

поддержании предполивной влажности почвы на уровне 90 %, а также при внесении расчетной дозы удобрений  $N_{140}P_{70}K_{50}$  (табл. 2).

**Выводы.** В результате статистического анализа, полученного в опытах, установлена значимость влияния на уровень продуктивности баклажан условий водного и минерального питания, которые в опытах определялись внесением минеральных форм удобрений и проведением поливов в течение вегетационного периода.

Выращивание ранних баклажанов на суглинистых почвах в условиях юга Московской области с использованием тоннельных пленочных укрытий позволяет получать более 40 т плодов стандартного качества с гектара при капельном поливе, поддержании предполивной влажности почвы на уровне 90 % НВ, и дозах удобрений  $N_{140}P_{70}K_{50}$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бородычев В.В., Гуренко В.М., Шенцева Е.В. Минеральное питание овощных культур при капельном орошении // Материалы научно-практической конференции «Повышение эффективности использования орошаемых земель Южного федерального округа (Шумаковские чтения). 30 сентября 2005 г. г. Новочеркасск. Вып. 4. Т. 1. Новочеркасск, 2005. С. 35–39.
2. Дубенок Н.Н., Гемонов А.В., Лебедев А.В. Влияние капельного орошения на рост и развитие саженцев сливы в питомнике в условиях Центрального Нечерноземья России // Мелиорация и водное хозяйство. 2020. № 4. С. 6–11.
3. Бородычев В.В. Современные технологии капельного орошения овощных культур: научное издание. Коломна: ВНИИ «Радуга», 2010. 241 с.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1988.
5. Дубенок Н.Н., Шенцева Е.В. К вопросу совершенствования технологии возделывания ранних баклажан // Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства: сб. науч. тр. ФГБОУ ВПО РГАТУ; под ред. Н.В. Бышова. Рязань, 2011. С. 102–112.
6. Рекомендации по методике комплексных воднобалансовых наблюдений на орошаемых землях. М.: Наука, 1978. Вып. 1. 70 с.

7. Терпигорев А.А., Грушин А.В., Гжибовский С.А. К вопросу развития капельного орошения в России // Экол. состояние природ. среды и науч.-практ. аспекты соврем. ресурсосберегающих технологий в АПК. Рязань: Рязан. гос. агротехнол. ун-т им. П.А. Костычева, 2017; Ч. 2. С. 289–295.

#### REFERENCES

1. Borodychev V.V., Gurenko V.M., Shentseva E.V. Mineral nutrition of vegetable crops under drip irrigation // Materials of the scientific and practical conference «Increasing the efficiency of use of irrigated lands of the Southern Federal District (Shumakov Readings). September 30, 2005 Novocherkassk. Issue 4. Volume 1. Novocherkassk, 2005. P. 35–39.
2. Dubenok N.N., Gemonov A.V., Lebedev A.V. The influence of drip irrigation on the growth and development of plum seedlings in a nursery in the conditions of the Central Non-Black Earth Region of Russia // Melioration and water management. 2020. No. 4. P. 6–11.
3. Borodychev V.V. Modern technologies of drip irrigation of vegetable crops: scientific publication. Kolomna: All-Russian Scientific Research Institute «Raduga», 2010. 241 p.
4. Dospheov B.A. Field experiment methodology. M.: Kolos, 1988.
5. Dubenok N.N., Shentseva E.V. On the issue of improving the technology of cultivating early eggplants. Modern energy- and resource-saving, environmentally sustainable technologies and agricultural production systems: collection of articles scientific tr. FSBEI NPE RGAU; edited by N.V. Byshova. Ryazan, 2011. P. 102–112.
6. Recommendations on the methodology of complex water balance observations on irrigated lands. M.: Nauka, 1978. Issue. 1. 70 s.
7. Terpigorev A.A., Grushin A.V., Grzhibovsky S.A. On the issue of development of drip irrigation in Russia // Ekol. state of nature environment and scientific-practical modern aspects resource-saving technologies in the agro-industrial complex. Ryazan: Ryazan. state agrotechnol. University named after P. A. Kostycheva, 2017. Part 2. Pp. 289–295.

**Дубенок Николай Николаевич**, академик РАН, профессор, зав. кафедрой сельскохозяйственных мелиораций, ndubenok@rgau-tsha.ru; **Гемонов Александр Владимирович**, канд. с.-х. наук, доцент кафедры землеустройства и лесоводства, agemonov@yandex.ru (Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева); **Лебедев Денис Андреевич**, аспирант РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, denislebedev992@gmail.com (Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», г. Коломна).

DOI: 10.32962/0235-2524-2025-1-34-40

УДК 626.824

## ФУНКЦИИ ПЛАНИРОВАНИЯ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ИТ-ТЕХНОЛОГИЙ

В.И. ОЛЬГАРЕНКО, И.В. ОЛЬГАРЕНКО, И.В. КОРЖОВ, В.И. ОЛЬГАРЕНКО

**Ключевые слова:** средства информационно-технологической поддержки, эксплуатация оросительных систем, водопользование, водораспределение, водопотребитель, управленческие задачи, эффективность водопользования.

**Keywords:** information technology support tools, operation of irrigation systems, water use, water distribution, water consumer, management tasks, water use efficiency.

**Аннотация.** Цель: разработка научно-методического и инженерно-технического обеспечения для создания и практического применения комплекса средств информационно-технологической поддержки задач планирования водопользования на мелиоративных системах. Материалы и методы: задачи, связанные с организацией и проведением водопользования на гидромелиоративных системах, должны быть, с одной стороны, сопоставлены с задачами, решаемыми аграрными хозяйствами, а с другой стороны – с целями всего водохозяйственного комплекса региона. В современных условиях эффективность выполнения этих задач можно значительно повысить, применяя передовые средства и технологии, использовать вариантное моделирование и оптимизацию процессов планирования и управления, а также автоматизировать трудоемкие и повседневные операции.

**Результаты:** в ходе исследований, проведенных в 2024 г. на Лаишевской оросительной системе в Республике Татарстан в рамках Государственного контракта № 173/20-ГК, внедрен «Информационно-вычислительный комплекс для планирования водопользования при работе с мелиоративно-водохозяйственными системами». В рамках проекта разработана методика и алгоритм использования водных ресурсов с применением ИТ-технологий, а также создана уникальная структура информационного обеспечения и правила взаимодействия с этими инструментами. Данный комплекс предоставляет интерактивный интерфейс, который наглядно отображает схему оросительной системы и позволяет пользователям оперативно взаимодействовать с ее элементами. Автоматизация работ, связанных с водопользованием, позволила обеспечить системный подход к проблеме, повысить качество и оперативность принимаемых решений, использовать более точные методики расчета и обработки результатов измерений. Все это позволило повысить эффективность эксплуатации мелиоративной системы и ее элементов, в целом. Вывод: алгоритм, разработанный для моделирования планирования водопользования, учитывает существующую технологию планирования на оросительных системах и позволяет решать задачи, которые ранее были невозможны

без информационной и технологической поддержки. На Лайшевской оросительной системе в Республике Татарстан была проведена проверка этих инструментов планирования, подтвердившая их перспективность и необходимость дальнейшего усовершенствования и развития.

**Abstract.** Goal: implementation of scientific research related to modeling of water resources management processes, as well as substantiation of the importance of developing and applying information technology support tools to solve problems related to water use planning in irrigation and drainage systems. Materials and methods: tasks related to the organization and implementation of water use in irrigation and drainage systems should be, on the one hand, correlated with the tasks solved by agricultural enterprises, and on the other hand – with the goals of the entire water management complex of the region. In modern conditions, the efficiency of these tasks can be significantly increased by applying advanced tools and technologies, using variant modeling and optimization of planning and management processes, as well as automating labor-intensive and routine operations. Results: during the research conducted in 2024 at the Laishevskaya irrigation system in the Republic of Tatarstan under State Contract No. 173/20-GK, the «Information and computing complex for planning water use when working with melioration and water management systems» was implemented. Within the framework of the project, a methodology and algorithm for using water resources using IT technologies were developed, and a unique structure of information support and rules for interacting with these tools were created. This complex provides an interactive interface that clearly displays the irrigation system diagram and allows users to quickly interact with its elements. Automation of actions related to water use planning provided a systematic approach to solving problems, improved the quality and speed of decision-making. This, in turn, increased the efficiency of the melioration system. Conclusion: the algorithm developed for modeling water use planning takes into account the existing planning technology in irrigation systems and allows solving problems that were previously impossible without information and technological support. These planning tools were tested on the Laishevskaya irrigation system in the Republic of Tatarstan, confirming their potential and the need for further improvement and development.

**Введение.** Функционирование гидромелиоративных систем значительной мерой опирается на процессы водопользования. Именно водопользование определяет набор эксплуатационных, технических, финансово-экономических и других мероприятий, необходимых для оптимальной работы системы. Оно во многом формирует состав мероприятий, которые должны быть осуществлены для поддержания эффективного функционирования системы. При этом задачи, стоящие перед организацией и реализацией водопользования, неоднозначны и сложны. Они требуют принятия научно обоснованных управленческих и инженерных решений, а также оперативного их выполнения, автоматизации сложных и рутинных процессов. Современные технологии, особенно информационные технологии, способны значительно повысить эффективность выполнения этих задач в современных условиях [1].

Организация водопользования в рамках гидромелиоративной системы должна, с одной стороны, соответствовать целям агропроизводителей, а с другой – задачам водного комплекса региона. Это требует принятия обоснованных решений на основе научных и технических знаний и их быстрой реализации. В современных условиях важной задачей повышения эффективности функционирования мелиоративных систем является разработка мер по созданию информационно-технологической поддержки для их эксплуатации. Для создания таких средств необходимо привлечь широкий круг специалистов. Их усилия следует направить на разработку научного, инженерного и методического сопровождения задач эксплуатации мелиоративных систем [2].

План по водопользованию служит основным инструментом, определяющим порядок извлечения воды

из источника орошения и ее распределение между пользователями. Кроме того, он охватывает все аспекты работы мелиоративной системы и взаимодействующих с ней организаций. На самом деле, этот документ не только регулирует процесс забора и распределения воды для орошения, но также затрагивает все аспекты деятельности гидромелиоративной системы и связанных с ней учреждений и служб. Разработка системных планов водопользования, во многом, определяется теми техническими, ресурсными, научными и другими возможностями, которые фактически имеются на гидромелиоративных системах на момент проведения работ. В то же время должны учитываться и те особенности, которые, так или иначе, могут повлиять на процесс планирования [3].

Основу системного плана водопользования составляют внутрихозяйственные планы полива, разрабатываемые на основе информации о проектных режимах орошения сельскохозяйственных культур для данного региона. Такой подход дает лишь общее представление о проведении поливов в течение вегетационного периода, не отражает истинной динамики влагозапасов в почве, не учитывает реально складывающихся агроклиматических условий и связанных с ним эксплуатационных режимов орошения.

Составление внутрихозяйственных планов водопользования требует дополнительных усилий со стороны водопользователей. Но в настоящее время их, в первую очередь, интересуют вопросы получения прибыли от производства продукции на орошаемых землях, а не технологии обеспечения этих земель оросительной водой. Поэтому, зачастую, возникает проблема достоверности и достаточности данных, требуемых для разработки научно обоснованного системного плана водопользования.

**Материалы и методы.** В соответствии с действующей методикой составления системного плана водопользования, хозяйства должны подавать в организации, обеспечивающие эксплуатацию гидромелиоративной систем, рассчитанные внутрихозяйственные планы водопользования. Однако на практике внутрихозяйственные планы полива, чаще всего, рассчитываются в управлениях оросительных систем на основе сложившегося опыта работы и полученной от хозяйств информации о структуре посевных площадей.

Комплектование системного плана водопользования осуществляется на основе информации о внутрихозяйственных планах водопользования. При формировании системного плана водопользования его обязательно увязывают с пропускной способностью межхозяйственных каналов и сооружений, с водообеспеченностью источника орошения. При этом хозяйственные планы полива могут подвергаться корректировке.

Для увязки внутрихозяйственных планов с пропускной способностью каналов и сооружений, лимитом забора воды и технической возможностью головного сооружения рассчитываются требуемые объемы водоподдачи по всем перегораживающим сооружениям в *i*-й интервал времени, которые затем проверяются на возможность их реализации. В случае если один из лимити-

рующих факторов не позволяет обеспечить подачу расчетного объема воды, внутрихозяйственные планы полива сельскохозяйственных культур корректируются [4].

Баланс распределения воды по системе считается установленным, если в любой момент времени для каждого перегораживающего сооружения и главного водозабора выполняется требование:

$$(L_{m,i} - 0,05L_{m,i}) \leq V_{m,i} \leq (L_{m,i} + 0,05L_{m,i}), \quad (1)$$

где  $L_{m,i}$  – максимально возможный объем воды, м<sup>3</sup>, пропущенный через сооружение  $m$  за  $i$ -й период времени, который определяется либо пропускной способностью сооружения, либо ограничением на забор воды из источника орошения.

Как уже отмечалось, в процессе эксплуатации оросительных систем может возникнуть целый комплекс причин, приводящих к необходимости корректировки системных планов водопользования. Среди основных из них можно выделить:

- вероятностный характер метео- и природно-климатических прогнозов;
- неточность прогноза водоносности источника орошения;
- изменения в структуре посевных площадей;
- изменения эксплуатационных характеристик оросительной сети и сооружений;
- изменения уровня грунтовых вод;
- возникновение аварийной или нештатной ситуации на системе.

В связи с этим, при планировании водопользования должно предусматриваться решение задачи оперативной корректировки плана водопользования. Пересчет системного плана водопользования и обновление всех выходных документов должны выполняться по запросу пользователя после того, как он внесет нужные изменения в исходные данные.

Оценка современных требований к водопользованию, с одной стороны, и научно-технических воз-

можностей, обеспечивающих управление им, с другой, позволяют уточнить существующие и сформулировать те новые требования к управлению водопользованием на гидромелиоративных системах, которые требуют учета при разработке планов водопользования.

Отмечается также, что реализация задач, входящих выше приведенную функциональную структуру требует больших объемов вычислений, имитационного и оптимизационного математического моделирования. На практике таких расчетов практически не производят из-за отсутствия или несовершенства соответствующих средств информационно-технологической поддержки задач планирования водопользования [5]. Функциональная структура формирования планов водопользования в современных условиях приведена на рис. 1.

Моделирование является одним из способов обеспечения эффективности управления разного рода технологическими процессами, техническими средствами, сооружениями, системами. В настоящее время, с появлением современных средств информационно-технологической поддержки, технические возможности моделирования значительно расширились. Что же касается самих моделируемых процессов, то они, в своей основе, остаются теми же, определяются теми же физическими законами, зависимостями, особенностями. А это значит, что состав задач, решаемых с использованием моделирования, как правило, должен соответствовать тем правилам и методикам, которые определены на исходном объекте в данный момент времени [6].

В соответствии с этим имитационное моделирование процессов планирования водопользования на этих стадиях должно обеспечивать его алгоритмическую, информационную и программную поддержку, а также предоставлять дополнительные возможности, которые связаны с согласованием режима источника орошения с планом водопользования, с оперативной корректировкой плана, с оптимизацией плана при дефиците водных ресурсов [7].

Вдобавок к этому создание модели должно позволять гибкое формирование и настройку информационной базы системы в зависимости от организации оросительной сети. Это включает автоматизацию процессов управления, хранения и обработки данных о состоянии каналов, сооружений, поливного оборудования и структуре орошаемых территорий, автоматизированный учет планируемых и фактических показателей водохозяйственной деятельности на оросительной системе, возможность информационного взаимодействия с другими аналогичными системами и системами более высокого уровня, используемыми в отрасли, регионе, стране [8].

Помимо ключевых требований, моделирование процессов управления водными ресурсами должно соответствовать ряду общих условий, характерных для средств ин-

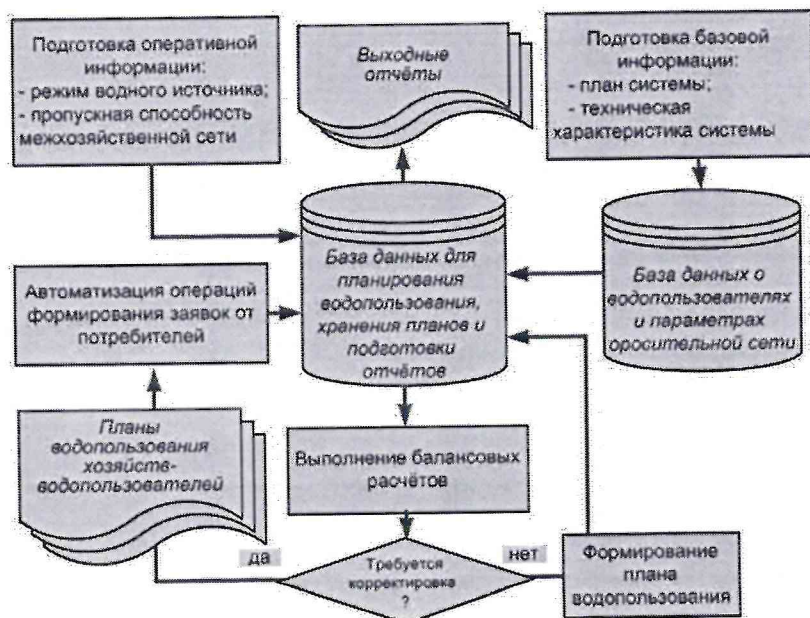


Рис. 1. Функциональная структура формирования планов водопользования

формационно-технической поддержки. Это обеспечение точности, надежности и полноты данных на всех этапах обработки, унификация применяемых интерфейсов, возможность восстановления данных в случае их случайной утраты или технических неисправностей.

**Результаты и обсуждение.** В процессе выполнения научных исследований в рамках Государственного контракта № 173/20-ГК на выполнение прикладных научных исследований проведен анализ решения задач планирования водопользования на гидромелиоративных системах в Российской Федерации. Выявлены особенности решения этих задач в современных условиях. Определены перспективы повышения эффективности использования водных, энергетических и других ресурсов на гидромелиоративных системах за счет использования средств имитационного моделирования процессов планирования и управления водопользованием на них. Сформулированы цели и задачи планирования в условиях использования современных ИТ-средств и технологий [9].

В процессе выполнения научных исследований разработаны исходные требования к моделированию процессов планирования водопользования на гидромелиоративных системах. Определен состав информационного обеспечения моделирования. Разработана схема и методика использования средств и технологий моделирования при проведении планирования. Проведена апробация разработанных средств планирования водопользования на гидромелиоративных системах Приволжского Федерального округа, доказавшая перспективность их применения и дальнейшего совершенствования и развития [10]. Схема использования моделирования при планировании водопользования на гидромелиоративной системе может быть представлена в виде, приведенном на рис. 2.

Разработанные в процессе исследований методики были использованы для решения практических задач по расчету и формированию внутрихозяйственных планов водопользования, составляющих информационную базу для формирования системного плана водопользования по Лаишевской оросительной системе (северный участок) находящиеся в федеральной собственности и на праве оперативного управления в ФГБУ «Управление «Татмелиоводхоз».

Оросительная система находится в умеренном климатическом поясе с отчетливо выраженными сезонами года, умеренно суровой снежной зимой и жарким летом. По количеству осадков данный район относится к зоне умеренного увлажнения, их годовое количество, в среднем, составляет 566 мм. На рис. 3 представлена топологическая схема водопользования на Лаишевской

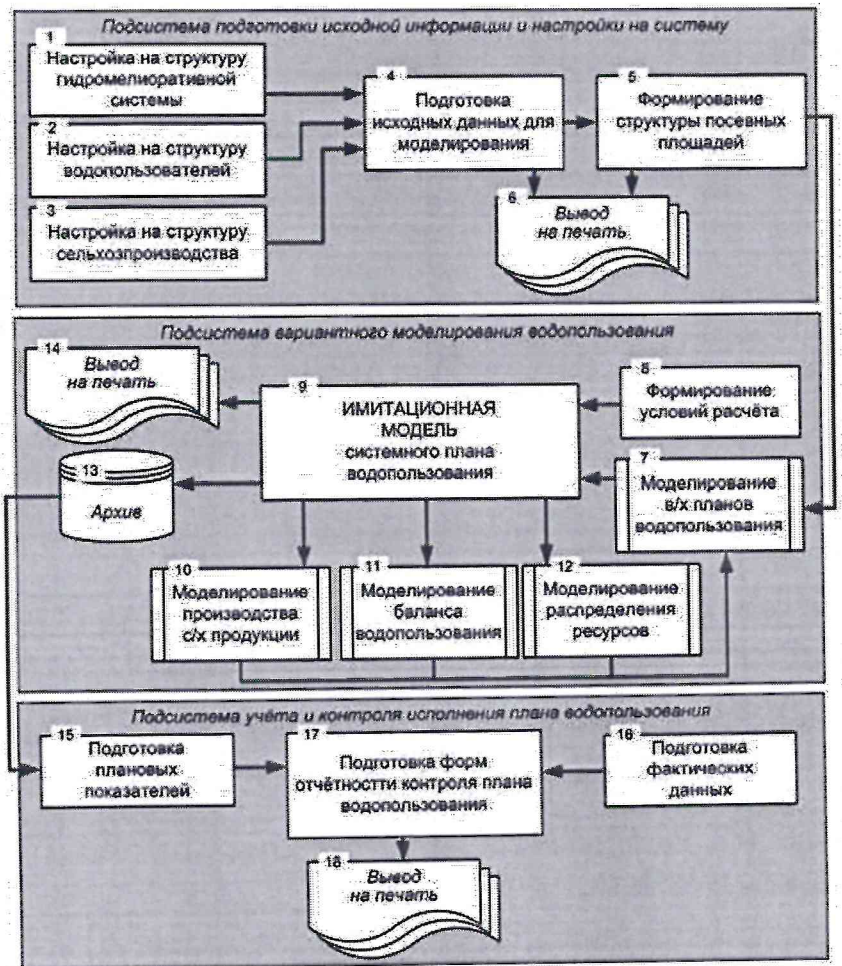


Рис. 2. Схема использования моделирования при планировании водопользования на гидромелиоративной системе

оросительной системе, созданная в составе информационно-вычислительного комплекса [11].

Создание топологической схемы гидромелиоративной системы является необходимым и очень важным этапом для дальнейшего правильного функционирования комплекса. Рекомендуются последовательное создание элементов системы, начиная с элемента основного водозабора. Так как расчеты суммарных расходов воды и прочих параметров системы могут вычисляться только последовательно, создание топологической схемы должно быть проведено таким образом, чтобы каждый последующий элемент примыкал к предыдущему. Расчет в системе ведется по ее элементам в целом. После создания всех элементов топологической схемы необходимо внести данные в справочники и задать параметры элементов оросительной системы определяющих настройку на конкретную оросительную систему. Справочники являются исходной информацией для проведения расчетов и формирования последующих документов.

Внесение сведений о внутрихозяйственных планах водопользования для каждого конкретного водопользователя осуществляется в несколько этапов, внесение основных и суммарных значений, внесение детализированных значений по декадам, расчет детализированных



Сводная ведомость по оросительным системам

Печать В MS Excel

Наименование ОС	Суммарные показатели				Показатели	Апрель			Май			Июнь			Июль			Август			Сентябрь		
	Физическая площадь	га поливы	Водоотребление	Водоподачи		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Итого по физкульту	501,74	4870,0	1864,6	1883,4	га				45,87	676,40	419,25	676,40	45,87	716,33	45,87	716,33	45,87	716,33	107,32	220,19			174,27
					га поливы				45,87	676,67	419,25	676,67	45,87	716,33	45,87	716,33	45,87	716,33	107,32	220,19			174,27
					водопотр.				11,47	263,84	104,81	263,84	11,47	316,24	18,35	316,24	18,35	316,24	42,93	88,08			87,14
					водоподача				11,58	265,83	105,87	265,83	11,58	319,43	18,53	319,43	18,53	319,43	43,36	88,97			88,02
					водозабор				11,70	227,64	106,94	227,64	11,70	322,66	18,72	322,66	18,72	322,66	43,80	89,86			86,90
Лаишевская ОС	501,74	4870,0	1864,6	1883,4	га				45,87	676,40	419,25	676,40	45,87	716,33	45,87	716,33	45,87	716,33	107,32	220,19			174,27
					га поливы				45,87	676,67	419,25	676,67	45,87	716,33	45,87	716,33	45,87	716,33	107,32	220,19			174,27
					водопотр.				11,47	263,84	104,81	263,84	11,47	316,24	18,35	316,24	18,35	316,24	42,93	88,08			87,14
					водоподача				11,58	265,83	105,87	265,83	11,58	319,43	18,53	319,43	18,53	319,43	43,36	88,97			88,02
					водозабор				11,70	227,64	106,94	227,64	11,70	322,66	18,72	322,66	18,72	322,66	43,80	89,86			86,90

Рис. 5. Результаты расчета сводной ведомости плана водопользования

ческому обслуживанию и ремонту технических средств и сооружений, работ по охране окружающей среды, мониторингу. Данные о планировании использования водных ресурсов в ирригационных системах являются составной частью информации, используемой региональными, бассейновыми, отраслевыми и прочими управленческими и статистическими органами.

Оценка современных требований к водопользованию, с одной стороны, и научно-технических возможностей, обеспечивающих управление им, с другой, позволяют уточнить существующие и сформулировать новые требования к разработке планов водопользования. Однако реализация этих задач требует больших объемов вычислений, имитационного и оптимизационного математического моделирования, активного применения ИТ-средств и технологий. Для апробации функциональных и эксплуатационных возможностей разработанных средств в качестве объекта-представителя гидромелиоративных систем Приволжского ФО определена Лаишевская оросительная система Республики Татарстан. Использование разработанных средств для расчета показателей водопользования на этих системах показало эффективность их применения и адекватность полученных результатов.

**Заключение.** Предложенный алгоритм моделирования планирования водопользования обеспечивает выполнение существующей технологии планирования на оросительных системах и реализует задачи, ранее невыполнимые без информационно-технологической поддержки. Проведена апробация разработанных средств планирования водопользования на Лаишевской оросительной системе республики Татарстан, доказавшая перспективность их применения, а также дальнейшего совершенствования и развития.

ЛИТЕРАТУРА

1. Принципы применения информационных технологий при организации и проведении планирования водопользования на оросительных системах / В.И. Ольгаренко, И.В. Ольгаренко, И.В. Коржов, В.И. Ольгаренко // Мелиорация и гидротехника. 2024. Т. 14, № 3. С. 100–115. URL: <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2024-14-3-100-115>.
2. Ольгаренко В.И., Ольгаренко Г.В., Ольгаренко И.В. Оптимизация процессов водопользования на основе методологии ландшафтно-экологического подхода: монография. Новочеркасск: Лик, 2019. 623 с.
3. 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.

4. Ялалова Г.Х., Юрченко И.Ф. Ключевые направления трансформации планирования системного водораспределения // Научные подходы к современному развитию мелиорации земель: сборник научных трудов. М.: ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова, 2023. С. 152–159. DOI: 10.37738/VNIIGIM.2023.95.43.015
5. F. Arslan, A. Sawassii, B. Derardja, N. Degirmenci, N. Lamaddalena. The effects of land consolidation projects on pressurized irrigation system design and the cost: A case study from Türkiye // *Ecohydrology & Hydrobiology*. 2023. V 82. Pp. 249–27.
6. A. Kaab, M. Khanali, S. Shadamanfar, M. Jalalvand. Assessment of energy audit and environmental impacts throughout the life cycle of barley production under different irrigation systems. 2024. V. 22. 100357.
7. M. Loo, E.C. Poyato, G. Halsema, J.A. Roudriguez Diaz. Defining the optimization strategy for solar energy use in large water distribution networks: A case study from the Valle Inferior irrigation system, Spain // *Renewable Energy*. 2024. V. 228. 120610.
8. Юрченко И.Ф. Планирование системного водораспределения: современное состояние и приоритетные направления совершенствования // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 1. С. 184–199.
9. Использование мобильных ИТ-приложений для решения задач водопользования на внутрихозяйственной оросительной сети / Е.А. Волкова, Д.А. Кудравец, В.И. Коржов, И.В. Коржов // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 3.
10. Юрченко И.Ф. Приоритетные направления и мероприятия современной цифровизации в мелиорации // И.Ф. Юрченко // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12, № 2. С. 84–100.
11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023610178. Российская Федерация. Информационно-вычислительный комплекс планирования водопользования при эксплуатации мелиоративно-водохозяйственных систем: № 2022685654; заявл. 20.12.2022; опубл. 10.01.2023 / С.С. Турапин, И.В. Коржов, И.В. Ольгаренко, Т.А. Капустина, В.И. Ольгаренко; заявитель ФГБНУ ВНИИ «Радуга».

REFERENCES

1. Olgarenko V.I., Olgarenko I.V., Korzhov I.V., Olgarenko V.I. Principles of using information technology in organizing and conducting water use planning in irrigation systems. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2024; 14(3): 100–115. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2024-14-3-100-115>.
2. Olgarenko V.I., Olgarenko G.V., Olgarenko I.V. Optimization of water use processes based on the methodology of landscape-ecological approach: monograph. Novocherkassk: Lik, 2019. 623 p.
3. Schedrin V.N., Vasil'ev S.M., Slabunov V.V., Voevodin O.V., Kozhanov A.L., Shtan'ko A.S., Zhuk S.L., 2014. Pravila ekspluatatsii meliorativnykh sistem i otdel'no raspolozhennykh gidrotekhnicheskikh sooruzheniy [Rules of Operation of Land-Reclamation Systems and Separately Located Hydraulic Structures.]. Novocherkassk, 171 p., deposited in VINITI on 14.04.2014, no. 96-B2014.
4. Yalalova G.Kh., Yurchenko I.F. Key directions of transformation of planning of systemic water distribution // Scientific approaches to modern development of land reclamation. M.: All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov, 2023. P. 152–159.
5. F. Arslan, A. Sawassii, B. Derardja, N. Degirmenci, N. Lamaddalena. The effects of land consolidation projects on pressurized irrigation system design and the cost: A case study from Türkiye // *Ecohydrology & Hydrobiology*. 2023. V 82. Pp. 249–27.

6. A. Kaab, M. Khanali, S. Shadamanfar, M. Jalalvand. *Assessment of energy audit and environmental impacts throughout the life cycle of barley production under different irrigation systems*. 2024. V. 22. 100357.

7. M. Loo, E.C. Poyato, G. Halsema, J.A. Roudriguez Diaz. *Defining the optimization strategy for solar energy use in large water distribution networks: A case study from the Valle Inferior irrigation system, Spain* // *Renewable Energy*. 2024. V. 228. 120610.

8. Yurchenko I.F. *System water distribution planning: modern state and priority areas for improvement* // *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2023; 13(1): 184–199. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-1-184-199>.

9. Korzhov V.I., Korzhov I.V., Kudravets D.A., Sorokina O.V., Volkova E.A. *The use of mobile IT-tools for solving of water management tasks in the operation of irrigated plots* // *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*. 2023. No. 3. P. 5–16. DOI: 10.35567/19994508\_2023\_3\_1.

10. Yurchenko I.F., 2022. [Priority areas and activities of modern digitalization in land reclamation]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 12, no. 2, pp. 84–100, <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1280> [accessed 01.06.2022], <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-2-84-100>.

11. Certificate of state registration of computer program No. 2023610178. Russian Federation. Information and computing complex

for water use planning during operation of melioration and water management systems: No. 2022685654; declared. 20.12.2022; published. 10.01.2023 / S.S. Turapin, I.V. Korzhov, I.V. Olgarenko, T.A. Kapustina, V.I. Olgarenko; applicant FGBNU VNI «Raduga».

**Ольгаренко Владимир Иванович**, доктор техн. наук, член-корр. РАН, профессор, [nimi-info@yandex.ru](mailto:nimi-info@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0003-4399-997X>; **Ольгаренко Игорь Владимирович**, доктор техн. наук, доцент, зам. директора по научно-инновационной работе, [danel777888@mail.ru](mailto:danel777888@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-4865-642> (Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова – филиал Донского государственного аграрного университета, г. Новочеркасск); **Коржов Иван Викторович**, зав. отделом информационно-аналитического обеспечения комплексного использования и охраны водных объектов, [ivkorzhov@yandex.by](mailto:ivkorzhov@yandex.by), <https://orcid.org/0009-0004-7450-7768> (Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов, г. Ростов-на-Дону); **Ольгаренко Владимир Игоревич**, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, [olgarenko\\_vi@mail.ru](mailto:olgarenko_vi@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-9609-5571> (Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, г. Новочеркасск).

УДК 631.62; 338.43

DOI: 10.32962/0235-2524-2025-1-40-44

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ПУТЕМ РАСПОЛОЖЕНИЯ ДРЕН В ДВА ЯРУСА

А.Б. ПОНОМАРЕВ, Ю.Г. ЯНКО, В.И. ШТЫКОВ

**Ключевые слова:** бесполостной дренаж, осушение, слабоводопроницаемые грунты, стоимость дренажа, закрытые собиратели.

**Keywords:** cavity-free drainage, drainage, poorly permeable soils, drainage cost, closed collectors.

**Аннотация.** Основная функция закрытого дренажа — отведение избыточной гравитационной воды из поверхностного корнеобитаемого слоя. Условия стока этой воды можно улучшить, сократив путь фильтрации воды и уменьшив фильтрационные сопротивления. Как показывают исследования, эти задачи особенно актуальны при слабоводопроницаемых грунтах и слабообработанных почвах. Исторический путь развития дренажных систем в зоне избыточного увлажнения шел в сторону сокращения междренних расстояний. Однако даже при междренних расстояниях 8...10 м требуемая интенсивность осушения не достигается в многоводные годы с осадками обеспеченностью 10%. В статье дается подробное описание конструкции высокоэффективной двухъярусной дренажной системы, которая позволяет увеличить расстояния между трубчатыми дренами. Эффективность осушения достигается сетью собирателей мелкого заложения, заполненных материалом с высоким коэффициентом фильтрации, расположенных над трубчатыми дренами и соединенных с ними в местах пересечения поглощательными колонками. Приведены результаты гидравлического расчета бесполостных дрен верхнего яруса. Выполнено сравнение двухъярусного дренажа с широко распространенным систематическим дренажем и экспериментальной конструкцией закрытых собирателей по потребности в материалах.

**Abstract.** The main function of drainage is to remove excess gravitational water from the surface root layer. The conditions for the flow of this water can be improved by shortening the water filtration path and reducing filtration resistance. As studies show, these tasks are especially relevant for low-permeability soils and poorly cultivated soils. The historical path of development of drainage systems in the zone of excess moisture went towards reducing the distances between drains. However, even with inter-drain distances of 8–10 meters, the required drainage intensity is not achieved in high-water years with precipitation of 10%. The article provides a detailed description of the design of a highly efficient two-tier drainage system, which allows increasing the distances between tubular drains. Drainage efficiency is achieved by a network of shallow collectors filled with material with a high filtration coefficient, located above the tubular drains and connected to them at the intersections by absorption columns. The results of the hydraulic calculation of cavity-free drains of the upper tier are presented. A comparison

of two-tier drainage with widespread systematic drainage and experimental design of closed collectors in terms of material requirements is made.

Вопросы повышения интенсивности осушения слабоводопроницаемых грунтов до сих пор находятся в центре внимания работников сельского хозяйства, прежде всего Нечерноземной зоны России. Можно выделить три этапа в решении этой проблемы. В тридцатые годы предыдущего столетия в России применялась разработанная в Германии система осушения в виде сочетания закрытого дренажа: расстояние между дренами 12...13 м с бороздами, которые прокладывались поперек дрен через 4...6 м. В этом случае поверхностные воды отводились бороздами, а верховодка дренами. В 50-х годах СевНИИГиМ предложил осушать слабоводопроницаемые грунты системой, состоящей из разреженной сети каналов через 60...100 м или дрен через 18...25 м в сочетании с агро-мелиоративными мероприятиями. Начиная с 70-х годов, пытались повысить эффективность действия дренажа путем сокращения расстояний между дренами до 8...10 м. Однако и при этих расстояниях между дренами системы не обеспечивали требуемую интенсивность осушения в годы с осадками 10% обеспеченности. Основная причина — низкая водопроницаемость грунтов подпахотного слоя и дренажной засыпки, хотя последняя и выполнялась в ряде случаев из грунтов пахотного слоя. История мелиоративных, в том числе осушительных, систем рассматривается рядом авторов [1–3]. В частности, показано, что на современном этапе возрастает экологическая роль дренажа. Задачей осушительных систем становится не только отвод избыточной влаги, но и в целом регулирование водного режима по-