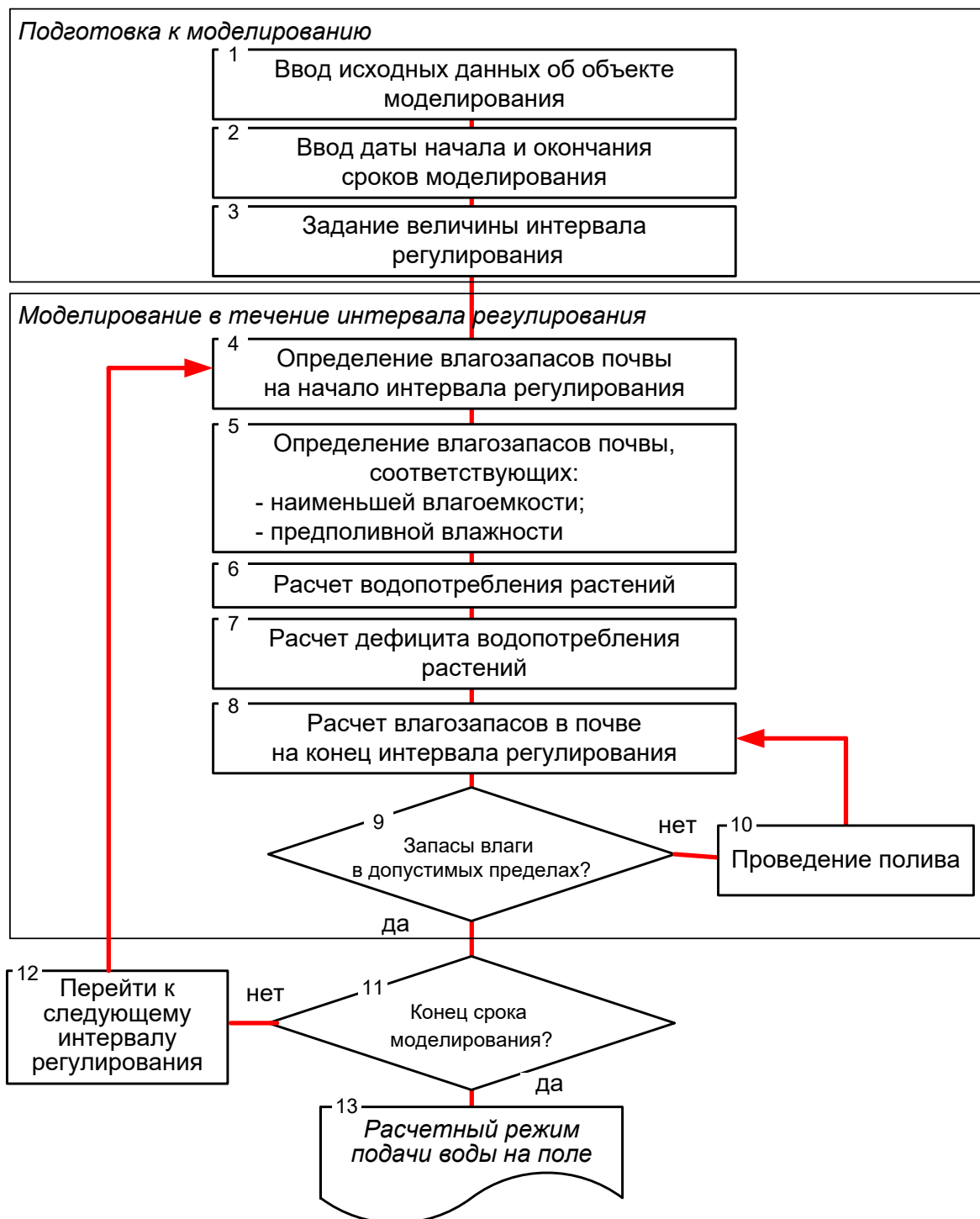


Рисунок 3 – Алгоритм моделирования режимов подачи воды на орошаемое поле

Figure 3 – Simulation algorithm for water supply modes to the irrigated field

Экранная форма и результаты работы IT-приложения, обеспечивающего процедуру моделирования на одном из полей исходного орошаемого участка, представлены на рисунке 4.

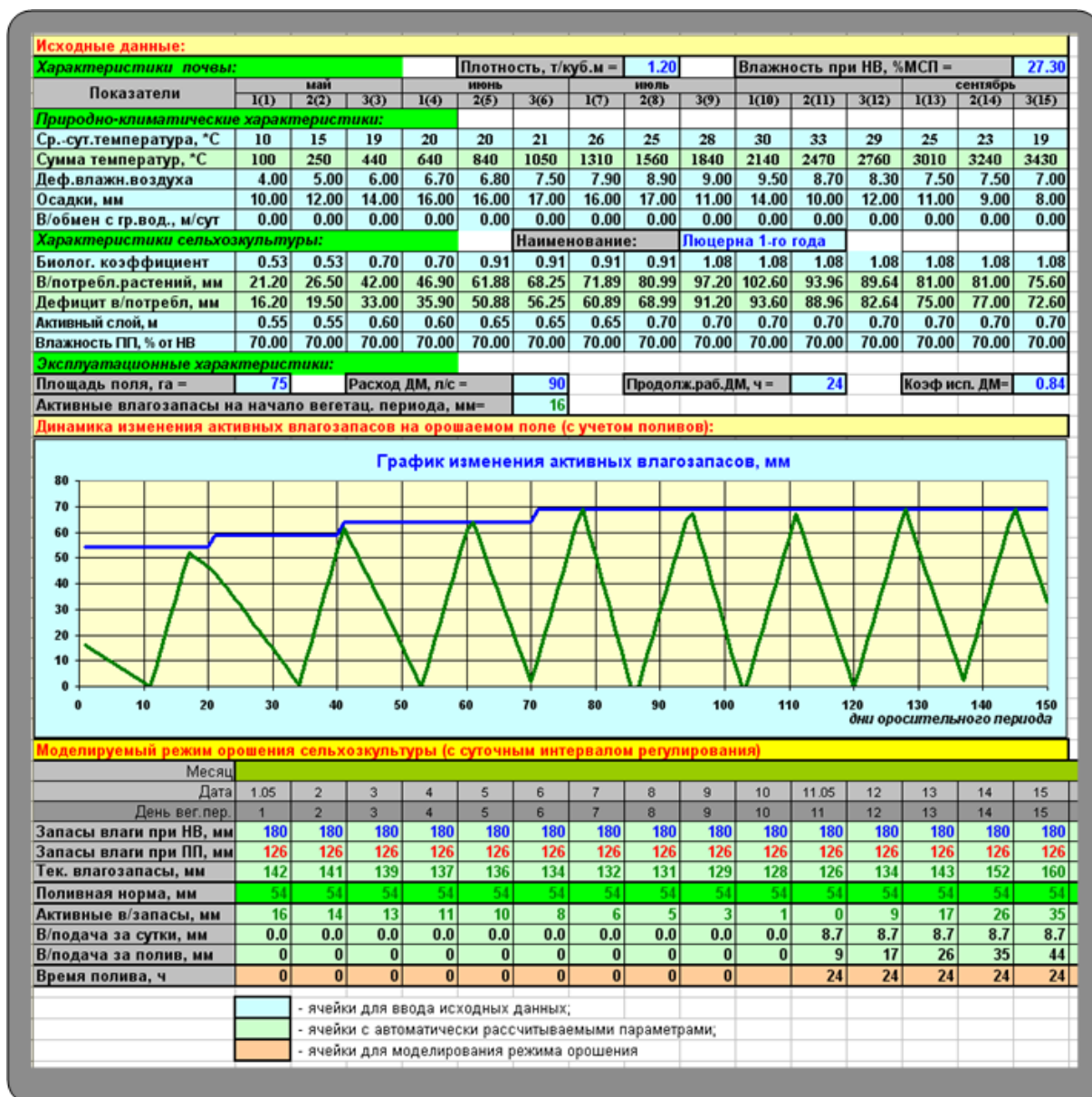


Рисунок 4 – Экранная форма и результаты работы ИТ-приложения, обеспечивающего моделирование режимов подачи воды на орошаемое поле

Figure 4 – Screen form and IT application results providing simulation modes of water supply to the irrigated field

Выходным документом работы данного приложения является «Расчетный режим подачи воды на данное орошаемое поле» (см. рисунок 3, блок 13).

Аналогичным образом осуществляется расчет режимов подачи воды на другие поля орошаемого участка. Они являются исходными данными для формирования суммарного графика подачи воды на весь орошаемый участок.

Поскольку суммарный график водоподачи на весь орошаемый участок должен быть согласован с его техническими возможностями (лимитами на водозабор из источника орошения, производительностью насосных агрегатов, пропускными способностями распределительной сети и т. п.), то следующая процедура расчета призвана обеспечить это согласование. Алгоритм ее реализации с использованием информационно-технологических средств представлен на рисунке 5.

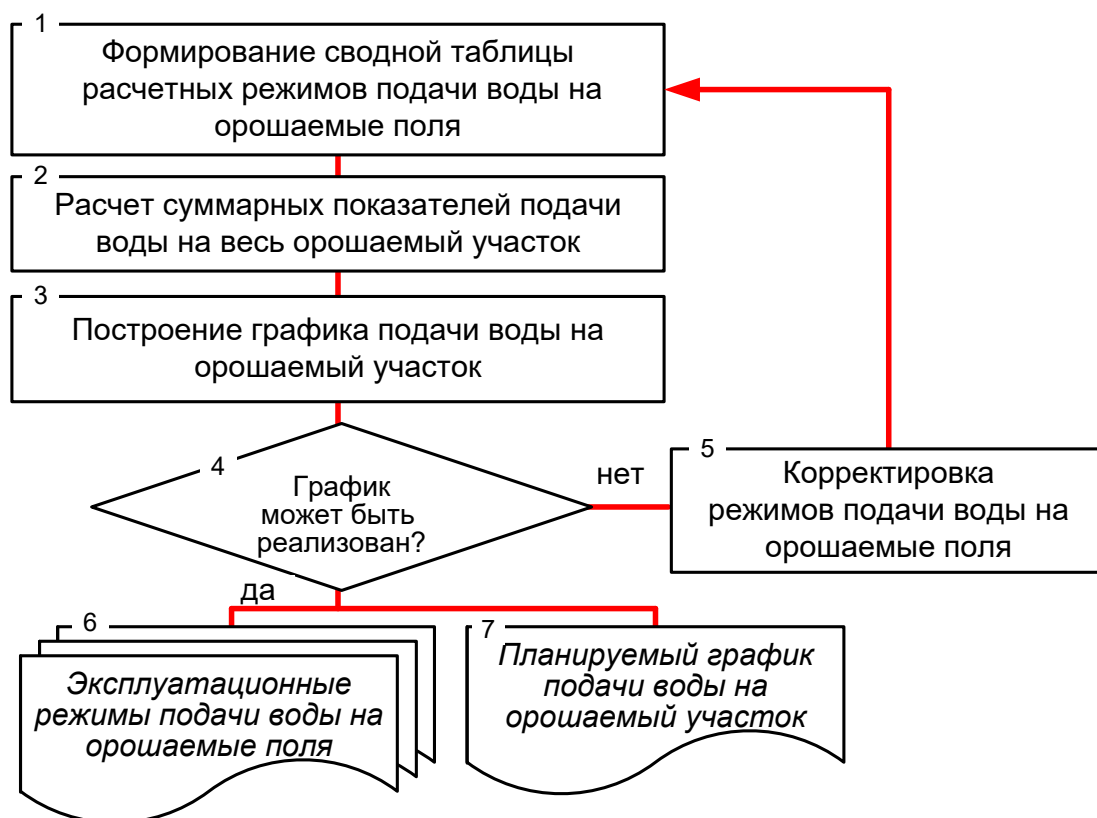


Рисунок 5 – Алгоритм согласования (укомплектования) графиков водоподачи на орошаемый участок

Figure 5 – Algorithm for matching (staffing) the schedules of water supply to the irrigated area

Экранная форма и результаты работы ИТ-приложения, обеспечивающего согласование (укомплектование) графика подачи воды на орошаемый участок, представлены на рисунке 6.

Выходными документами работы данного приложения являются «Эксплуатационные режимы подачи воды на орошаемые поля» и «Плани-

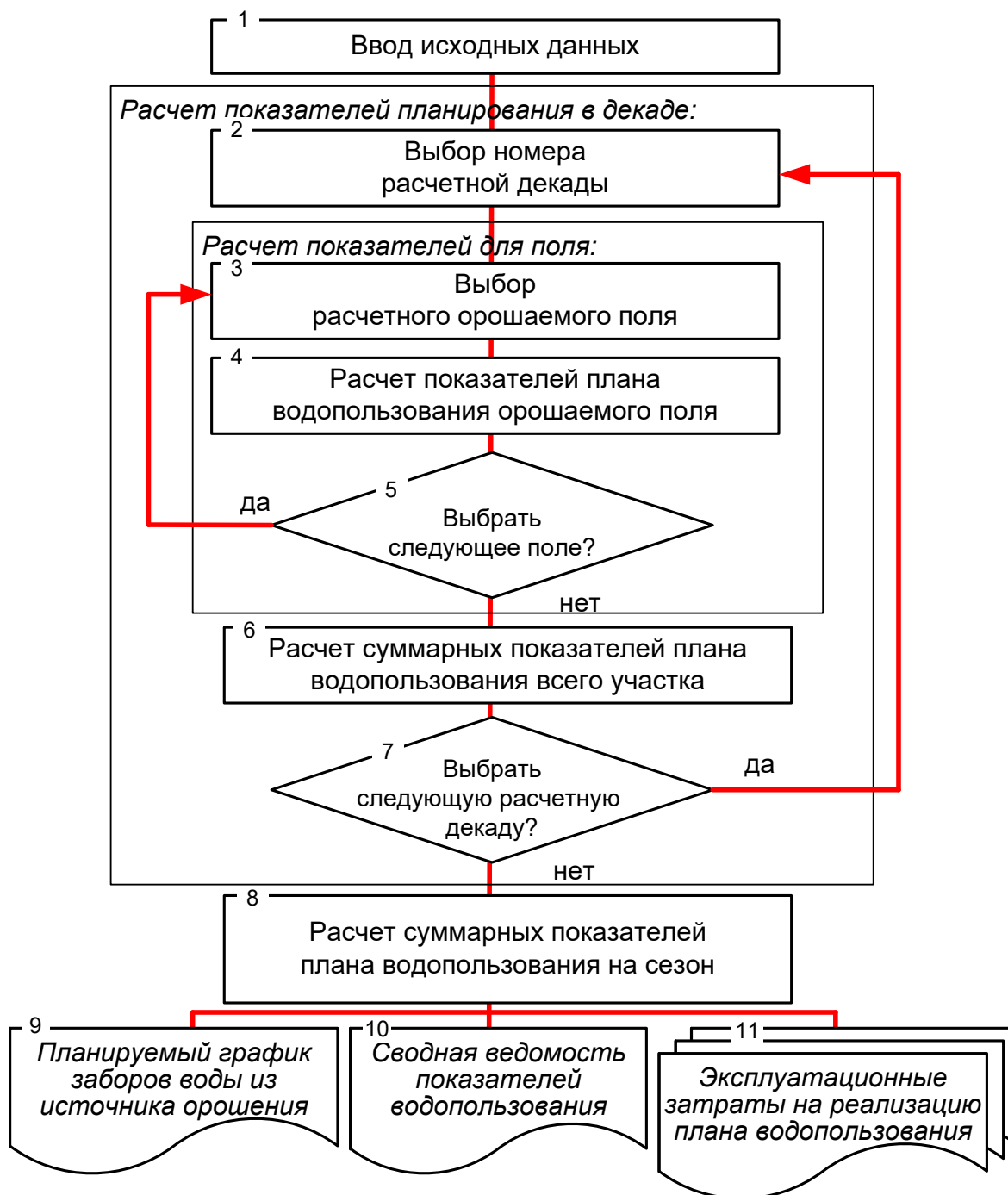


Рисунок 7 – Алгоритм расчета показателей итогового плана внутрихозяйственного водопользования на сезон

Figure 7 – Algorithm for calculating the indicators of the final plan of on-farm water use for the season

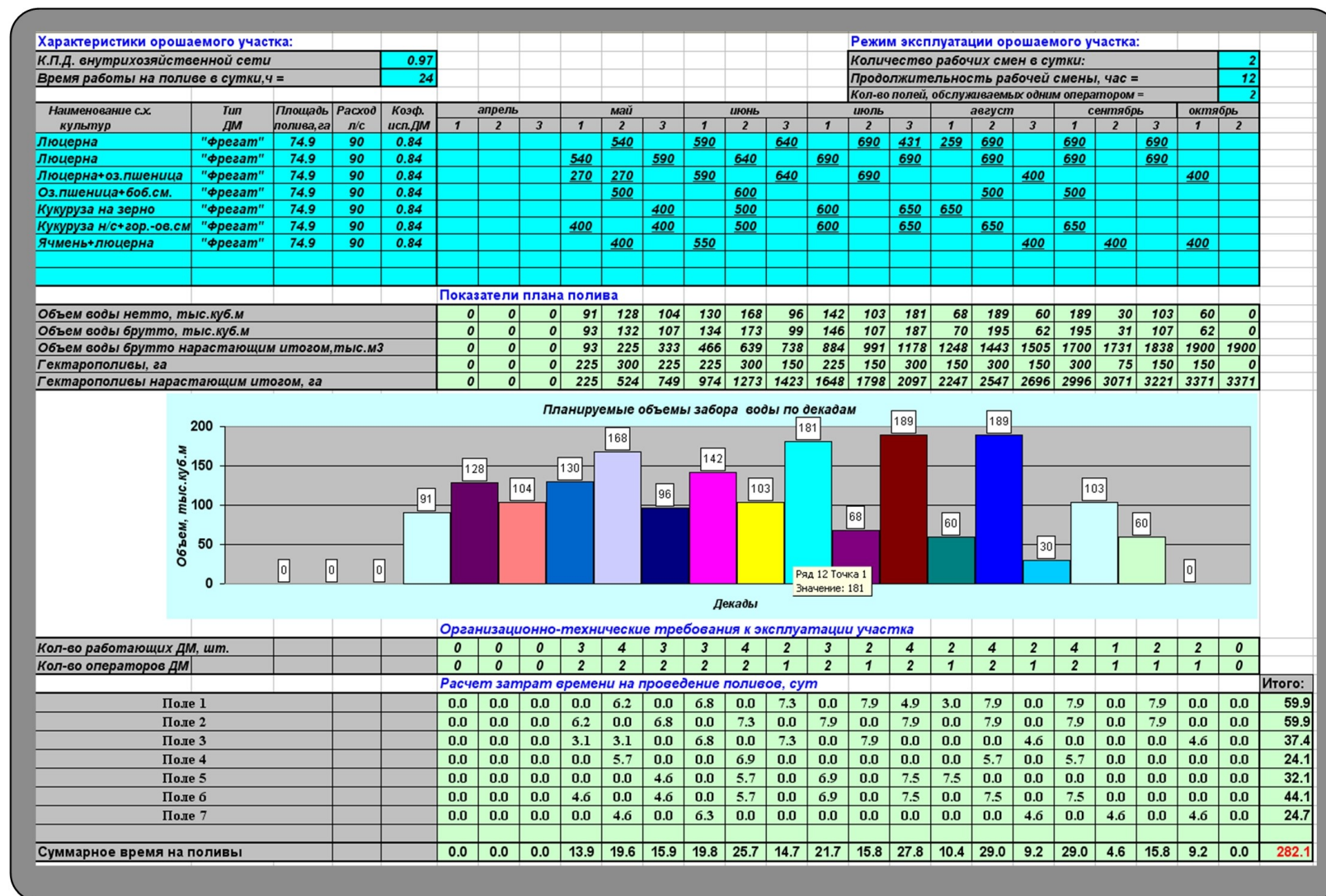


Рисунок 8 – Экранная форма и результаты работы IT-приложения, обеспечивающего расчет итоговых показателей плана водопользования
 Figure 8 – Screen form and results of the IT application, ensuring the calculation of the final indicators of the water use plan

лать вывод о целесообразности их широкого применения в практике эксплуатации мелиоративных систем. Наряду с их относительно небольшой стоимостью и простотой, они позволяют значительно повысить качество и оперативность принимаемых решений, освободить человека-специалиста от рутинных и расчетно-емких работ. При этом опыт разработки и апробации этих средств позволяет сформулировать следующие рекомендации.

1 Разрабатываемые IT-приложения должны быть сориентированы на возможность их применения в составе мобильных компьютерных средств (ноутбуков, планшетов, смартфонов и т. п.).

2 Разрабатываемые IT-приложения должны обеспечивать их простую установку на соответствующие технические средства, а также предусматривать возможности оперативного обновления их версий, изменения опций и т. п.

3 Ввиду уникальности большинства мелиоративных объектов разрабатываемые IT-приложения должны предусматривать возможности их оперативной настройки на условия функционирования на этих объектах (желательно усилиями самих специалистов-эксплуатационников).

4 Разрабатываемые IT-приложения должны обеспечивать максимально возможную информационную совместимость как с аналогичными IT-приложениями, так и с другими средствами информационно-технологической поддержки, используемыми в процессе осуществления производственной деятельности на мелиоративных объектах.

Список источников

1. Правила эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, В. В. Слабунов, О. В. Воеводин, А. Л. Кожанов, А. С. Штанько, С. Л. Жук. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. 171 с.

2. Юрченко И. Ф. Планирование системного водораспределения: современное состояние и приоритетные направления совершенствования // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2023. Т. 13, № 1. С. 184–199. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1348> (дата обращения: 01.04.2023). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-1-184-199>.

3. Пути совершенствования планового водопользования на оросительных систе-

мах / В. Н. Щедрин, А. С. Штанько, О. В. Воеводин, А. Л. Кожанов, С. Л. Жук, А. Е. Шепелев. Новочеркасск, 2014. 36 с.

4. Сенчуков Г. А., Воеводина Л. А. Использование водных ресурсов в федеральных учреждениях мелиоративной отрасли // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2023. Т. 13, № 1. С. 101–117. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1343> (дата обращения: 01.04.2023). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-1-101-117>.

5. Юрченко И. Ф. Системы поддержки принятия решений как фактор повышения эффективности управления мелиорацией // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2017. № 2(26). С. 195–200. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=325> (дата обращения: 01.04.2023).

6. Методические рекомендации по составлению планов водопользования на оросительных системах с использованием информационных технологий / В. И. Ольгаренко [и др.]. Новочеркасск: НГМА, 2012. 53 с.

7. Арифжанов А. Ш., Абдуганиев А. А. Анализ проблем внедрения информационных технологий в планировании водопользования и оперативном управлении водораспределением на оросительных системах // Science and Education. 2021. Vol. 2, iss. 10. P. 166–171.

8. Yurchenko I. F. Information support for decision making on dispatching control of water distribution in irrigation // Journal of Physics: Conference Series. 2018. Vol. 1015. 042063. DOI: 10.1088/1742-6596/1015/4/042063.

9. Подходы к формированию информационной системы «Цифровая мелиорация» / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, В. В. Слабунов, А. В. Слабунова, А. А. Завалин // Информационные технологии и вычислительные системы. 2020. № 1. С. 53–64. DOI: 10.14357/20718632200106.

10. Sustainable management of agricultural water and land resources under changing climate and socio-economic conditions: A multi-dimensional optimization approach / M. Li, X. Cao, D. Liu, Q. Fu, T. Li, R. Shang // Agricultural Water Management. 2022. Vol. 259. 107235. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107235>.

11. Планирование водопользования при орошении сельскохозяйственных культур: инстр.-метод. изд. / Г. В. Ольгаренко, Т. А. Капустина, Д. Г. Ольгаренко, Ф. К. Цекоева; под общ. ред. Г. В. Ольгаренко. М.: Росинформагротех, 2014. 172 с.

12. Волкова Е. А., Коржов В. И., Евсюков С. И. Мобильный калькулятор для расчета режимов полива растений // Мелиорация и водное хозяйство: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Шумаковские чтения), посвящ. 120-летию со дня рождения учен. в области гидравлики Скибы Михаила Матвеевича, г. Новочеркасск, 1–3 нояб. 2022 г. / Новочеркас. инж.-мелиоратив. ин-т им. А. К. Картунова. Новочеркасск: Лик, 2022. Вып. 20. С. 13–17.

13. Свидетельство о гос. регистрации прогр. для ЭВМ № 2011611080 Рос. Федерация. Определение эксплуатационных режимов орошения сельскохозяйственных культур / Коржов В. И., Обумахов Д. Л.; заявитель Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. № 2010617629; заявл. 03.12.10; опубл. 01.02.11.

14. Свидетельство о гос. регистрации прогр. для ЭВМ № 2021664539 Рос. Федерация. Программа имитационного моделирования режимов водоподдачи на орошаемое поле на заданный период регулирования / Сорокина О. В., Коржов В. И., Ольгаренко И. В., Коржов И. В.; заявитель Дон. гос. аграр. ун-т. № 2021619068; заявл. 09.06.21; опубл. 08.09.21.

15. Коржов В. И. Использование средств информационно-технологической поддержки на мелиоративных системах. Новочеркасск: Лик, 2022. 167 с.

References

1. Shchedrin V.N., Vasiliev S.M., Slabunov V.V., Voevodin O.V., Kozhanov A.L., Shtan'ko A.S., Zhuk S.L., 2014. *Pravila ekspluatatsii meliorativnykh sistem i ot del'no raspolozhennykh gidrotekhnicheskikh sooruzheniy* [Rules of Operation of Reclamation Systems and Separately Located Hydraulic Structures]. Novochoerkassk, RosNIIPM, 171 p. (In Russian).
2. Yurchenko I.F., 2023. [Systemic water distribution planning: modern state and priority areas for improvement]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 13, no. 1, pp. 184-199, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1348> [accessed 01.04.2023], <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-1-184-199>. (In Russian).
3. Shchedrin V.N., Shtanko A.S., Voevodin O.V., Kozhanov A.L., Zhuk S.L., Shepelev A.E., 2014. *Puti sovershenstvovaniya planovogo vodopol'zovaniya na orositel'nykh sistemakh: nauchnyy obzor* [Ways for Improving Planned Water Use in Irrigation Systems: scientific review]. Novochoerkassk, 36 p. (In Russian).
4. Senchukov G.A., Voevodina L.A., 2023. [Water resources use in federal reclamation industry institutions]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 13, no. 1, pp. 101-117, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1343> [accessed 01.04.2023], <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-1-101-117>. (In Russian).
5. Yurchenko I.F., 2017. [Decision support system as a factor for improving the reclamation management efficiency]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 2(26), pp. 195-200, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=325> [accessed 01.04.2023]. (In Russian).
6. Olgarenko V.I. [et al.], 2012. *Metodicheskie rekomendatsii po sostavleniyu planov vodopol'zovaniya na orositel'nykh sistemakh s ispol'zovaniem informatsionnykh tekhnologiy* [Guidelines for the Preparation of Water Use Plans for Irrigation Systems Using Information Technology]. Novochoerkassk, NGMA, 53 p. (In Russian).
7. Arifzhanov A.Sh., Abduganiev A.A., 2021. *Analiz problem vnedreniya informatsionnykh tekhnologiy v planirovanii vodopol'zovaniya i operativnom upravlenii vodoraspredeleleniem na orositel'nykh sistemakh* [Analysis of the problems of introducing information technologies in water use planning and operational management of water distribution in irrigation systems]. *Science and Education*, vol. 2, iss. 10, pp. 166-171. (In Russian).
8. Yurchenko I.F., 2018. Information support for decision making on dispatching control of water distribution in irrigation. *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1015, 042063, DOI: 10.1088/1742-6596/1015/4/042063.
9. Shchedrin V.N., Vasiliev S.M., Slabunov V.V., Slabunova A.V., Zavalin A.A., 2020. *Podkhody k formirovaniyu informatsionnoy sistemy "Tsifrovaya melioratsiya"* [Approaches to the information system formation "Digital Land Reclamation"]. *Informatsionnye tekhnologii i vychislitel'nye sistemy* [Journal of Information Technologies and Computing Systems], no. 1, pp. 53-64, DOI: 10.14357/20718632200106. (In Russian).
10. Li M., Cao X., Liu D., Fu Q., Li T., Shang R., 2022. Sustainable management of agricultural water and land resources under changing climate and socio-economic conditions: A multi-dimensional optimization approach. *Agricultural Water Management*, vol. 259, 107235, <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107235>.
11. Olgarenko G.V., Kapustina T.A., Olgarenko D.G., Tsekoeva F.K., 2014. *Planirovaniye vodopol'zovaniya pri oroshenii sel'skokhozyaystvennykh kul'tur: instr.-metod. izd.* [Planning of Water Use for Crop Irrigation: Instructional and Methodical Publication]. Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 172 p. (In Russian).
12. Volkova E.A., Korzhov V.I., Evsyukov S.I., 2022. *Mobil'nyy kal'kulyator dlya rascheta rezhimov poliva rasteniy* [Mobile calculator for calculating plant irrigation regimes]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo: materialy Vseros. nauchno-prakticheskoy konferentsii*

(Shumakovskie chteniya), posvyashchennoy 120-letiyu so dnya rozhdeniya uchenogo v oblasti gidravliki Skiby M. M. [Land Reclamation and Water Management: Proc. of All-Russian Scientific-Practical Conference (Shumakov Readings), Dedicated to the 120th Anniversary of the Birth of the Scientist in the Field of Hydraulics Skiba M. M.]. Novocherkassk, Lik Publ., iss. 20, pp. 13-17. (In Russian).

13. Korzhov V.I., Obumakhov D.L., 2011. *Opredelenie ekspluatatsionnykh rezhimov orosheniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Determination of Operational Modes of Irrigation of Agricultural Crops]. Certificate of State Registration of Computer Program of the RF, no. 2011611080. (In Russian).

14. Sorokina O.V., Korzhov V.I., Olgarenko I.V., Korzhov I.V., 2021. *Programma imitatsionnogo modelirovaniya rezhimov vodopodachi na oroshаемое pole na zadannyi period regulirovaniya* [Program for Simulation Modeling of Water Supply Regimes to an Irrigated Field for a Given Regulation Period]. Certificate of State Registration of Computer Program of the RF, no. 2021664539. (In Russian).

15. Korzhov V.I., 2022. *Ispol'zovanie sredstv informatsionno-tekhnologicheskoy podderzhki na meliorativnykh sistemakh* [Use of Information Technology Support on Land Reclamation Systems]. Novocherkassk, Lik Publ., 167 p. (In Russian).

Информация об авторах

Е. А. Волкова – аспирант;

Д. А. Кудравец – аспирант;

В. И. Коржов – кандидат технических наук, профессор;

И. В. Коржов – заведующий отделом информационно-аналитического обеспечения комплексного использования и охраны водных объектов.

Information about the authors

E. A. Volkova – Postgraduate Student;

D. A. Kudravets – Postgraduate Student;

V. I. Korzhov – Candidate of Technical Sciences, Professor;

I. V. Korzhov – Head of Department of Information and Analytical Support for the Integrated Use and Protection of Water Bodies.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других нарушений в сфере этики научных публикаций.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

All authors are equally responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism and other ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 11.04.2023; одобрена после рецензирования 20.06.2023; принята к публикации 05.07.2023.

The article was submitted 11.04.2023; approved after reviewing 20.06.2023; accepted for publication 05.07.2023.