

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Научная статья

УДК 626.82.004.94

doi: 10.31774/2712-9357-2025-15-4-34-46

Управление процессом планирования водопользования на оросительных системах в зависимости от времени изменения режима потока

Владимир Иванович Ольгаренко¹, Игорь Владимирович Ольгаренко²,
Владимир Игоревич Ольгаренко³

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

³Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

¹nimi-info@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4399-997X>

²nimi-info@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4865-5642>

³olgarenko_vi@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9609-5571>

Аннотация. Цель: моделирование и обоснование закономерностей гидродинамических процессов потока для обеспечения высокоэффективного решения комплекса задач как для штатных, так и нештатных ситуаций при диспетчерском управлении.

Материалы и методы. Объект исследования – Миусская оросительная система Ростовской области. На системе выделено 15 стандартных элементарных участков, ограниченных соответствующими перегораживающими сооружениями, для которых рассчитывались искомые функции для оперативного диспетчерского управления водораспределением. Эксперимент проводился в три этапа: на первом устанавливались параметры стационарного режима потока по уравнениям Сен-Венана; на втором моделировался процесс наполнения заданного участка при корректировке полученного режима стационарного потока; на третьем рассчитывалось время перехода к стационарному режиму потока в условиях полного наполнения участка водой в конечной его точке.

Результаты. Установлено, что через 28 мин режим течения становится квазиустановившимся, а промежуток между первым и вторым квазиустановившимся режимами составляет 96 мин. Этот интервал времени больше всего подходит для организации и проведения цикла регулирования водораспределения. **Выводы.** В результате моделирования установлены параметры потока для установившегося режима, режима наполнения и режима перехода к стационарному потоку в условиях полного наполнения участка канала водой в конечной его точке. Проведенная серия экспериментальных исследований и расчетные функции определяют зависимости гидродинамических процессов для обеспечения высокоэффективного решения комплекса задач как для штатных, так и нештатных ситуаций при диспетчерском управлении, которое в свою очередь является определяющим для практического характера эксплуатации оросительных систем.

Ключевые слова: режим потока, эксплуатация оросительных систем, водораспределение, управленческие задачи, водопользование, эффективность

Источник финансирования: субсидии на выполнение Государственного задания № 082-00062-25-00 за счет средств федерального бюджета.

Для цитирования: Ольгаренко В. И., Ольгаренко И. В., Ольгаренко В. Иг. Управление процессом планирования водопользования на оросительных системах в за-

висимости от времени изменения режима потока // Мелиорация и гидротехника. 2025. Т. 15, № 4. С. 34–46. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2025-15-4-34-46>.

LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Original article

Managing the water use planning process in irrigation systems depending on the flow regime time change

Vladimir I. Olgarenko¹, Igor V. Olgarenko², Vladimir Ig. Olgarenko³

^{1, 2}Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute named after A. K. Kortunov – branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation

³Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

¹nimi-info@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4399-997X>

²nimi-info@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4865-5642>

³olgarenko_vi@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9609-5571>

Abstract. Purpose: to model and substantiate the regularities of flow hydrodynamic processes to ensure a highly efficient solution to a set of problems for both routine and emergency situations during dispatch control. **Materials and methods.** The object of the study is the Miuskaya irrigation system of the Rostov region. Fifteen standard elementary sections were identified in the system, limited by the corresponding control structures, for which the required functions for the operational dispatch control of water distribution were calculated. The experiment was conducted in three stages: in the first, the parameters of the steady-state flow regime were determined using the Saint-Venant equations; in the second, the water filling process of a given section was simulated while adjusting the obtained steady-state flow regime; in the third, the time of transition to the steady-state flow regime under conditions of complete water filling of the section at its end point was calculated. **Results.** It was found that after 28 minutes, the flow regime becomes quasi-steady, and the interval between the first and second quasi-steady states is 96 minutes. This time interval is most suitable for organizing and implementing a water distribution control cycle. **Conclusions.** As a result of the modeling, flow parameters were established for the steady regime, the water filling regime, and the transition to steady flow under conditions of complete filling of the canal section with water at its end point. The conducted series of experimental studies and calculation functions determine the dependencies of hydrodynamic processes to ensure a highly effective solution to a set of problems for both routine and emergency situations under dispatch control, which in turn is decisive for the practical nature of the operation of irrigation systems.

Keywords: flow regime, irrigation system operation, water distribution, management tasks, water use, efficiency

Funding source: subsidies for the implementation of State Assignment No. 082-00062-25-00 are from the federal budget.

For citation: Olgarenko V. I., Olgarenko I. V., Olgarenko V. Ig. Managing the water use planning process in irrigation systems depending on the flow regime time change. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2025;15(4):34–46. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2025-15-4-34-46>.

Введение. Проведенный ряд исследований, анализ литературных данных и другой информации показывает, что функционирование оросительных систем основывается первоначально на научном обосновании их

водопользования. На практике водопользование сводится к определенному составу и порядку технико-технологических, финансово-экономических, эксплуатационных и других мероприятий, обеспечивающих сохранение и повышение эффективной работы оросительной системы в целом.

Приоритетными задачами водопользования на оросительных системах являются: составление планов забора воды по каналам и из источника; определение потенциальной и фактической водопотребности по системе; соответствующее водораспределение водопользователям; контроль за высокоэффективным водопользованием [1, 2]. В свою очередь современный уровень развития технологий обеспечивает эффективность решения этих задач посредством применения инструментов информационных технологий [3, 4].

Проводимые мероприятия по водопользованию, решающие соответствующие задачи, требуют детального обоснования инженерных и управленческих решений на основании повышения степени их оперативности и автоматизации работы [5]. При организации и проведении водопользования можно выделить две стадии – планирования и оперативного управления. На первой стадии принимаются решения о водозаборе и водораспределении для определенного интервала времени, чаще – для всего оросительного периода. На второй стадии учитываются фактически складывающиеся условия эксплуатационных характеристик: гидрологических, метеорологических, экономических, технико-технологических и др. [6].

Организация и планирование водораспределения по системе предполагают проведение мониторинга гидротехнических и линейных объектов [7], согласование графиков выполнения эксплуатационных, агротехнических, ремонтных работ и работ по техническому обслуживанию узлов, агрегатов, оборудования. То есть план водопользования и водораспределения является основой для технико-технологического и материально-финансового обеспечения всех видов работ, связанных с эксплуатацией оросительной системы и ее объектов в частности [8].

Таким образом, моделирование сложных процессов динамики гидродинамических характеристик потока в целях обоснования решения практических задач, направленных на обеспечение точности и оперативности водопользования, является актуальным и востребованным для повышения эффективности эксплуатации оросительных систем в целом [9–11].

Цель работы – моделирование и обоснование закономерностей гидродинамических процессов потока для обеспечения высокоэффективного решения комплекса задач как для штатных, так и нештатных ситуаций при диспетчерском управлении.

Материалы и методы. Объект исследования – Миусская оросительная система Ростовской области, линейная схема которой представлена на рисунке 1. На системе выделено 15 стандартных элементарных участков, ограниченных соответствующими перегораживающими сооружениями, для которых рассчитывались искомые функции для оперативного диспетчерского управления водораспределением. Участки на оросительной системе выбирались исходя из следующих принципов: начало и конец участка представлены перегораживающими и (или) водораспределяющими сооружениями (субъекты диспетчерского управления), тело участка представлено линейным сооружением (каналом). На каждом участке последовательно от начала при изменении направления русла канала выбираются створы в количестве 4 шт.

Методика проведения исследований включала в себя теоретические, информационно-аналитические и экспериментальные исследования объекта с использованием методов системного анализа, имитационного моделирования, математической статистики.

В результате использования средств информационно-технологической поддержки в контуре управления водопользованием на Миусской оросительной системе проведено изучение серии нестационарных течений в каналах, которые образуются после процесса перерегулирования канала от одного квазистационарного режима потока к другому.

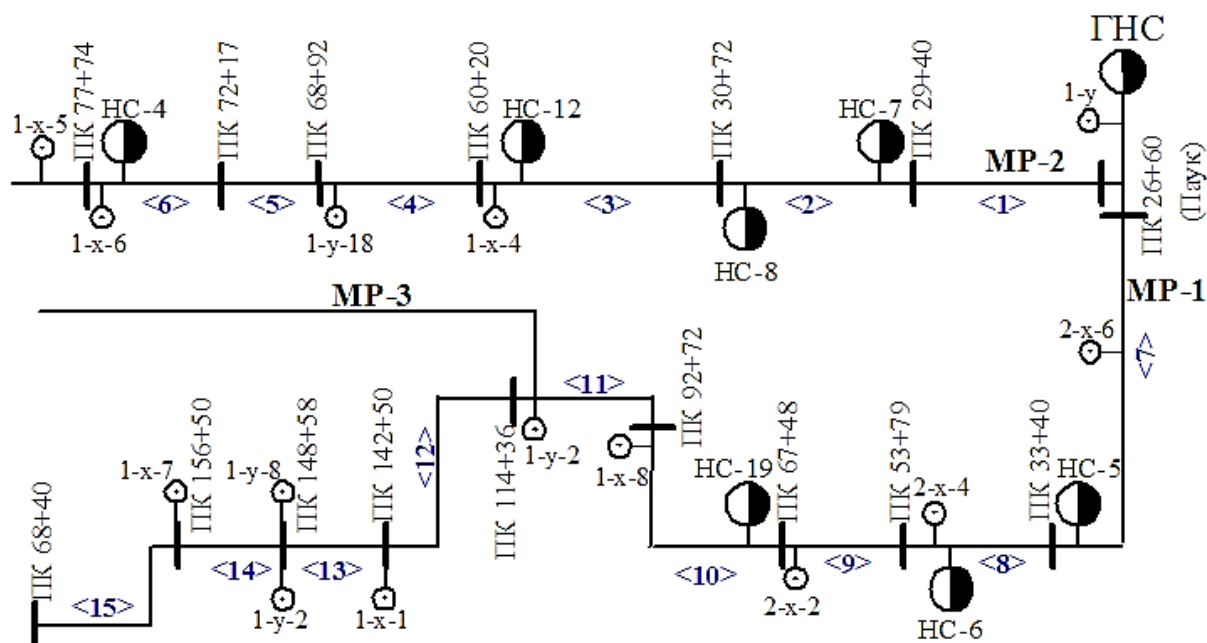


Рисунок 1 – Линейная схема Миусской оросительной системы
Figure 1 – Linear diagram of the Mius irrigation system

Пояснение к рисунку 1: на рисунке представлены следующие символы и обозначения: 1) распределительный канал (MP) – канал для распределительной связи иерархических уровней оросительной системы, нумеруется в соответствии с внутренними документами управления мелиоративными системами; 2) расчетные участки – это участки мелиоративной системы, на которых проводились эмпирические измерения их гидрологических характеристик: <1>, <2>, ..., <15> – условные обозначения нумерации участков; 3) водовыпуски во внутрихозяйственную мелиоративную сеть – это узлы конструкций, предназначенные для выпуска воды во внутрихозяйственную мелиоративную сеть, нумеруются в соответствии с внутренними документами управления мелиоративными системами, 1-х-5, 1-х-6 и т. д. – условные обозначения водовыпуска во внутрихозяйственную сеть номер 1 через хозяйственный канал номер 5 и 6 соответственно; 1-у-18, 1-у-8 и т. д. – условные обозначения водовыпуска во внутрихозяйственную сеть номер 1 через участковый канал номер 18 и 8 соответственно.

Математическое моделирование потоков в системе распределительных каналов реализовано на основе использования одномерных нестационарных и стационарных уравнений Сен-Венана, нестационарная модель которых в общем виде описывается следующими уравнениями:

- динамического равновесия:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + 2 \cdot V \cdot \frac{\partial Q}{\partial x} + (g \cdot \omega - B \cdot V^2) \cdot \frac{\partial Z}{\partial x} + g \cdot \omega \cdot \frac{\partial Q}{K^2} \cdot |Q| - V^2 \cdot \frac{\partial \omega}{\partial x} + B \cdot i = 0, \quad (1)$$

где Q – расход, м³/с;

t – время, с;

V – скорость потока, м/с;

x – продольная координата, ориентированная по ходу течения воды в канале, м;

g – ускорение силы тяжести, м/с²;

ω – площадь поперечного сечения, м²;

B – ширина потока (пример: $B(x, \zeta)$ – ширина потока на расстоянии x по вертикали ζ), м;

Z – ордината свободной поверхности, м;

K – модуль расхода;

i – уклона дна канала;

- неразрывности:

$$B + \frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} + q_f = 0, \quad (2)$$

где $Q(x, t)$ и $Z(x, t)$ – определяемые функции, характеризующие состояние потока, соответственно: расход, м³/с, и ордината свободной поверхности, м;

q_f – фильтрация, м³/с.

Поперечное сечение (ω) получаем из выражения:

$$\omega(x, h) = \int_0^h b(x, \zeta) d\zeta, \quad (3)$$

где h – глубина потока, м.

Глубину потока (h) получаем из выражения:

$$h(x, t) = Z(x, t) - Z_B(x), \quad (4)$$

где $Z_B(x)$ – ордината дна канала.

Модуль расхода (K) получаем из выражения:

$$K(x, h) = \omega \cdot C \sqrt{R(n)}, \quad (5)$$

где C – коэффициент Шези.

Коэффициент Шези получаем из выражения:

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}}, \quad (6)$$

где R – гидравлический радиус, м;

n – коэффициент шероховатости русла.

Скорость потока (V) получаем из выражения:

$$V = \frac{Q}{\omega}. \quad (7)$$

Уклон дна канала (i) получаем из выражения:

$$i = \frac{\partial Z_B}{\partial x}. \quad (8)$$

Условия соответствия эксперимента: разбаланс расходов (Q_p) учитывается до $\Delta Q_p/Q = 0,25$, например, при расходе на входе (в начале) ($Q_{вх}$), равном $2,20 \text{ м}^3/\text{с}$, и расходе на выходе (в конце), равном $1,76 \text{ м}^3/\text{с}$, с увеличением глубины потока от нормального уровня до $1,2 \text{ м}$ ($h_{норм} = 1,2 \text{ м}$); переход к установившемуся режиму течения воды после восстановления баланса расходов происходил через перегораживающие сооружения, с учетом характера медленно меняющегося потока между этими сооружениями.

Результаты и обсуждение. Эксперимент проводился в три этапа. На первом устанавливались параметры стационарного режима потока по уравнениям Сен-Венана по следующим интервалам: времени $\Delta t = 6 \text{ мин}$ и расчетной длине канала $\Delta x = 10 \text{ м}$ (таблица 1).

**Таблица 1 – Сводные данные расчета динамики течений
при стационарном режиме потока**
**Table 1 – Summary data of flow dynamics calculation
for a steady-state flow regime**

Время, мин	Расход Q , $\text{м}^3/\text{с}$			
	Створ 1	Створ 2	Створ 3	Створ 4
1	2	3	4	5
0,00	1,7600	1,7619	1,7633	1,7638
6,00	1,7600	1,7625	1,7645	1,7651
12,00	1,7600	1,7634	1,7661	1,767
18,00	1,7600	1,7647	1,7683	1,7695
24,00	1,7600	1,7663	1,7712	1,7729
30,00	1,7600	1,7685	1,7752	1,7775
36,00	1,7600	1,7715	1,7805	1,7836

Продолжение таблицы 1

Table 1 continued

1	2	3	4	5
42,00	1,7600	1,7753	1,7875	1,7916
48,00	1,7600	1,7803	1,7966	1,8022
54,00	1,7600	1,7867	1,8084	1,8159
60,00	1,7600	1,7946	1,8234	1,8334
66,00	1,7600	1,8041	1,8418	1,8553
72,00	1,7600	1,815	1,8637	1,8817
78,00	1,7600	1,8267	1,8875	1,9109
84,00	1,7600	1,8375	1,9092	1,9375
90,00	1,7600	1,8427	1,9176	1,9479
96,00	1,7600	1,8289	1,8869	1,9118
102,00	1,7600	1,7600	1,7600	1,7600

Второй этап – моделирование процесса наполнения заданного участка при корректировке полученного режима стационарного потока (таблица 1) и со следующими исходными данными (таблица 2) и условиями соответствия: при $t = 0$ мин $-1,76 \leq Q \leq 1,76$; при $t = 6$ мин $-1,76 \leq Q \leq 1,76$; при $t = 12$ мин $-1,66 \leq Q \leq 2,20$, фильтрация $q_f = 0,000034$ м³/с на 1 м длины канала. Результаты представлены в таблице 3. Дальнейшие расчеты показали, что при $t = 180$ мин $-1,66 \leq Q \leq 2,20$.

Таблица 2 – Исходные данные

Table 2 – Initial data

Показатель	Створ			
	1	2	3	4
$Q, \text{м}^3/\text{с}$	1,76	1,76	1,76	1,76

Таблица 3 – Сводные данные расчета динамики течения при наполнении участка

Table 3 – Summary data of flow dynamics calculations during water filling of the section

Время, мин	Расход $Q, \text{м}^3/\text{с}$			
	Створ 1	Створ 2	Створ 3	Створ 4
1	2	3	4	5
0,00	1,7600	2,1452	2,0421	1,8462
6,00	1,7600	1,7600	1,7600	1,7600
12,00	2,2000	1,8812	1,7764	1,6600
18,00	2,2000	1,9898	1,8124	1,6600
24,00	2,2000	2,0418	1,8495	1,6600
30,00	2,2000	2,0602	1,8725	1,6600

Продолжение таблицы 3

Table 3 continued

1	2	3	4	5
36,00	2,2000	2,0651	1,8807	1,6600
42,00	2,2000	2,0651	1,8804	1,6600
48,00	2,2000	2,0632	1,8772	1,6600
54,00	2,2000	2,0606	1,8738	1,6600
60,00	2,2000	2,0583	1,8712	1,6600
66,00	2,2000	2,0564	1,8694	1,6600
72,00	2,2000	2,0549	1,8681	1,6600
78,00	2,2000	2,0539	1,8672	1,6600
84,00	2,2000	2,0530	1,8664	1,6600
90,00	2,2000	2,0523	1,8657	1,6600

Третий этап – расчет времени перехода к стационарному режиму потока в условиях полного наполнения участка водой в конечной его точке (таблица 4).

Таблица 4 – Сводные данные расчета динамики течения при переходе к стационарному режиму в условиях полного наполнения участка

Table 4 – Summary data of calculation of dynamics of water flow during the transition to a steady-state regime under complete filling of the section

Время, мин	Расход Q , м ³ /с			
	Створ 1	Створ 2	Створ 3	Створ 4
0,00	2,2000	2,0500	1,8700	1,6600
6,00	1,7600	1,9270	1,8723	1,8280
12,00	1,7600	1,8233	1,8555	1,8693
18,00	1,7600	1,7821	1,8301	1,8556
24,00	1,7600	1,7737	1,8079	1,8263
30,00	1,7600	1,7730	1,7922	1,8010
36,00	1,7600	1,7716	1,7816	1,7847
42,00	1,7600	1,7689	1,7743	1,7754
48,00	1,7600	1,7661	1,7694	1,7700
54,00	1,7600	1,7638	1,7660	1,7666
60,00	1,7600	1,7623	1,7638	1,7642

В результате моделирования установлены гидрологические характеристики изучаемых участков оросительного канала. Так, анализ и интерполяция данных таблиц 1, 3, 4 показывает, что через 28 мин режим течения при переходе к стационарному становится квазиустановившимся, а промежуток между первым и вторым квазиустановившимися режимами со-

ставляет 96 мин. На каждом временном шаге во всех расчетных точках по длине каналов ограничение на величину числа Фруда ($Fr = U / \sqrt{g \cdot L}$, где U – характерный масштаб скорости; L – характерный размер области) составило меньше единицы, и поэтому течение можно считать медленно меняющимся, что делает обозначенный интервал времени наиболее подходящим для организации и проведения цикла регулирования водораспределения по участкам каналов оросительной системы.

Выводы. В результате моделирования установлены параметры потока для установившегося режима, режима наполнения и режима перехода к стационарному потоку в условиях полного наполнения участка канала водой в конечной его точке. Установлено, что при заданных гидродинамических характеристиках через 28 мин режим течения становится квазиустановившимся, а промежуток между первым и вторым квазиустановившимися режимами составляет 96 мин.

Таким образом, на основании проведения серии экспериментальных исследований и разработки расчетных функций обосновывается подход к определению времени изменения режима потока при водораспределении в каналах оросительных систем на основе уравнений Сен-Венана при условиях неустановившегося и установившегося движения жидкости в распределительных каналах с целью выявления закономерностей гидродинамических процессов для обеспечения высокоэффективного решения комплекса задач как для штатных, так и нештатных ситуаций в оперативном диспетчерском управлении процессами на оросительных системах.

Список источников

1. Multi-objective modeling and optimization of water distribution for canal system considering irrigation coverage in artesian irrigation district / Z. Mai, Y. He, C. Feng, C. Han, Y. Shi, W. Qi // Agricultural Water Management. 2024. Vol. 301. Article number: 108959. DOI: 10.1016/j.agwat.2024.108959. EDN: ETQZZA.
2. Sustainable management in irrigation water distribution system under climate change: Process-driven optimization modelling considering water-food-energy-environment synergies / Y. Chen, H. Li, Y. Xu, Q. Fu, Y. Wang, B. He, M. Li // Agricultural Water Management. 2024. Vol. 302. Article number: 108990. DOI: 10.1016/j.agwat.2024.108990. EDN: LYGIIC.

3. Мелиоративный комплекс Российской Федерации: информ. изд. / Г. В. Ольгаренко, С. С. Турапин, В. И. Булгаков, Т. А. Капустина, Н. А. Мищенко, М. С. Зверьков, Л. Е. Паутова, А. В. Грушин, Е. В. Медведева, А. И. Банникова, И. Д. Сосновских; ФГБНУ ВНИИ «Радуга». М.: Росинформагротех, 2020. 304 с. ISBN: 978-5-7367-1593-0. EDN: AVWQXO.

4. Юрченко И. Ф. Планирование системного водораспределения: современное состояние и приоритетные направления совершенствования // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 1. С. 184–199. DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-1-184-199. EDN: CUPZJN.

5. Использование мобильных IT-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. С. 30–47. DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-3-30-47. EDN: WCHPQE.

6. Принципы применения информационных технологий при организации и проведении планирования водопользования на оросительных системах / В. Ив. Ольгаренко, И. В. Ольгаренко, И. В. Коржов, В. Иг. Ольгаренко // Мелиорация и гидротехника. 2024. Т. 14, № 3. С. 100–115. DOI: 10.31774/2712-9357-2024-14-3-100-115. EDN: URAPHZ.

7. Методология влияния свободной порозности и водоотдачи на процессы, происходящие в почвогрунтах оросительных каналов с земляным руслом / О. В. Михеева, А. В. Кравчук, С. С. Орлова, Е. Н. Миркина, Т. А. Панкова // Природообустройство. 2024. № 1. С. 12–17. DOI: 10.26897/1997601120241-12-17. EDN: VQQBMF.

8. Юрченко И. Ф. Приоритетные направления и мероприятия современной цифровизации в мелиорации // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12, № 2. С. 84–100. DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-2-84-100. EDN: KYWLYQ.

9. Кирейчева Л. В. Основные направления водосбережения в орошаемом земледелии России // Мелиорация и водное хозяйство. 2024. № 4. С. 79–82. EDN: LJTZCL.

10. Шевченко В. А., Кирейчева Л. В. Научное обоснование мелиорации для устойчивого развития сельского хозяйства России // Мелиорация и водное хозяйство. 2024. № 4. С. 43–46. EDN: EGMLWW.

11. Ольгаренко В. И., Ольгаренко Г. В., Ольгаренко И. В. Оптимизация процессов водопользования на основе методологии ландшафтно-экологического подхода. Новочеркасск: Лик, 2019. 623 с. ISBN: 978-5-907158-42-9. EDN: UZWMT.

References

1. Mai Z., He Y., Feng C., Han C., Shi Y., Qi W., 2024. Multi-objective modeling and optimization of water distribution for canal system considering irrigation coverage in artesian irrigation district. *Agricultural Water Management*, vol. 301, article number: 108959, DOI: 10.1016/j.ag-wat.2024.108959, EDN: ETQZZA.

2. Chen Y., Li H., Xu Y., Fu Q., Wang Y., He B., Li M., 2024. Sustainable management in irrigation water distribution system under climate change: Process-driven optimization modelling considering water-food-energy-environment synergies. *Agricultural Water Management*, vol. 302, article number: 108990, DOI: 10.1016/j.agwat.2024.108990, EDN: LYGIIC.

3. Olgarenko G.V., Turapin S.S., Bulgakov V.I., Kapustina T.A., Mishchenko N.A., Zverkov M.S., Pautova L.E., Grushin A.V., Medvedeva E.V., Bannikova A.I., Sosnovskikh I.D., 2020. *Meliorativnyy kompleks Rossiyskoy Federatsii: inform. izdanie* [Land Reclamation Complex of the Russian Federation: Information Publ.]. Moscow, Rosinformagrotekh, 304 p., ISBN: 978-5-7367-1593-0, EDN: AVWQXO. (In Russian).

4. Yurchenko I.F., 2023. *Planirovanie sistemnogo vodoraspredeleniya: sovremennoe sostoyanie i prioritetye napravleniya sovershenstvovaniya* [System water distribution planning: modern state and priority areas for improvement]. *Melioratsiya i gidrotekhnika* [Land

Reclamation and Hydraulic Engineering], vol. 13, no. 1, pp. 184-199, DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-1-184-199, EDN: CUPZJN. (In Russian).

5. Volkova E.A., Kudravets D.A., Korzhov V.I., Korzhov I.V., 2023. *Ispol'zovanie mobil'nykh IT-prilozheniy dlya resheniya zadach vodopol'zovaniya na vnutrikhozyaystvennoy orositel'noy seti* [Using mobile IT applications for solving water use problems in the on-farm irrigation network]. *Melioratsiya i gidrotekhnika* [Land Reclamation and Hydraulic Engineering], vol. 13, no. 3, pp. 30-47, DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-3-30-47, EDN: WCHPQE. (In Russian).

6. Olgarenko V.Iv., Olgarenko I.V., Korzhov I.V., Olgarenko V.Ig., 2024. *Printsiipy primeneniya informatsionnykh tekhnologiy pri organizatsii i provedenii planirovaniya vodopol'zovaniya na orositel'nykh sistemakh* [Principles of using information technology in organizing and conducting water use planning in irrigation systems]. *Melioratsiya i gidrotekhnika* [Land Reclamation and Hydraulic Engineering], vol. 14, no. 3, pp. 100-115, DOI: 10.31774/2712-9357-2024-14-3-100-115, EDN: URAPHZ. (In Russian).

7. Mikheeva O.V., Kravchuk A.V., Orlova S.S., Mirkina E.N., Pankova T.A., 2024. *Metodologiya vliyaniya svobodnoy poroznosti i vodootdachi na protsessy, proiskhodyashchie v pochvogruntakh orositel'nykh kanalov s zemlyanym ruslom* [Methodology of the influence of free porosity and water loss on the processes occurring in the soils of irrigation channel with an earth bed]. *Prirodoobustroystvo* [Environmental Engineering], no. 1, pp. 12-17, DOI: 10.26897/1997601120241-12-17, EDN: VQQBMF. (In Russian).

8. Yurchenko I.F., 2022. *Prioritetnye napravleniya i meropriyatiya sovremennoy tsifrovizatsii v melioratsii* [Priority areas and activities of modern digitalization in land reclamation]. *Melioratsiya i gidrotekhnika* [Land Reclamation and Hydraulic Engineering], vol. 12, no. 2, pp. 84-100, DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-2-84-100, EDN: KYWLYQ. (In Russian).

9. Kireycheva L.V., 2024. *Osnovnye napravleniya vodosberezheniya v oroshaemom zemledelii Rossii* [Main directions of water conservation in irrigated agriculture of Russia]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Land Reclamation and Water Management], no. 4, pp. 79-82, EDN: LJTZCL.

10. Shevchenko V.A., Kireycheva L.V., 2024. *Nauchnoe obosnovanie melioratsii dlya ustoychivogo razvitiya sel'skogo khozyaystva Rossii* [Scientific justification of land reclamation development to provide sustainable agriculture in Russia]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Land Reclamation and Water Management], no. 4, pp. 43-46, EDN: EGMLWW. (In Russian).

11. Olgarenko V.I., Olgarenko G.V., Olgarenko I.V., 2019. *Optimizatsiya protsessov vodopol'zovaniya na osnove metodologii landshaftno-ekologicheskogo podkhoda* [Optimization of water use processes based on the methodology of landscape-ecological approach]. Novocherkassk, Lik Publ., 623 p., ISBN: 978-5-907158-42-9, EDN: UZWMT. (In Russian).

Информация об авторах

В. И. Ольгаренко – профессор кафедры, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, Заслуженный деятель науки РФ, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал Донского государственного аграрного университета (346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, д. 111), nimi-info@yandex.ru, AuthorID: 580234, ORCID: 0000-0003-4399-997X;

И. В. Ольгаренко – заместитель директора по науке и инновациям, доктор технических наук, доцент, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал Донского государственного аграрного университета (346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, д. 111), nimi-info@yandex.ru, AuthorID: 400173, ORCID: 0000-0002-4865-5642;

В. Иг. Ольгаренко – старший научный сотрудник, кандидат технических наук, Рос-

сийский научно-исследовательский институт проблем мелиорации (346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр-кт Баклановский, д. 190), olgarenko_vi@mail.ru, AuthorID: 653085, ORCID: 0000-0002-9609-5571.

Information about the authors

V. I. Olgarenko – Professor of the Department, Doctor of Technical Sciences, Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation, Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute named after A. K. Kortunov – branch of the Don State Agrarian University (346428, Rostov Region, Novocherkassk, Pushkinskaya Street, 111), nimi-info@yandex.ru, AuthorID: 580234, ORCID: 0000-0003-4399-997X;

I. V. Olgarenko – Deputy Director for Science and Innovation, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute named after A. K. Kortunov – branch of the Don State Agrarian University (346428, Rostov Region, Novocherkassk, Pushkinskaya Street, 111), nimi-info@yandex.ru, AuthorID: 400173, ORCID: 0000-0002-4865-5642;

V. Ig. Olgarenko – Senior Researcher, Candidate of Technical Sciences, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems (346421, Rostov Region, Novocherkassk, Baklanovsky Avenue, 190), olgarenko_vi@mail.ru, AuthorID: 653085, ORCID: 0000-0002-9609-5571.

*Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.*

*Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.*

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 01.04.2025; одобрена после рецензирования 02.12.2025;
принята к публикации 11.12.2025.
The article was submitted 01.04.2025; approved after reviewing 02.12.2025; accepted for
publication 11.12.2025.*