МЕЛИОРАЦИЯ, РЕКУЛЬТИВАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

Научная статья

УДК 626/627; 626.82

doi: 10.31774/2712-9357-2022-12-1-141-156

Моделирование процессов водораспределения на Пролетарской оросительной системе

Герман Александрович Сенчуков, Таисия Сергеевна Пономаренко

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация, rosniipmovpvapk@yandex.ru

Аннотация. Цель: проведение сценарных исследований гидродинамической модели Пролетарской оросительной системы для оценки влияния дополнительного регулирующего сооружения на ее режим работы. **Материалы и методы.** Для проведения сценарных исследований была разработана гидродинамическая модель участка Пролетарской ветви Донского магистрального канала общей протяженностью более 30 км. Модель использована для рассмотрения нескольких сценариев. **Результаты.** По результатам сценарных исследований гидродинамической модели Пролетарской оросительной системы установлено, что если использовать режим работы дополнительного сооружения, идентичный головному, то можно добиться снижения уровней воды в канале в пределах 16 см в верхнем бьефе и 80 см в нижнем бьефе, это приводит к уменьшению объемов воды на 45 млн м³. Такие уровни позволяют обеспечить работу канала ПР-1 в полном объеме, но появляется сложность в прогнозировании объема водоподдачи водопользователям, находящимся после перегораживающего сооружения на ПК 1427. В связи с этим была решена задача по подбору оптимального режима работы для дополнительного сооружения и сооружения на ПК 1427. Выявлено, что для обеспечения заданных условий отметка открытия затвора дополнительного сооружения не должна превышать 24,1 м БС, перегораживающего на ПК 1427 – 21,8 м БС. Такой режим работы сооружений позволяет сэкономить порядка 30 млн м³ воды за оросительный период. **Выводы.** По результатам сценарных исследований установлено, что наличие дополнительных сооружений улучшает регулирование и способствует повышению эффективности водопользования. В настоящее время определение геометрических параметров и подбор режимов работы таких сооружений можно производить на компьютерных моделях, используя при этом фактическое состояние оросительных систем.

Ключевые слова: оросительная система, канал, сооружение, гидродинамическое моделирование, оптимизация, объем, сценарные исследования

Для цитирования: Сенчуков Г. А., Пономаренко Т. С. Моделирование процессов водораспределения на Пролетарской оросительной системе // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12, № 1. С. 141–156. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-1-141-156>.

LAND RECLAMATION, RECULTIVATION AND LAND PROTECTION

Original article

Water distribution process modeling on the Proletarskaya irrigation system

German A. Senchukov, Taisiya S. Ponomarenko

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation, rosniipmovpvapk@yandex.ru

Abstract. Purpose: to conduct scenario studies of the hydrodynamic model of the Proletarskaya irrigation system to assess the impact of an additional regulation structure on its operation mode. **Materials and methods.** To conduct scenario studies, a hydrodynamic model was developed for the section of the Proletarskiy branch of the Don main canal with a total length of more than 30 km. The model is used to consider several scenarios. **Results.** According to the scenario studies results of the hydrodynamic model of the Proletarskaya irrigation system, it was found that using the operation mode of the additional structure identical to the head one, it is possible to achieve a water level reduction in the canal within 16 cm in the upstream and 80 cm in the downstream, which leads to a decrease in water storage by 45 million m³. Such levels make it possible to ensure the operation of the PR-1 canal in full, but it is difficult to predict the volume of water supply to water users located after the control structure at PK 1427. In this regard, the problem of selecting the optimal operating mode for the additional structure and structure at PK 1427 was solved. It was revealed that to ensure the specified criteria, the gate opening rate of the additional structure should not exceed 24.1 m BS, blocking on PK 1427 – 21.8 m BS. Such an operation mode of the structures allows saving about 30 million m³ of water during the irrigation period. **Conclusions.** Based on the results of scenario studies, it was found that the presence of additional structures improves regulation and contributes to an increase in the water use efficiency. At present, the determination of geometric parameters and the selection of operation modes of such structures can be carried out on computer models, using the actual state of irrigation systems.

Keywords: irrigation system, canal, structure, hydrodynamic modeling, optimization, volume, scenario studies

For citation: Senchukov G. A., Ponomarenko T. S. Water distribution process modeling on the Proletarskaya irrigation system. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2022;12(1):141–156. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-1-141-156>.

Введение. В настоящее время на открытых оросительных системах, построенных в 50–60-х гг. прошедшего столетия, возникают проблемы водообеспечения потребителей в условиях маловодности [1, 2]. Это связано с неудовлетворительным техническим состоянием гидротехнических сооружений (изменение геометрических характеристик каналов, отсутствие автоматизированных средств измерений и регулирования), а также с изменением схем водораспределения из-за преобразования крупных хозяйств в более мелкие – фермерские [3, 4].

Анализ данных государственного мониторинга водных объектов показал, что на сегодняшний день износ более 50 % от общего количества сооружений составляет 76–100 % (рисунок 1).

Оросительные системы Ростовской области не являются исключением. Одной из наиболее водоемких является Пролетарская оросительная система, она отвечает за водоподачу на северные рисовые чеки площадью

более 20 тыс. га. Вода в систему подается самотеком из Донского магистрального канала через шлюз-регулятор в Пролетарский распределитель протяженностью 83 км и пропускной способностью $54 \text{ м}^3/\text{с}$ [1, 5].

Рисунок 1 – Актуальные данные о фактическом износе сооружений

Figure 1 – Actual data on observed depreciation of structures

В настоящее время одной из проблем на данной системе является удаленное расположение некоторых хозяйств-водопотребителей относительно магистрального канала. Вода таким хозяйствам подается по сети каналов второстепенного порядка, при этом возникает необходимость поддержания высоких уровней в магистральном канале для самотечной подачи воды в хозяйственные распределители. Регулирование водоподачи за счет поддержания уровней приводит к непроизводительным потерям воды на испарение, фильтрацию и наполнение участка канала от перегородивающего сооружения до водовыдела [6, 7].

В связи с этим целью данной работы являлись сценарные исследования гидродинамической модели для оценки влияния виртуального дополнительного регулирующего сооружения на эксплуатационный режим канала.

Материалы и методы. Для проведения сценарных исследований была разработана гидродинамическая модель участка Пролетарской ветви Донского магистрального канала общей протяженностью более 30 км.

Модель разработана в программном комплексе MIKE, математическая основа которого построена на уравнениях Сен-Венана [8, 9]. Такие программные комплексы широко применяются в зарубежных исследованиях [10].

В структуру модели также включены два межхозяйственных водораспределителя ПР-1 и ПР-2 и один внутривоспользовательский 4-Х-2. На рисунке 2 представлен участок моделирования с плановым местоположением сооружений [11].

Рисунок 2 – Оцифрованный участок моделирования
Figure 2 – Digitized modeling area

Геометрия канала описана поперечными сечениями, построенными по результатам полевых геодезических измерений. Общее количество поперечных сечений составило 117 шт. Средняя ширина сечения по верху составляет порядка 35 м.

Модель разработана с учетом действующих водовыпусков и перего-

раживающих сооружений. Общее количество сооружений в модели составило девять. Исходными гидрологическими данными модели являются уровни воды [12, 13].

При моделировании учтены два параметра данного раздела: шероховатость русла и фильтрация через дно и откосы канала.

Результаты и обсуждение. Описание условий сценариев 1, 2. Подача воды из магистрального канала в хозяйственный распределитель осуществляется посредством водовыпуска ПР-1, который расположен на расстоянии 20 км от головного сооружения. Данный водовыпуск включается в работу по мере заполнения магистрального канала до рабочих отметок.

Следующий водовыпуск по трассе магистрального канала находится в 10 км от данного канала и в 300 м от сооружения на ПК 1427 (далее ПС 2) (верхний бьеф). В данном сценарии в модель внесено виртуальное дополнительное сооружение, расположенное на 900 м ниже по течению водовыпуска ПР-1.

Входными параметрами модели являются данные о динамике уровней воды на головном сооружении магистрального канала за период с мая по октябрь 2019 г. В соответствии с СП 100.13330.2016 «Мелиоративные системы и сооружения» коэффициент шероховатости русла канала принят равным 0,025, а коэффициент фильтрации согласно данным инженерно-геологических изысканий равным 0,1 м/сут. Режим работы щитов в течение вегетационного периода описан временным рядом, соответствующим эксплуатационным данным 2019 г. Геометрические характеристики дополнительного сооружения соответствуют головному. Стоит отметить, что предварительно был осуществлен ряд сценарных расчетов для определения оптимального местоположения дополнительного сооружения, в ходе которого установлено, что оптимальным является ПК 21000. Главным кри-

териум оптимальности послужило гарантированное обеспечение потребности водопользователей.

В данном исследовании для предварительной проработки критериев режима работы дополнительного сооружения рассмотрены два сценария со следующими условиями:

- виртуальное сооружение расположено на ПК 21000 с режимом работы щита, соответствующим головному сооружению (сценарий 1);
- виртуальное сооружение расположено на ПК 21000 с режимом работы щита, соответствующим сооружению на ПС 2 (сценарий 2).

Результаты. Для определения влияния дополнительного сооружения на гидравлические характеристики выполнено сравнение следующих показателей:

- уровней воды по всей длине магистрального канала (рисунок 3);
- расходов и объемов воды;
- скорости течения.

Значительные различия в уровнях воды имеют место при сравнении фактических данных и результатов моделирования в сценарии 2. В данном сценарии уровни воды в верхнем бьефе в некоторых местах превышают бровки, что является недопустимым условием. Поэтому для дальнейшего анализа рассмотрен сценарий 1, результаты которого показали высокую сходимость с фактическими данными. В данном случае значения уровней воды в модели ниже на 0,16 м в верхнем бьефе и на 0,8 м в нижнем. Такие уровни позволяют обеспечить работу канала ПР-1 в полном объеме.

Соответственно уровням воды расходы незначительно понижаются в диапазоне от 1 до 7 м³/с (рисунок 4), что приводит к уменьшению объемов на 10 %. В абсолютных величинах это значение составляет 45 млн м³.

Скорости также незначительно снижаются в диапазоне 0,01–0,07 м/с (рисунок 5).

Рисунок 3 – Сопоставление уровней воды при различных сценариях
 Figure 3 – Comparison of water levels under different scenarios

Рисунок 4 – Сопоставление расходов и объемов воды
Figure 4 – Comparison of water discharge and water storage

Рисунок 5 – Сопоставление скорости течения воды
Figure 5 – Comparison of water flow rate

Результаты моделирования подтверждают, что наличие дополнительного сооружения оказывает влияние на гидравлические характеристики потока, при этом подача воды водопользователям обеспечивается в полном объеме. Наблюдается некоторое высвобождение объемов воды (порядка 45 млн м³), которое связано с уменьшением подачи в точки водовыдела выше существующего и дополнительного сооружения. В связи с этим в последующем сценарии необходимо подобрать оптимальный режим работы регулирующих сооружений.

Описание условий сценария 3. Из предыдущего сценария следует, что размещение дополнительного сооружения способствует уменьшению объемов воды для поддержания рабочих горизонтов [11]. Но без изменения режима работы существующего сооружения ПС 2 невозможно обеспечить требуемые объемы. Поэтому цель данного сценарного исследования – подбор оптимального режима работы дополнительного сооружения и существующего ПС 2. Обязательное условие сценария – поддержание необходимых уровней и расходов воды для гарантированного обеспечения водопользователей.

Исходные граничные условия и гидродинамические параметры аналогичны сценарию 1. Открытие и закрытие щитов на всех сооружениях соответствует эксплуатационным данным 2019 г. Режим работы дополнительного сооружения автоматически рассчитывается методом итераций исходя из следующих условий:

- параметры сооружения соответствуют головному;
- максимальное открытие щитов 3,5 м (рисунок 6);
- тип контролирующей точки – максимальный расход сооружения;
- тип целевой точки – уровень воды, не превышающий форсированные значения.

Режим работы сооружения ПС 2 подобран с учетом влияния дополнительного.

Рисунок 6 – Схематичное изображение дополнительного сооружения
Figure 6 – Schematic view of the additional structure

Результаты. После проведения расчетов получены следующие результаты:

- уровни воды по всей длине магистрального канала (таблица 1);
- объемы воды (рисунок 7);
- режим работы сооружений (посуточная отметка затвора) за весь оросительный период (рисунок 8).

Таблица 1 – Сопоставление фактических и расчетных уровней воды при условиях сценария 3

Table 1 – Comparison of actual and designed water levels under scenario 3

Наименование пикета / Mark name	Максимальный уровень воды, м БС / Maximum water level, m BS		Отклонение / Deviation
	Фактический / Actual	Расчетный / Designed	
1	2	3	4
МС 0	26,03	26,03	0
МС 3500	25,49	25,49	0
МС 5500	25,43	25,4	0,03
МС 9000	25,37	25,32	0,05
МС 12000	25,32	25,25	0,07
МС 14500	25,29	25,2	0,09
МС 19700	25,23	25,11	0,12
МС 21300	25,21	24,88	0,33
МС 23100	25,2	24,86	0,34
МС 24700	25,19	24,84	0,35
МС26500	25,18	24,83	0,35
МС 29500	25,17	24,8	0,37
МС30500	25,17	24,79	0,38
ПР-1 30	21,31	21,29	0,02
ПР-1 2175	16,6	16,59	0,01
ПР-1 5878	16,54	16,53	0,01

Продолжение таблицы 1

Table 1 continuation

1	2	3	4
ПР-1 11875	15,69	15,69	0
ПР-1 12960	15,63	15,63	0
4-X-2 50	15,77	15,77	0
ПР-2 0	25,17	24,79	0,38

**Рисунок 7 – Объемы воды, полученные
в результате расчета по сценарию 3**

**Figure 7 – Water volumes obtained
as a calculation data according to scenario 3**

Установлено, что, несмотря на незначительное снижение уровней воды, полученных в результате расчета данного сценария, необходимые

объемы водоподдачи обеспечиваются. Перепад уровней верхнего и нижнего бьефа дополнительного сооружения при максимальном заполнении составляет 0,12 м, на перегораживающем ПС 2 – 0,38 м.

Рисунок 8 – Режимы работы регулирующих сооружений
Figure 8 – Operating modes of control structures

Графики динамики фактических и сценарных расходов воды имеют схожую форму, различие в абсолютных значениях не превышает $5 \text{ м}^3/\text{с}$. При этом разница в объемах составляет порядка 37 млн м^3 .

Снижение объемов происходит за счет уменьшения уровней, которое не является критическим и обеспечивает необходимые расходы на данном участке. На рисунке 8 представлена динамика уровней воды на регулирующих сооружениях при рассматриваемом сценарии.

Наибольшее снижение объемов отмечается в магистральном канале (30 млн м^3), на межхозяйственных водовыделах изменения незначительны. Это подтверждает, что нет необходимости поддерживать форсированные уровни в канале в течение всего оросительного периода. Для подтверждения данного предположения необходимо разработать модель всей ороси-

тельной системы (порядка 90 км) с наиболее крупными межхозяйственными водораспределителями.

Что касается режима работы затворов сооружений, то установлено, что для обеспечения заданных условий отметка открытия затвора дополнительного сооружения не должна превышать 24,1 м БС, перегораживающего ПС 2 – 21,8 м БС. График режима работы сооружений для получения заданных параметров представлен на рисунке 8.

Исходя из представленных сценарных исследований, можно сделать вывод, что одним из способов уменьшения объемов водопотребления в условиях маловодности является оперативное управление водораспределением путем устройства дополнительных перегораживающих сооружений в местах расположения водовыпусков. В настоящее время установление геометрических параметров и подбор режимов работы таких сооружений можно производить на компьютерных моделях, используя при этом фактическое состояние оросительных систем.

Выводы. По результатам сценарных исследований гидродинамической модели Пролетарской оросительной системы установлено, что наличие дополнительного сооружения способствует оперативности управления. Отмечено, что если использовать режим работы дополнительного сооружения, идентичный головному, то можно добиться снижения уровней воды в канале в пределах 16 см в верхнем бьефе и 80 см в нижнем бьефе. Это приводит к уменьшению объемов воды на 10 %. В абсолютных величинах это значение составляет 45 млн м³. Такие уровни позволяют обеспечить работу канала ПР-1 в полном объеме, но появляется сложность в прогнозировании объема водоподачи водопользователям, находящимся после перегораживающего сооружения ПС 2. В связи с этим была решена задача по подбору оптимального режима работы для дополнительного сооружения и сооружения ПС 2. Установлено, что для обеспечения заданных условий отметка открытия затвора дополнительного сооружения не должна пре-

вышать 24,1 м БС, перегораживающего ПС 2 – 21,8 м БС. Такой режим работы сооружений позволяет сэкономить порядка 30 млн м³ воды за оросительный период.

В заключении можно сделать вывод, что наличие дополнительных сооружений улучшает регулирование и способствует повышению эффективности водопользования.

Список источников

1. Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография. В 2 ч. Ч. 1 / В. Н. Щедрин, А. В. Колганов, С. М. Васильев, А. А. Чураев. Новочеркасск: Геликон, 2013. 283 с.
2. Пулатов Я. Э. Водосберегающие технологии орошения и эффективность использования воды в сельском хозяйстве // Экология и строительство. Таджикистан, 2017. № 4. С. 21–26.
3. Organization of water accounting and water saving of irrigation water based on world experience in the conditions of changing climate / T. S. Koshkarova, L. N. Medvedeva, A. A. Novikov, L. A. Voyevodina // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020, 14 Oct. Vol. 577, iss. 1. Article number: 012013. DOI: 10.1088/1755-1315/577/1/012013.
4. Щедрин В. Н., Васильев С. М., Чураев А. А. Комплексный подход к оценке поколений оросительных систем на основе средств имитационного моделирования сложных систем // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 4(32). С. 189–193.
5. Мелихов К. М., Пахомов А. А., Колобанова Н. А. Возможность автоматизации подачи заданного расхода воды на открытых оросительных системах // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 10(52). С. 161–163.
6. Алдошкин А. А. Концепции необходимости разработки инновационных технологий строительства оросительных систем // Вестник мелиоративной науки. 2020. № 2. С. 58–65.
7. Моделирование динамического управления водораспределением на каналах открытой оросительной сети / В. Н. Щедрин, А. А. Чураев, В. М. Школьная, Л. В. Юченко // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2015. № 4(20). С. 1–20. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=819> (дата обращения: 01.11.2021).
8. MIKE 11: A Modelling System for Rivers and Channels. Reference Manual. 2013.
9. MIKE 11: River and Channel Modelling. Short Introduction – Tutorial. 2013.
10. Warnakulasooriya W. I. U., Shantha A. A. The impact of water management practices on paddy productivity in the dry zone of Sri Lanka // Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 2021. Vol. 15(5). P. 1–9. DOI: 10.22587/ajbas.2021.15.5.1.
11. Математическое моделирование и исследование течений в Миусской оросительной системе на имитационной модели / В. И. Ольгаренко, Н. С. Степанова, О. П. Кисаров, И. В. Ольгаренко // Известия ЮФУ. 2012. № 6(131). С. 52–56.
12. Техническое состояние и эффективность режима эксплуатации Пролетарского магистрального канала / В. Д. Гостищев, Т. С. Пономаренко, А. Н. Рыжаков, Д. В. Мартынов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 2(70). С. 6–10.

13. Пономаренко Т. С., Бреева А. В. Результаты сценарных исследований полифункциональной модели Пролетарского магистрального канала // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2017. № 3(67). С. 5–9.

References

1. Shchedrin V.N., Kolganov A.V., Vasiliev S.M., Churaev A.A., 2013. *Orositel'nye sistemy Rossii: ot pokoleniya k pokoleniyu: monografiya* [Irrigation Systems of Russia: from Generation to Generation: monograph]. Pt. 1, Novocherkassk, Helikon Publ., 283 p. (In Russian).
2. Pulatov Ya.E., 2017. *Vodosberegayushchie tekhnologii orosheniya i effektivnost' ispol'zovaniya vody v sel'skom khozyaystve* [Water-saving irrigation technologies and water use efficiency in agriculture]. *Ekologiya i stroitel'stvo* [Ecology and Construction]. Tajikistan, no. 4, pp. 21-26. (In Russian).
3. Koshkarova T.S., Medvedeva L.N., Novikov A.A., Voyevodina L.A., 2020. Organization of water accounting and water saving of irrigation water based on world experience in the conditions of changing climate. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 14 Oct., vol. 577, iss. 1, article number: 012013, DOI: 10.1088/1755-1315/577/1/012013.
4. Shchedrin V.N., Vasiliev S.M., Churaev A.A., 2013. *Kompleksnyy podkhod k otsenke pokoleniy orositel'nykh sistem na osnove sredstv imitatsionnogo modelirovaniya slozhnykh sistem* [An integrated approach to assessing the irrigation system generations based on complex systems simulation tools]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Bull. of Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education], no. 4(32), pp. 189-193. (In Russian).
5. Melikhov K.M., Pakhomov A.A., Kolobanova N.A., 2016. *Vozmozhnost' avtomatizatsii podachi zadannogo raskhoda vody na otkrytykh orositel'nykh sistemakh* [The Possibility of Automating the Supply of a Given Water Flow in Open Irrigation Systems]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal* [International Scientific Research Journal], no. 10(52), pp. 161-163. (In Russian).
6. Aldoshkin A.A., 2020. *Kontseptsii neobkhodimosti razrabotki innovatsionnykh tekhnologiy stroitel'stva orositel'nykh sistem* [Concepts of the need to develop innovative technologies for the construction of irrigation systems]. *Vestnik meliorativnoy nauki* [Bulletin of Reclamation Science], no. 2, pp. 58-65. (In Russian).
7. Shchedrin V.N., Churaev A.A., Shkolnaya V.M., Yuchenko L.V., 2015. [Simulation of dynamic management of water distribution at canals of open irrigation network]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 4(20), pp. 1-20, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=819> [accessed 01.11.2021]. (In Russian).
8. MIKE 11: A Modelling System for Rivers and Channels. Reference Manual. 2013.
9. MIKE 11: River and Channel Modelling. Short Introduction. Tutorial. 2013.
10. Warnakulasooriya W.I.U., Shantha A.A., 2021. The impact of water management practices on paddy productivity in the dry zone of Sri Lanka. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, vol. 15(5), pp. 1-9, DOI: 10.22587/ajbas.2021.15.5.1.
11. Olgarenko V.I., Stepanova N.S., Kisarov O.P., Olgarenko I.V., 2012. *Matematicheskoe modelirovanie i issledovanie techeniy v Miusskoy orositel'noy sisteme na imitatsionnoy modeli* [Mathematical modeling and study of flows on the Miusskaya irrigation system simulation model]. *Izvestiya YUFU* [Bull. YuFU], no. 6(131), pp. 52-56. (In Russian).
12. Gostishchev V.D., Ponomarenko T.S., Ryzhakov A.N., Martynov D.V., 2018. *Tekhnicheskoe sostoyanie i effektivnost' rezhima ekspluatatsii Proletarskogo magistral'nogo kanala* [Technical state and operational regime of Proletarskiy main canal]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshayemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 2(70), pp. 6-10. (In Russian).
13. Ponomarenko T.S., Breeva A.V., 2017. *Rezultaty stsennarnykh issledovaniy poli-*

funktsional'noy modeli Proletarskogo magistral'nogo kanala [Results of scenario studies of the polyfunctional model of Proletarskiy main canal]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 3(67), pp. 5-9. (In Russian).

Информация об авторах

Г. А. Сенчуков – заместитель директора по науке в области водных ресурсов, кандидат технических наук, rosniipmovpvapk@yandex.ru

Т. С. Пономаренко – научный сотрудник, rosniipmovpvapk@yandex.ru

Information about the authors

G. A. Senchukov – Deputy Director for Science in the Field of Water Resources, Candidate of Technical Sciences, rosniipmovpvapk@yandex.ru

T. S. Ponomarenko – Researcher, rosniipmovpvapk@yandex.ru

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 08.12.2021; одобрена после рецензирования 25.01.2022; принята к публикации 09.02.2022.

The article was submitted 08.12.2021; approved after reviewing 25.01.2022; accepted for publication 09.02.2022.