

**ISSN 2313-2248**

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

**Научно-практический журнал**

**Выпуск № 3(87)/2022**

**Новочеркасск**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МЕЛИОРАЦИИ»  
(ФГБНУ «РосНИИПМ»)

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

Научно-практический журнал  
ФГБНУ «РосНИИПМ»  
Издается с июня 1978 года  
Выходит четыре раза в год

**Выпуск № 3(87)/2022**

Июль – сентябрь 2022 г.

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

**Главный редактор, председатель редакционной коллегии** – доктор сельскохозяйственных наук  
А. Н. Бабичев

**Заместитель главного редактора** – кандидат технических наук Д. В. Бакланова

**Редакторы:** доктор сельскохозяйственных наук, профессор Г. Т. Балакай; доктор сельскохозяйственных наук, доцент И. В. Гурина, кандидат технических наук О. А. Баев; кандидат физико-математических наук М. В. Власов; кандидат сельскохозяйственных наук О. В. Воеводин; кандидат сельскохозяйственных наук, доцент В. Д. Гостищев; кандидат сельскохозяйственных наук Л. М. Докучаева; кандидат технических наук А. Л. Кожанов; кандидат сельскохозяйственных наук В. А. Монастырский; кандидат технических наук В. Иг. Ольгаренко; кандидат сельскохозяйственных наук С. А. Селицкий; кандидат технических наук В. В. Слабунов; кандидат технических наук А. А. Чураев; кандидат технических наук А. С. Штанько; кандидат сельскохозяйственных наук Р. Е. Юркова

**Ответственный секретарь** – Л. И. Юрина

**Технический редактор, выпускающий** – Е. А. Бабичева

**Литературный редактор** – А. И. Литовченко

**Переводчик** – В. В. Кульгавюк

**Адрес редакции и издателя:**

346421, Ростовская область,  
г. Новочеркасск, пр. Баклановский, д. 190

**Тел.:** (8635) 26-65-00, 26-02-02

<http://www.rosniipm.ru/journal/ppeoz>  
e-mail: transfer-rosniipm@yandex.ru

**Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи,  
информационных технологий и массовых коммуникаций  
Свидетельство ПИ № ФС 77-82276 от 10 ноября 2021 г.**

Подписано в печать 30.09.2022. Формат 60×84/8.

Усл. печ. л. 12,56. Тираж 500 экз. Заказ № 23

ФГБНУ «РосНИИПМ»  
346421, Ростовская область,  
г. Новочеркасск, пр. Баклановский, д. 190

Отпечатано ИП Белоусов А. Ю.  
346421, Ростовская область,  
г. Новочеркасск, пр. Баклановский, д. 186

ISSN 2313-2248



9 772313 224008

Дата выхода в свет 14.10.2022

Свободная цена

© ФГБНУ «РосНИИПМ», 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

### МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

#### *Научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов «Актуальные научные исследования в области мелиорации»*

- Сенчуков Г. А., Рыжаков А. Н., Кузьмичев А. А.** Анализ состояния фактически орошаемых земель в Ростовской области ..... 4–11
- Бакланова Д. В., Талалаева В. Ф.** Определение зависимости расхода от глубины водного потока в контрольном створе магистрального канала ..... 12–18
- Баев О. А., Шевченко А. В.** О выборе методики расчета расходно-скоростных параметров зон отстоя и нереста рыб, устраиваемых в рыбоходно-нерестовых каналах ..... 19–27
- Гарбуз А. Ю.** Современные технические и технологические решения для ремонта деформационных швов и повреждений бетонных облицовок каналов ..... 28–34
- Рыжаков А. Н., Мартынов Д. В.** Анализ факторов, влияющих на востребованность развития орошения в Ростовской области ..... 35–41
- Малышева Н. Н., Бочко Т. Ф., Хаджиди А. Е., Кочнева А. Е.** К вопросу формирования системы комплексных мелиораций на агроландшафтной основе .... 42–51
- Антясова Е. А., Василевская Л. С.** Современные методы оценки состояния железобетонных конструкций гидротехнических сооружений ..... 52–60
- Талалаева В. Ф.** Результаты натурных обследований сооружений Черноземельского магистрального канала ..... 61–68
- Шкура В. Н., Шевченко А. В.** Компонировочно-конструктивные решения входных оголовков пригидроузловых рыбоходно-нерестовых каналов с дополнительным блоком питания ..... 69–76
- Рыжаков А. Н.** Анализ показателей системных планов водопользования по оросительным системам Ростовской области ..... 77–83

### МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

- Докучаева Л. М., Юркова Р. Е., Селицкий С. А.** Оценка качества вод заливов Балка Малая Садковка и Балка Большая Садковка и мероприятия по снижению их воздействия на почвенные процессы ..... 84–91
- Гурина И. В.** Особенности возделывания томатов открытого грунта на мелиорированных землях ..... 92–99

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

- Васильченко А. П., Шепелев А. Е.** Анализ устройств для проведения культуртехнических работ по удалению древесно-кустарниковой растительности на землях сельскохозяйственного назначения ..... 100–108

## МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

### *Научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов «Актуальные научные исследования в области мелиорации»*

## CONFERENCE PROCEEDINGS

### *Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists “Current Scientific Research in the Field of Land Reclamation”*

Научная статья

УДК 631.587

#### **Анализ состояния фактически орошаемых земель в Ростовской области**

**Герман Александрович Сенчуков<sup>1</sup>, Алексей Николаевич Рыжаков<sup>2</sup>,  
Александр Анатольевич Кузьмичев<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,  
Российская Федерация

<sup>1</sup>g19752011@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4185-3520>

<sup>2</sup>xrust.89@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9268-255X>

<sup>3</sup>flutbet@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5478-8847>

**Аннотация. Цель:** провести анализ состояния орошаемых земель в Ростовской области. **Материалы и методы.** В ходе проведения исследований был выполнен анализ данных об орошаемых землях Ростовской области по состоянию на 01.01.2021 по таким показателям: общая площадь земель, предусмотренная на орошение; площадь фактически орошаемых земель; потенциальная площадь орошения; источники водозабора; факторы, влияющие на востребованность орошения. **Результаты и обсуждения.** В результате анализа выявлено, что из общей площади земель, предусмотренной на орошение (233,6 тыс. га), в 2020 г. фактически было полито 49,5 тыс. га (21,2 %). Наибольшая площадь полива сконцентрирована в Багаевском, Веселовском, Волгодонском, Мартыновском, Пролетарском и Семикаракорском районах, т. е. на оросительных системах водохозяйственного комплекса Донского магистрального канала (ДМК). Потенциальная площадь орошения в Ростовской области дополнительно составляет 184,1 тыс. га. **Выводы.** В настоящее время в регионе полив осуществляется лишь на пятой части мелиорируемых угодий, при этом основным водоисточником являются государственные мелиоративные системы. Наиболее полно используются орошаемые площади оросительных систем водохозяйственного комплекса ДМК, а на оросительных системах, не связанных с ДМК, фактически поливается от 12 до 25 % от возможной площади орошения.

**Ключевые слова:** мелиоративный комплекс, орошаемое земледелие, фактически орошаемые земли, потенциальная площадь орошения, востребованность орошения

\*\*\*\*\*

Original article

#### **Analysis of the state of actually irrigated lands in Rostov region**

**German A. Senchukov<sup>1</sup>, Alexey N. Ryzhakov<sup>2</sup>, Alexandr A. Kuzmitchev<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,  
Russian Federation

<sup>1</sup>g19752011@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4185-3520>



<sup>2</sup>xrust.89@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9268-255X>

<sup>3</sup>flutbet@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5478-8847>

**Abstract. Purpose:** to analyze the state of irrigated lands in Rostov region. **Materials and methods.** In the course of the research, an analysis was made of data on irrigated lands in the Rostov region as of 01.01.2021 according to the following indicators: the total area of land provided for irrigation; the area of actually irrigated lands; potential irrigation area; sources of water intake; factors affecting the demand for irrigation. **Results and discussions.** As a result of the analysis, it was revealed that out of the total area of land provided for irrigation (233.6 thousand hectares), in 2020, 49.5 thousand hectares (21.2 %) were actually irrigated. The largest area of irrigation is concentrated in Bagaevsky, Veselovsky, Volgo-Donsky, Martynovsky, Proletarsky and Semikarakorsky districts, i. e., on the irrigation systems of the water management complex of the Donskoy Main Canal (DMC). The potential area for irrigation in Rostov region is additionally 184.1 thousand hectares. **Conclusions.** Currently, in the region, irrigation is carried out only on a fifth part of the reclaimed lands, while the main water source is the state reclamation systems. The irrigated areas of the irrigation systems of the DMC water management complex are used most fully, and on irrigation systems not associated with the DMC, 12–25 % of the possible irrigation area is actually irrigated.

**Keywords:** reclamation complex, irrigated agriculture, actually irrigated lands, potential irrigation area, demand for irrigation

**Введение.** Российская Федерация (РФ) обладает значительными площадями сельскохозяйственных угодий и имеет возможность полностью обеспечить собственную продовольственную безопасность [1], однако по эффективности использования земельных ресурсов отстает от среднего мирового уровня [2].

Согласно информации, представленной в докладе о мелиоративном комплексе РФ [3], в 2020 г. площадь земель под орошением равнялась 4,67 млн га, а полив был произведен на территории 1,69 млн га. Таким образом, не поливалось 64 % от этих земель (2,9 млн га). Исходя из технического состояния оросительных систем (ОС) [4] и водохозяйственного состояния в целом, показатели орошения по Ростовской области не превышают таковых по стране, а то и находятся на меньшем уровне.

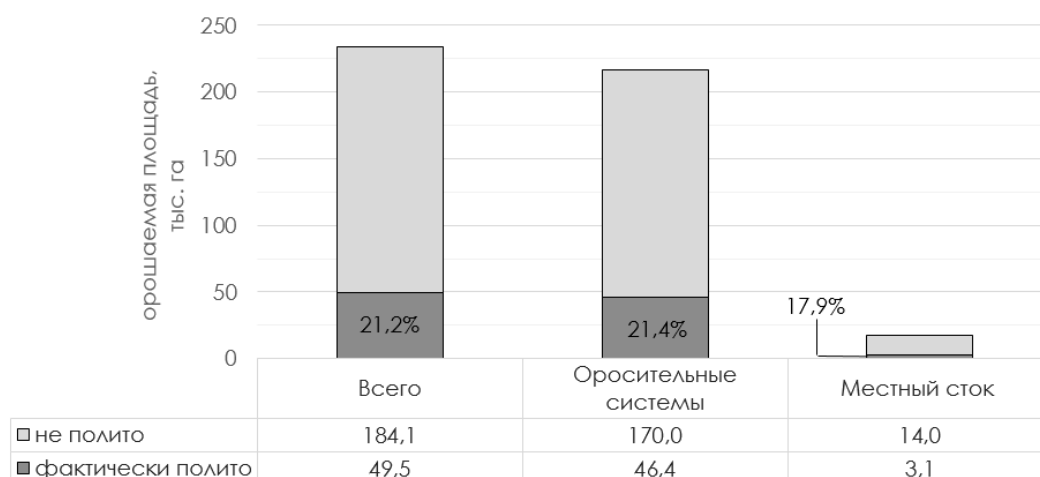
Приведенные данные свидетельствуют о снижении темпов развития орошаемого земледелия. Сложилась ситуация, когда по ряду объективных причин [5–8] высокоценные земли сельскохозяйственного назначения, находящиеся в зоне влияния инженерной инфраструктуры мелиоративных систем, используются малоэффективно.

Целью исследования является проведение анализа состояния орошаемых земель в Ростовской области.

**Материалы и методы.** Источником информации для проведения исследований были данные, предоставленные Министерством сельского хозяйства Ростовской области.

В ходе исследований был выполнен анализ данных о состоянии орошаемых земель в Ростовской области на 01.01.2021. Анализ выполнен по хозяйствам в разрезе административных районов и ОС по следующим показателям: общая площадь земель, предусмотренная на орошение (площадь, пригодная для орошения по техническому состоянию систем), га; площадь фактически орошаемых земель на 01.01.2021 (на которых проводилось орошение в 2020 г.); потенциальная площадь орошения в хозяйстве (после проведения мероприятий по вовлечению неиспользованных орошаемых земель), га; источник водозабора.

**Результаты и обсуждения.** Источником водных ресурсов для орошаемых земель Ростовской области являются как государственные ОС, так и местный сток. Анализ распределения площади орошаемых земель за 2020 г., где в качестве источника орошения выступают ОС или местный сток, представлен на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Распределение площади орошаемых земель в зависимости от водоисточника в 2020 г.**

**Figure 1 – Distribution of irrigated land area depending on the water source in 2020**

Общая обслуживаемая площадь орошаемых земель в Ростовской области составляет 233,6 тыс. га, при этом фактически было полито 49,5 тыс. га (21,2 % от общей). Площадь орошения на государственных ОС составила 46,4 тыс. га (93,7 %), на местном стоке – 3,1 тыс. га (6,3 %).

Орошаемые земли по территории области распределены неравномерно [4]. Наибольшее распространение орошение получило в 18 районах из 43, при этом орошение на местном стоке организовано в тех районах, где отсутствуют или вышли из строя государственные ОС.

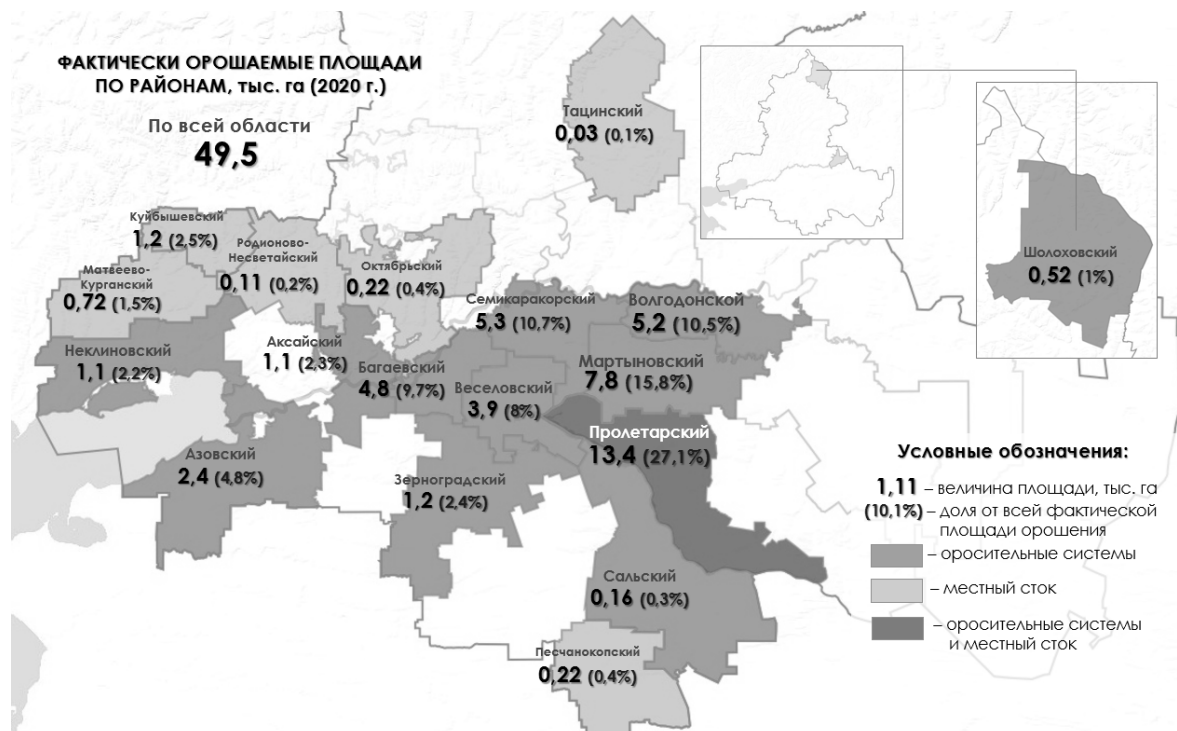
Распределение площади фактически политых земель, исходя из источника орошения, по районам Ростовской области представлено на рисунках 2–4. Орошение на местном стоке сконцентрировано в семи районах, при этом в Куйбышевском и Матвеево-Курганском поливается наибольшая площадь – 1,2 и 0,7 тыс. га соответственно.

Наибольшие площади фактически политых земель, где подача воды обеспечивается государственными ОС, расположены на территории шести районов: Багаевский, Веселовский, Волгодонской, Семикаракорский, Мартыновский и Пролетарский. На сегодняшний день здесь сосредоточено все производство риса. Также на орошении получают урожаи рапса, овощей, кукурузы, подсолнечника и других культур.

Совокупная площадь орошения в перечисленных районах составила 40,5 тыс. га, или 81,8 % от площади всех фактически политых земель. При этом 27,1 % (12,9 тыс. га) сосредоточено в Пролетарском районе, а меньше всего было полито в Веселовском районе – 3,9 тыс. га (8 %). В оставшихся четырех районах площадь политых земель колеблется в диапазоне 10–16 % от общей. Главной питающей артерией здесь является Донской магистральный канал (ДМК).

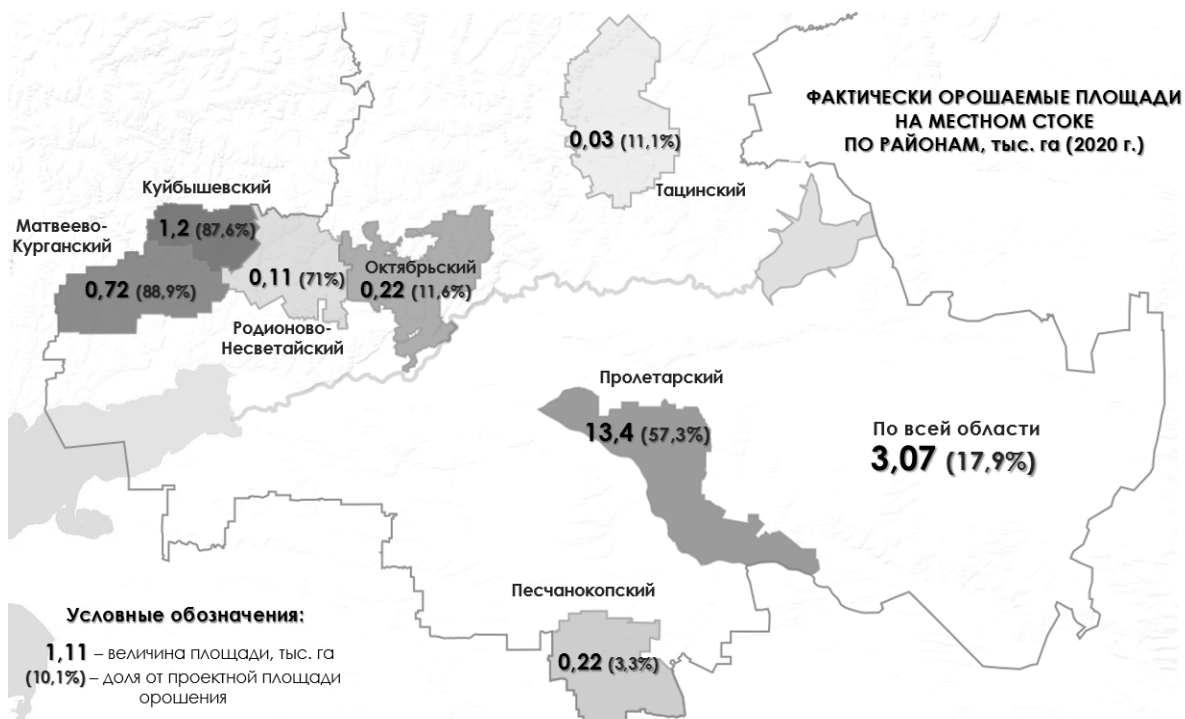
Всего в 2020 г. государственными ОС был обеспечен полив на площади 46,4 тыс. га, что составило 21,4 % от потенциальной. Наиболее полно использует свой потенциал только Пролетарская ОС, где было полито около 60 % потенциальной площади орошения. Меньше всего поливается на Мартыновской ОС – только 1,1 % (0,06 тыс. га). На остальных системах водохозяйственного комплекса ДМК доля фактически политых земель колебалась в диапазоне 14–30 % от потенциальной.

Распределение площади фактически политых земель по ОС, доля потенциальной площади орошения приведены на рисунке 5.



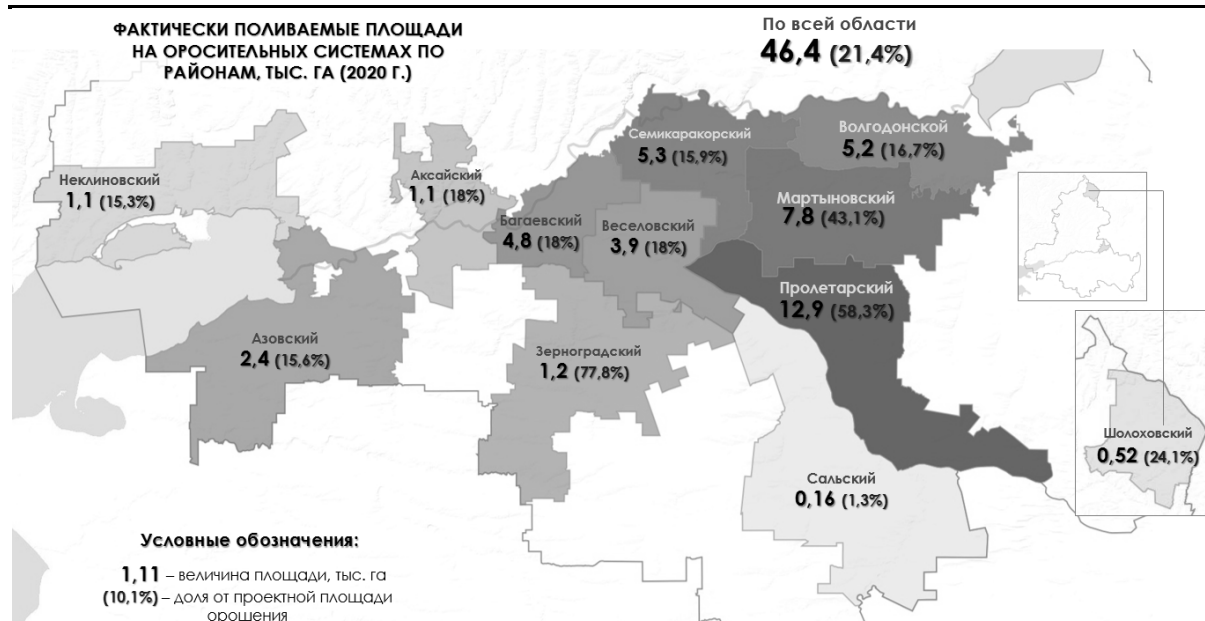
**Рисунок 2 – Площадь политых земель по районам Ростовской области за 2020 г. с учетом вида водисточника**

**Figure 2 – The area of irrigated land by districts of Rostov region for 2020, taking into account the type of water source**



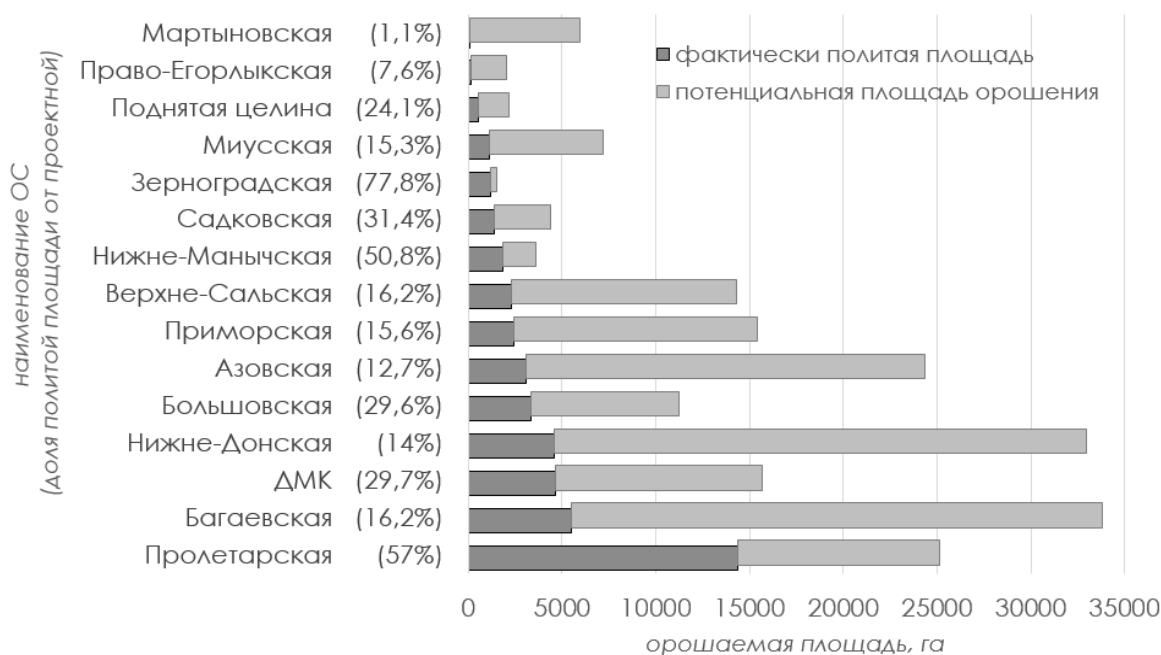
**Рисунок 3 – Фактически орошаемые площади на местном стоке по районам Ростовской области за 2020 г.**

**Figure 3 – Actually irrigated areas on local runoff by districts of Rostov region for 2020**



**Рисунок 4 – Фактически орошаемые площади на оросительных системах по районам Ростовской области за 2020 г.**

**Figure 4 – Actually irrigated areas on irrigation systems by districts of Rostov region for 2020**



**Рисунок 5 – Распределение площади фактически политых земель по оросительным системам с учетом доли потенциальной площади орошения**  
**Figure 5 – Distribution of the area of actually irrigated lands by irrigation systems, taking into account the share of potential irrigation area**

На ОС, не связанных с ДМК, фактически было полито больше половины возможной площади орошения только на Зерноградской и Нижне-Маньчской ОС (1,2 и 1,8 тыс. га соответственно). На других ОС фактически поливалось от 12 до 25 % от возможной. Таким образом, в Ростовской области потенциал восстановления орошаемого земледелия составляет 184 тыс. га.

Несмотря на сложившуюся напряженную водохозяйственную ситуацию в 2020 г., которая характеризовалась низкой наполняемостью водохранилищ и снижением лимитов забора воды из водных источников, учреждения по эксплуатации мелиоративных систем все обязательства по подаче оросительной воды выполнили в полном объеме [9].

**Выводы.** В настоящее время в Ростовской области полив осуществляется лишь на пятой части мелиорируемых угодий, при этом основным водоисточником являются государственные мелиоративные системы.

Наиболее полно используются орошаемые площади ОС водохозяйственного комплекса ДМК, а на ОС, не связанных с ДМК, фактически поливается от 12 до 25 % от возможной площади орошения.

#### Список источников

1. Власов В. А., Жикулина А. С., Рахвалова Н. А. Доктрина продовольственной безопасности 2010 года по сравнению с доктриной продовольственной безопасности 2020 года // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2020. № 12-3(51). С. 71–75. <https://doi.org/10.24411/2500-1000-2020-11442>.

2. Левина И. В. Особенности воспроизводства и эффективность использования земельных ресурсов // Вестник сельского развития и социальной политики. 2018. № 3(19). С. 42–45.

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. Мищенко. М.: Росинформагротех, 2020. 304 с.

4. 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: РосНИИПМ, 2013. 283 с.

5. Липски С. А. Состояние и использование земельных ресурсов России: тенденции текущего десятилетия // Проблемы прогнозирования. 2020. № 4(181). С. 107–115.

6. Вожаева Н. Г. Организационно-экономические аспекты управления технологическими процессами окультуривания сельскохозяйственных земель: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. Княгинино, 2010. 23 с.

7. Агрэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственного оборота / А. Л. Иванов [и др.]; под ред. Г. А. Романенко. М.: Росинформагротех, 2008. 64 с.

8. Желясков А. Л., Сетуридзе Д. Э. Экономическая и социальная эффективность вовлечения неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения в хозяйственный оборот (методы, теория, практика): монография / М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Перм. аграр.-технол. ун-т им. акад. Д. Н. Прянишникова. Пермь: Прокрость, 2021. 127 с.

9. Кузьмичев А. А., Рыжаков А. Н., Мартынов Д. В. Анализ дефицита водных ресурсов и использования мелиорированных земель в Южном федеральном округе // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2021. Т. 11, № 3. С. 19–35. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1212> (дата обращения: 01.08.2022). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2021-11-3-19-35>.

#### References

1. Vlasov V.A., Zhikulina A.S., Rakhvalova N.A., 2020. *Doktrina prodovol'stvennoy bezopasnosti 2010 goda po sravneniyu s doktrinoy prodovol'stvennoy bezopasnosti 2020 goda* [The food security doctrine 2010 compared to the food security doctrine 2020]. *Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk* [International Journal of Humanities and

---

Natural Sciences], no. 12-3(51), pp. 71-75, <https://doi.org/10.24411/2500-1000-2020-11442>. (In Russian).

2. Levina I.V., 2018. *Osobennosti vosproizvodstva i effektivnost' ispol'zovaniya zemel'nykh resursov* [Peculiarities of reproduction and efficiency of land use]. *Vestnik sel'skogo razvitiya i sotsial'noy politiki* [Bulletin of Rural Development and Social Policy], no. 3(19), pp. 42-45. (In Russian).

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., Mishchenko I.D., 2020. *Meliorativnyy kompleks Rossiyskoy Federatsii: inform. izd.* [Land Reclamation Complex of the Russian Federation: inform. ed.]. Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 304 p. (In Russian).

4. 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]. In 2 parts, pt. 1, Novocherkassk, RosNIIPM, 283 p. (In Russian).

5. Lipski S.A., 2020. *Sostoyaniye i ispol'zovaniye zemel'nykh resursov Rossii: tendentsii tekushchego desyatiletiya* [State and use of land resources in Russia: trends of the current decade]. *Problemy prognozirovaniya* [Problems of Forecasting], no. 4(181), pp. 107-115. (In Russian).

6. Vozhdaeva N.G., 2010. *Organizatsionno-ekonomicheskiye aspekty upravleniya tekhnologicheskimi protsessami okul'turivaniya sel'skokhozyaystvennykh zemel'. Avtoreferat diss. kand. econ. nauk* [Organizational and economic aspects of management of technological processes of agricultural land cultivation. Abstract of cand. econom. sci. diss.]. Knyaginino, 23 p. (In Russian).

7. Ivanov A.L. [et al.], 2008. *Agroekologicheskoe sostoyanie i perspektivy ispol'zovaniya zemel' Rossii, vybyvshikh iz aktivnogo sel'skokhozyaystvennogo oborota* [Agroecological State and Prospects for Using Russian Lands Removed from Active Agricultural Circulation]. Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 64 p. (In Russian).

8. Zhelyaskov A.L., Seturidze D.E., 2021. *Ekonomicheskaya i sotsial'naya effektivnost' vovlecheniya neispol'zuemykh zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya v khozyaystvennyy oborot (metody, teoriya, praktika): monografiya* [Economic and Social Efficiency of Involving Unused Agricultural Land in Economic Turnover (Methods, Theory, Practice): monograph]. Ministry of Agriculture of Russian Federation, Perm Agrarian-Technological University named after Academician D. N. Pryanishnikov, Perm, Prokrost Publ., 127 p. (In Russian).

9. Kuzmitchev A.A., Ryzhakov A.N., Martynov D.V., 2021. [Analysis of water scarcity and the use of reclaimed land in the Southern Federal District]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 11, no 3, pp. 19-35, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1212> [accessed 01.08.2022], <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2021-11-3-19-35>. (In Russian).

---

#### **Информация об авторах**

**Г. А. Сенчуков** – заместитель директора по науке в области водных проблем, кандидат технических наук;

**А. Н. Рыжаков** – научный сотрудник;

**А. А. Кузьмичев** – старший научный сотрудник, кандидат технических наук.

#### **Information about the authors**

**G. A. Senchukov** – Deputy Director for Science in the Field of Water Resources, Candidate of Technical Sciences;

**A. N. Ryzhakov** – Researcher;

**A. A. Kuzmitchev** – Senior Researcher, Candidate of Technical Sciences.

*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 25.08.2022; одобрена после рецензирования 06.09.2022;  
принята к публикации 12.09.2022.*

*The article was submitted 25.08.2022; approved after reviewing 06.09.2022; accepted for  
publication 12.09.2022.*

Научная статья

УДК 627.133

**Определение зависимости расхода от глубины водного потока  
в контрольном створе магистрального канала**

**Дарья Викторовна Бакланова<sup>1</sup>, Виктория Федоровна Талалаева<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,  
Российская Федерация

<sup>1</sup>d.baklanova@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6149-5073>

<sup>2</sup>vika-silchenko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2541-204X>

**Аннотация. Цель:** получение зависимости для определения расхода воды в магистральном канале действующей обводнительно-оросительной системы. **Материалы и методы.** Материалами для исследования послужили данные поисково-информационной системы «Яндекс.Карты», паспорт магистрального канала, а также данные измерений глубин и скоростей водного потока на вертикалях в контрольном створе магистрального канала обводнительно-оросительной системы. Расходы воды в канале определялись по методу «скорость – площадь». Построение уровенно-расходной зависимости выполнено с использованием программного обеспечения Microsoft Excel. **Результаты и обсуждение.** Для организации высокоэффективной системы водоучета на оросительных системах необходимо оперативное и точное определение фактических расходов водного потока. С этой целью была получена уровенно-расходная характеристика водного потока в контрольном створе магистрального канала, имеющая следующий вид:  $Q = -1,18h^2 + 15,76h - 5,775$ , а также построен поперечный профиль канала на основе данных измерения глубин на вертикалях в рассматриваемом створе. **Выводы.** Полученное уравнение позволит определять фактический расход водного потока по заданной глубине наполнения канала с относительной погрешностью до 2,2 %.

**Ключевые слова:** расход воды, скорость водного потока, магистральный канал, метод «скорость – площадь», обводнительно-оросительная система

\*\*\*\*\*

Original article

**Determination of the dependence of water discharge  
on the water flow depth in the control section of the main canal**

**Daria V. Baklanova<sup>1</sup>, Viktoriya F. Talalaeva<sup>2</sup>**

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

<sup>1</sup>d.baklanova@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6149-5073>

<sup>2</sup>vika-silchenko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2541-204X>

**Abstract. Purpose:** to obtain a dependence for determining the water discharge in the main canal of the operating irrigation system. **Materials and methods.** The materials for the study were the data of the Yandex.Maps search and information system, the passport of the main canal, as well as the measurement data of the water flow depths and velocities on the verticals in the control section of the main canal of the irrigation system. Water discharges in the canal were determined using the “velocity – area” method. The construction of the level-discharge dependence was carried out using the Microsoft Excel software. **Results and discussion.** To organize a highly efficient water metering system for irrigation systems, it is necessary to determine the actual water flow discharges quickly and accurately. For this pur-



pose, the level-discharge characteristic of the water flow in the control section of the main canal was obtained, which has the following form:  $Q = -1.18h^2 + 15.76h - 5.775$ , and a cross-sectional profile of the canal was constructed based on the data of measuring depths at verticals in the considered section line. **Conclusions.** The equation obtained will make it possible to determine the actual water flow discharge at a given depth of canal storage with a relative error of up to 2.2 %.

**Keywords:** water discharge, water flow velocity, main canal, “velocity – area” method, irrigation system

**Введение.** Обеспечение водосберегающего и эффективного водопользования на мелиоративных системах неразрывно связано с организацией высокоточного водочета и контроля водораспределения [1, 2]. В условиях дефицита влаги, который характерен для Сарпинской низменности в Республике Калмыкия [3], реализация мероприятий по рациональному использованию оросительной воды на мелиорируемых землях, а также определение фактических расходов воды в магистральных каналах оросительных систем приобретает особую актуальность.

В настоящее время существует достаточное количество нового приборного оборудования для определения расходов воды в открытых водотоках, однако его высокая стоимость ограничивает повсеместное внедрение современных средств водочета в практику эксплуатации оросительных систем. Ввиду этого водочет на магистральных каналах Сарпинской обводнительно-оросительной системы (ООС) осуществляется с применением базового в гидрометрии открытых русел метода «скорость – площадь» [4–6].

Объектом данного исследования является контрольный створ на магистральном канале Р-3 Светлоярской ООС Волгоградской области. Данный канал находится на балансе ФГБУ «Управление «Волгоградмелиоводхоз» и осуществляет подачу воды в магистральный канал ВР-1 Сарпинской ООС, который, по сути, является продолжением канала Р-3 в Республике Калмыкия (рисунок 1). Организацией, эксплуатирующей канал ВР-1, является ФГБУ «Управление «Калммелиоводхоз», водоподача в канал осуществляется на основе согласованных графиков между вышеуказанными ФГБУ по мелиорации земель.



**Рисунок 1 – Ситуационный план расположения контрольного створа на магистральном канале обводнительно-оросительной системы**

**Figure 1 – Situational plan for the location of the control section on the main canal of the irrigation system**

Учет переданной в Сарпинскую ООС оросительной воды (по каналу Р-3 в канал ВР-1) осуществляется в контрольном створе (створ передаточного гидрометрического поста), расположенном на границе Волгоградской области и Республики Калмыкия, путем замера скоростей течения водного потока гидрометрической вертушкой ГР-21М.

Гидрометрическая вертушка ГР-21М пригодна для измерения скоростей течения водного потока в водотоках в диапазоне 0,15–5 м/с. Более точные показания данный прибор дает при скоростях 0,2–2 м/с (погрешность измерений в этом случае составляет  $\pm 2\%$ ) [7].

Общий расход воды в канале находится путем суммирования элементарных расходов между скоростными вертикалями по формуле [4, 8]:

$$Q = \frac{2}{3} v_1 \cdot f_0 + \left( \frac{v_1 + v_2}{2} \right) \cdot f_1 + \dots + \left( \frac{v_{n-1} + v_n}{2} \right) \cdot f_n + \frac{2}{3} v_n \cdot f_n,$$

где  $Q$  – полный расход воды, м<sup>3</sup>/с;

$v_1, v_2, \dots, v_n$ , – годовой объем плановой водоподачи, м/с;

$f_0, f_1, \dots, f_n$  – площади водного сечения соответственно между берегом и первой скоростной вертикалью, между первой и второй вертикалью и т. д.

Применяемый метод имеет высокую точность измерения скоростей и определения расходов, однако является достаточно трудоемким и времязатратным, особенно на крупных каналах. В связи с этим целью данной работы является получение уравнения для определения расхода воды в канале в зависимости от глубины его наполнения.

**Материалы и методы.** Материалами для исследования послужили данные поисково-информационной системы «Яндекс.Карты», паспорт магистрального канала (2015 г.), а также данные измерений глубин и скоростей водного потока в контрольном (передаточном) створе на канале Р-3 (ВР-1), проведенных силами эксплуатирующей организации в период с 15 марта по 13 мая 2022 г.

Замеры скоростей воды в канале проведены по сокращенной схеме, когда измерения производятся в одной точке на скоростной вертикали на глубине  $0,6h$ . Тогда средняя скорость на вертикали  $v_{cp}$ , м/с, определяется как:

$$v_{cp} = v_{0,6} \cdot h,$$

где  $v_{0,6}$  – скорость водного потока на глубине  $0,6h$ , м/с;

$h$  – глубина водного потока на вертикали, м.

Систематизация данных и построение уровенно-расходной зависимости выполнены в программном обеспечении Microsoft Excel.

Согласно паспорту магистрального канала (2015 г.), его русло на участке, где расположен контрольный створ, имеет следующие технические характеристики (таблица 1).

**Таблица 1 – Технические характеристики магистрального канала**

**Table 1 – Technical characteristics of the main channel**

Наименование участка канала	Максимальный расход, м <sup>3</sup> /с	Нормальный расход, м <sup>3</sup> /с	Длина участка, км	Ширина канала по дну, м	Глубина наполнения $h$ , м	Заложение откосов 1:т	Характер русла (ложа) канала	Группа грунтов
ПК 245 + 70 – ПК 332 + 00	38	25	8,6	17	4*	1:3	Земляное	II

Примечание – \* – при максимальном расходе.

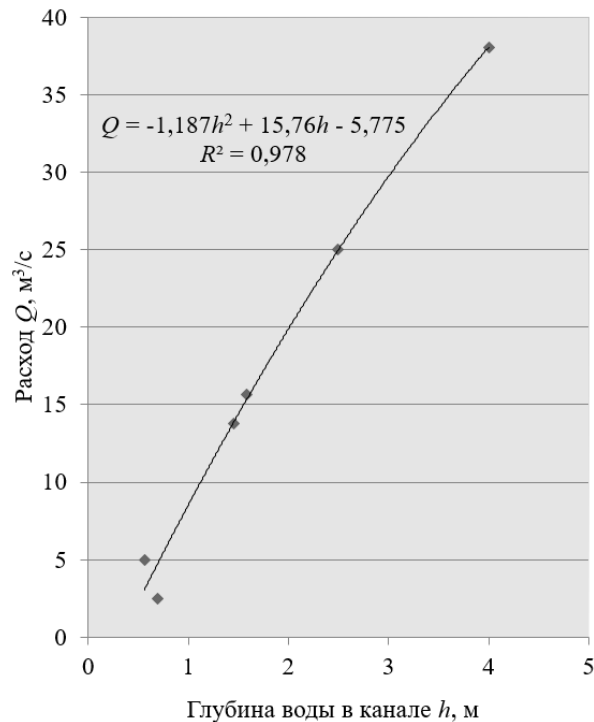
**Результаты и обсуждение.** Для построения графика зависимости расхода от глубины воды в канале и получения уровенно-расходной характеристики в контрольном створе был использован алгоритм определения расхода воды в расчетном створе согласно МИ 1759-87 [4]. Сводные данные о глубинах и фактических расходах воды в канале представлены в таблице 2.

**Таблица 2 – Данные измерения скоростей течения и определения расхода водного потока в контрольном створе на канале Р-3 (ВР-1)**

**Table 2 – Measurement data of current velocities and determination of the water flow rate in the control section on the R-3 (VR-1) canal**

Дата измерений	Количество скоростных вертикалей, шт.	Диапазон изменения глубин в створе $h_i$ , м/с	Средняя глубина на наполнения $h$ , м	Расход воды в канале $Q$ , м <sup>3</sup> /с
15.03.2022	15	0,63–0,7	0,69	2,23
08.04.2022	16	0,43–0,6	0,56	4,99
05.05.2022	17	1,4–1,5	1,5	13,76
13.05.2022	17	1,53–1,62	1,58	15,65

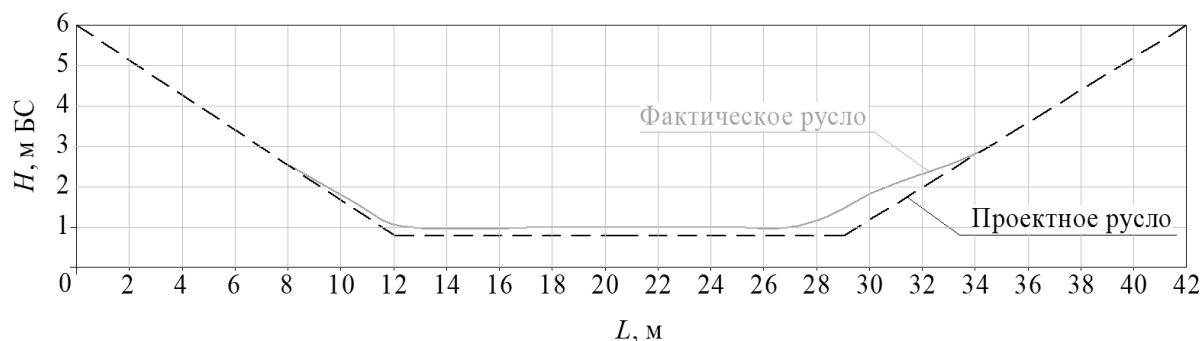
С использованием программных средств автоматической обработки данных был построен график зависимости расхода от глубины воды в канале  $Q = f(h)$  и получена уровенно-расходная зависимость  $Q = -1,18h^2 + 15,76h - 5,775$  (рисунок 2), с помощью которой возможно определять фактические расходы воды в контрольном створе с учетом глубины воды в канале. Полученная зависимость имеет коэффициент аппроксимации  $R^2 = 0,978$ , что говорит о возможности определения расхода воды в канале с относительной погрешностью до 2,2 %.



**Рисунок 2 – График зависимости расхода от глубины потока в контрольном створе магистрального канала Р-3 (ВР-1)**

**Figure 2 – Graph of the dependence of the flow rate on the flow depth in the control section of the main canal R-3 (VR-1)**

Также для рассматриваемого на канале Р-3 (ВР-1) створа был построен поперечный профиль канала (рисунок 3).



**Рисунок 3 – Поперечный профиль магистрального и межхозяйственного канала Р-3 (ВР-1) в контрольном створе (ПК 245 + 70)**

**Figure 3 – Cross-sectional profile of the main and inter-farm canal R-3 (VR-1) in the control section (PK 245 + 70)**

Из данных рисунка 3 видно, что в вышеуказанном створе имеется заиливание его русла наносами вдоль одного из откосов. Результаты вычислений позволили заключить, что фактическая площадь поперечного сечения канала в рассматриваемом створе меньше проектной на 4,1 %.

#### **Выводы**

1 Для организации высокоэффективной системы водочета на оросительных системах необходимо оперативное и точное определение фактических расходов водного потока.

2 С этой целью была получена уровенно-расходная характеристика водного потока в контрольном створе магистрального канала, имеющая следующий вид:  
 $Q = -1,18h^2 + 15,76h - 5,775$ .

3 Данная зависимость позволяет определить фактический расход водного потока по заданной (измеренной) глубине наполнения с относительной погрешностью до 2,2 %.

#### **Список источников**

1. Васильченко А. П., Шепелев А. Е. К определению расхода воды в канале Р-3 Райгородской оросительной системы ФГБУ «Управление «Волгоградмелиоводхоз» // Актуальные направления развития мелиоративного комплекса: сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию создания ФГБНУ «РосНИИПМ». Новочеркасск, 2021. С. 210–218.

2. Чураев А. А., Шепелев А. Е., Юченко Л. В. Оценка работоспособности испытываемого средства водочета в диапазоне допустимой погрешности измерений // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2022. Т. 12, № 1. С. 228–244. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1270> (дата обращения: 01.08.2022). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-1-228-244>.

3. Дедова Э. Б., Гольдварг Б. А., Цаган-Манджиев Н. Л. Деградация земель Республики Калмыкия: проблемы и пути их восстановления // Аридные экосистемы. 2020. № 2(83). С. 63–71. DOI: 10.24411/1993-3916-2020-10097.

4. Государственная система обеспечения единства измерений. Расход воды на реках и каналах. Методика выполнения измерений методом «скорость – площадь»: МИ 1759-87: утв. и введ. в действие ФГУП ВНИИР с 01.01.88. М.: Изд-во стандартов, 1987. 21 с.

5. Масумов Р. Р. Методы измерения расхода воды на реках и каналах, в напорных трубопроводах насосных станций и оросительных систем. Ташкент: Науч.-информ. центр МКВК, 2015. 84 с.

6. Баев О. А., Косиченко Ю. М. Вопросы реконструкции крупных каналов и оценка их эффективности // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2021. Т. 11, № 4. С. 287–301. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1250> (дата обращения: 01.08.2022). DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-4-287-301.

7. Эксплуатация оросительных систем / В. И. Ольгаренко, И. А. Чуприн, Н. Ф. Черднichenко, Ю. А. Крылов. М.: Россельхозиздат, 1976. 175 с.

8. Гидромелиоративные каналы с фиксированным руслом. Методика выполнения измерений расхода воды методом «скорость – площадь»: МВИ-05-90: утв. и введ. в действие ПКТИ «Водавтоматика и метрология» с 12.01.90. М.: Водавтоматика и метрология, 1990. 42 с.

### References

1. Vasilchenko A.P., Shepelev A.E., 2021. *K opredeleniyu raskhoda vody v kanale R-3 Raygorodskoy orositel'noy sistemy FGBU "Upravlenie "Volgogradmeliovodkhoz"* [To water consumption determination in the R-3 canal of the Raygorod irrigation system of Federal State Budgetary Institution "Volgograd Land Reclamation Department"]. *Aktual'nye napravleniya razvitiya meliorativnogo kompleksa: sbornik nauchnykh trudov po materialam Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 90-letiyu sozdaniya FGBNU "RosNIIPM"* [Actual Directions of Reclamation Complex Development: Proc. of the International Scientific-Practical Conference, Dedicated to the 90<sup>th</sup> Anniversary of the Creation of the Federal State Budgetary Scientific Institution "RosNIIPM"]. Novocheerkassk, pp. 210-218. (In Russian).

2. Churaev A.A., Shepelev A.E., Yuchenko L.V., 2022. [Performance assessment of the monitored water metering device within the range of permissible measurement error]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 12, no. 1, pp. 228-244, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1270> [accessed 01.08.2022], <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-1-228-244>. (In Russian).

3. Dedova E.B., Goldvarg B.A., Tsagan-Mandzhiev N.L., 2020. *Degradatsiya zemel' Respubliki Kalmykiya: problemy i puti ikh vosstanovleniya* [Land degradation in the Republic of Kalmykia: problems and ways of their restoration]. *Aridnye ekosistemy* [Arid Ecosystems], no. 2(83), pp. 63-71, DOI: 10.24411/1993-3916-2020-10097. (In Russian).

4. *Gosudarstvennaya sistema obespecheniya edinstva izmereniy. Raskhod vody na rekakh i kanalakh. Metodika vypolneniya izmereniy metodom "skorost' – ploshchad'": MI 1759-87* [State system for ensuring the uniformity of measurements. Water flow in rivers and canals. Method of measurements using the "speed – area" method. MI 1759-87]. Moscow, Publishing House of Standards, 1987, 21 p. (In Russian).

5. Masumov R.R., 2015. *Metody izmereniya raskhoda vody na rekakh i kanalakh, v napornykh truboprovodakh nasosnykh stantsiy i orositel'nykh sistem* [Methods for Measuring Water Flow in Rivers and Canals, in Pressure Pipelines of Pumping Stations and Irrigation Systems]. Tashkent, Scientific Informational Center of ICWC, 84 p. (In Russian).

6. Baev O.A., Kosichenko Yu.M., 2021. [Large canals reconstruction and their efficiency assessment.]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 11, no. 4, pp. 287-301, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1250> [accessed 01.08.2022], DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-4-287-301. (In Russian).

7. Olgarenko V.I., Chuprin I.A., Cherednichenko N.F., Krylov Yu.A., 1976. *Ekspluatatsiya orositel'nykh sistem* [Irrigation Systems Operation]. Moscow, Rosselkhozizdat Publ., 175 p. (In Russian).

---

8. *Gidromeliorativnye kanaly s fiksirovannym ruslom. Metodika vypolneniya izmeneniy raskhoda vody metodom “skorost’ – ploshchad’”*: MVI-05-90 [Irrigation canals with a fixed channel. Method for performing water flow measurements using the “velocity – area” method. MVI-05-9], approved of 12.01.1990. Moscow, Water Automation and Metrology, 1990, 42 p. (In Russian).

---

***Информация об авторах***

**Д. В. Бакланова** – ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук;

**В. Ф. Талалаева** – младший научный сотрудник.

***Information about the authors***

**D. V. Baklanova** – Leading Researcher, Candidate of Technical Sciences;

**V. F. Talalaeva** – Junior Researcher.

*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 19.08.2022; одобрена после рецензирования 30.08.2022; принята к публикации 06.09.2022.*

*The article was submitted 19.08.2022; approved after reviewing 30.08.2022; accepted for publication 06.09.2022.*

Научная статья  
УДК 626.88:639.3

**О выборе методики расчета расходно-скоростных параметров зон отдыха и нереста рыб, устраиваемых в рыбоходно-нерестовых каналах**

**Олег Андреевич Баев<sup>1</sup>, Алексей Викторович Шевченко<sup>2</sup>**

<sup>1, 2</sup>Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

<sup>1</sup>oleg-baev1@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0142-4270>

<sup>2</sup>rigge1111@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4839-6377>

**Аннотация. Цель:** выбрать методы и методики гидравлического расчета расходных и скоростных характеристик водного потока, протекающего по зонам отдыха и нереста рыб, устраиваемым в трактах рыбоходно-нерестовых каналов, и оценить их приемлемость. **Материалы и методы.** За фактологическую основу исследования приняты известные методики и зависимости для расчета расходно-скоростных параметров русло-пойменных водных потоков рек. При выборе и оценке приемлемости методик использовались методы научного анализа, сопоставления и синтеза. **Результаты и обсуждение.** Обязательным элементом рыбоходно-нерестовых каналов являются зоны отдыха и нереста рыб, геометрические параметры которых существенно отличаются от формы и размеров их трактов, что приводит к значимому отличию в расходно-скоростных характеристиках. Сложно-форменное очертание поперечного сечения зон отдыха и нереста рыб определяет необходимость потока и выбора соответствующих методик их гидравлического расчета. В процессе выбора приемлемых расчетных методик рассмотрено пять методов и подходов к гидравлическому расчету каналов и «русло-пойменных» речных потоков. На конкретном примере сложного по форме поперечного сечения зоны отдыха и нереста рыб с применением различных методик определены ее расходно-скоростные характеристики и проведено взаимное сопоставление результатов расчета. **Выводы.** Проведено сопоставление расчетных значений расходно-скоростных параметров водных потоков, протекающих по сложно-форменным зонам отдыха и нереста рыб, с применением методик гидравлического расчета каналов и русло-пойменных потоков рек. Предложено использовать осредненные значения коэффициентов (параметров) Шези и осредненные значения расходно-скоростных параметров водных потоков в зонах отдыха и нереста рыб, определяемых по нескольким методикам расчета «русло-пойменных» речных потоков.

**Ключевые слова:** миграция рыб, нерест рыб, гидроузел, рыбопропускное сооружение, рыбоходный канал, рыбоходно-нерестовый канал, привлекающие рыб скорости

\*\*\*\*\*

Original article

**On choice of calculation methods of the flow velocity parameters of fish settling and spawning zones arranged in fish passage and spawning channels**

**Oleg A. Baev<sup>1</sup>, Alexey V. Shevchenko<sup>2</sup>**

<sup>1, 2</sup>Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

<sup>1</sup>oleg-baev1@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0142-4270>

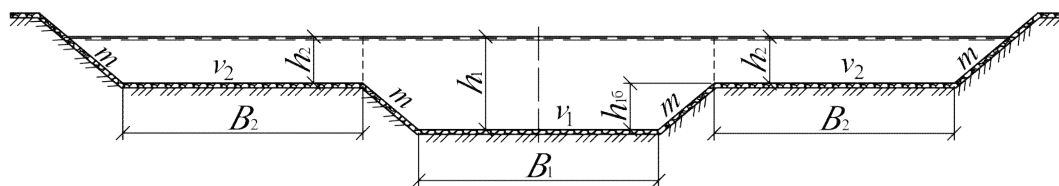
<sup>2</sup>rigge1111@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4839-6377>

**Abstract. Purpose:** to select methods and techniques for hydraulic calculation of flow and velocity characteristics of water flow flowing through the fish recreation and spawning

zones, arranged in passage of fish passage and spawning channels, and assess their acceptability. **Materials and methods.** Known methods and dependences for calculating the flow and velocity parameters of the channel-floodplain water flows of rivers are taken as the factual basis of the study. Methods of scientific analysis, comparison and synthesis were used in selecting and evaluating the acceptability of methods. **Results and discussion.** An obligatory element of fish passage and spawning channels are fish recreation and spawning zones, the geometric parameters of which differ significantly from the shape and size of their channels, which leads to a significant difference in flow-velocity characteristics. The complex shape of the cross-section of fish recreation and spawning areas of fish determines the need for a flow and the choice of appropriate methods for their hydraulic calculation. In the process of choosing acceptable calculation methods, five methods and approaches to the hydraulic calculation of channels and “channel-floodplain” river flows were considered. On a concrete example of a cross-section of a complex shape in the fish recreation and spawning zone, using various methods, its flow rate characteristics were determined and a mutual comparison of the calculation results was carried out. **Conclusions.** Comparison of the calculated values of the flow-velocity parameters of water flows flowing through the complex-shaped zones of fish recreation and spawning is carried out using the methods of hydraulic calculation of channels and river bed-floodplain flows. It is proposed to use the averaged values of the coefficients (parameters) of and the averaged values of Shezi flow-velocity parameters of water flows in fish recreation and spawning zones, determined by several methods for calculating “channel-floodplain” river flows.

**Keywords:** fish migration, fish spawning, waterworks facility, fish passage structure, fish passage, fish passage and spawning channel, fish-attracting velocities

**Введение.** В настоящее время реализация мероприятий по пропуску мигрирующих к местам нереста рыб через речные подпорные сооружения технически обеспечивается устройством рыбопропускных сооружений, одним из видов которых являются рыбоходные и рыбоходно-нерестовые каналы [1–5]. Известны конструкции рыбоходно-нерестовых каналов с зонами нереста и отстоя рыб [6], особенностью этих зон являются меньшие (по сравнению с руслом) отметки их дна, наличие разных глубин и скоростей водного потока и ряд других конструктивных отличий (рисунок 1).



$B_1$  – ширина русла канала по дну, м;  $B_2$  – ширина зоны отдыха по дну, м;

$m$  – коэффициент заложения откосов русла и зоны отдыха и нереста рыб;

$v_1$  – скорость течения воды в русле канала, м/с;  $v_2$  – скорость течения воды в зоне отдыха и нереста рыб (пойме), м/с;  $h_1$ ,  $h_2$  – глубина воды в русле и пойме канала, м;

$h_{1s}$  – глубина воды в русле канала при заполнении его до бровки, м

**Рисунок 1 – Схема поперечного сечения зоны отстоя и нереста рыб**

**Figure 1 – Scheme of the cross-section of the zone of fish settling and spawning**

Наличие участков отдыха и нереста рыб в каналах оказывает гидравлическое воздействие на расходные и скоростные характеристики водного потока, протекающего по их трактам, что должно учитываться при проектировании этих сооружений.

В гидравлическом отношении поток, протекающий в зонах отдыха и нереста рыб, проявляет себя как русло-пойменный поток, естественно протекающий в реках.



Результаты исследований таких потоков применительно к речным руслам освещены в работах: Ф. Форхгеймера (1935), Б. В. Полякова (1946), Г. В. Железнякова (1950), В. Н. Гончарова (1962), И. П. Спицына (1962), Д. Е. Скородумова (1968), И. Ф. Карасева (1975), Н. Б. Барышникова (2012) и др. [7–13]. Отметим, что в работе Г. В. Железнякова (1976) указано: теоретические основы расчета руслового и пойменного потоков рек могут быть использованы для гидравлического расчета каналов различного поперечного сечения. Исследование расходов и скоростей течения в зонах отдыха и нереста рыб представляет научный и практический интерес для специалистов в области проектирования рыбопропускных сооружений, что и предопределило цель и задачи статьи.

**Материалы и методы.** Информационную основу работы составили известные данные исследований потоков в области речной гидравлики, а при проведении исследований использовались методы научного анализа и обобщения научной информации.

**Результаты и обсуждение.** Предпосылки для изучения пропускной способности русло-пойменных водотоков были созданы Б. В. Поляковым в 30-х гг. XX в., а в 1946 г. им было предложено при расчетах пропускной способности русел рек делить их потоки на составляющие их пойменные и русловые отсеки [7].

Явление взаимодействия русловой части речного потока с пойменным получило название кинематического эффекта безнапорного потока, открытого и экспериментально исследованного Г. В. Железняковым [8]. В. Н. Гончаров объяснил данный эффект теоретически [9]. Его объяснение кинематического эффекта заключается в том, что при соприкосновении условных вертикальных плоскостей, разделяющих водный поток русла и поймы, образуются вдольстеночные волны, инициирующие втягивание пойменного потока русловым. При этом затрачивается кинетическая энергия руслового потока, что приводит к снижению скорости его течения и ускорению пойменного потока. Указанная структура течений имеет место в зонах отдыха и нереста рыб, устраиваемых в каналах, со сложным по форме поперечным сечением (см. рисунок 1).

Наиболее просто общий расход сложного по форме поперечного сечения зоны отдыха и нереста рыб в рыбоходно-нерестовом канале ( $Q$ , м<sup>3</sup>/с) представляется возможным определить как произведение площади всего поперечного сечения створа ( $\omega$ , м<sup>2</sup>) и средней скорости потока ( $v_{cp}$ , м/с) по формуле Шези:

$$Q = \omega \cdot C \sqrt{RI}, \quad (1)$$

где  $C$  – коэффициент Шези, м<sup>0,5</sup>/с;

$R = \omega/\chi$  – гидравлический радиус водного потока в сечении, м;

$\chi$  – смоченный периметр поперечного сечения гидроствора, м;

$I$  – уклон, равный (в первом приближении) уклону дна канала.

Судя по данным В. Н. Гончарова, Н. Б. Барышникова [9, 10], расчет, основанный на использовании формулы (1), дает большие расхождения с натурными данными и не применим для определения расходов сложно-профильных русел каналов. Однако в качестве варианта для оценки точности расчетов по другим методикам она приемлема и может быть использована.

Суть предложенного Б. В. Поляковым метода определения пропускной способности пойменных рек заключается в разбиении сложного поперечного сечения реки (канала) на продольные обособленные участки [7]. При этом делается допущение об отсутствии взаимодействия отсеков друг с другом. Вертикальная плоскость границы их раздела принимается за твердую шероховатую стенку, ее шероховатость приравнивается к значению шероховатости дна реки, а гидравлический уклон – к значению уклона ее дна. Математическая суть этого метода выражается зависимостью:

$$Q_k = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n = \sqrt{I}(\omega_1 C_1 \sqrt{R_1} + \omega_2 C_2 \sqrt{R_2} + \omega_3 C_3 \sqrt{R_3} + \dots + \omega_n C_n \sqrt{R_n}), \quad (2)$$

где  $Q_k$  – общий расход рыбоходно-нерестового канала в створе, м<sup>3</sup>/с;

$Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_n$  – расходы отдельных отсеков сложного по форме сечения, м<sup>2</sup>;

$\omega_1, \omega_2, \omega_3, \dots, \omega_n$  – площади поперечного сечения отдельных отсеков, м<sup>2</sup>;

$C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$  – параметры Шези для каждого из выделенных отсеков, м<sup>0,5</sup>/с;

$R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$  – гидравлические радиусы по каждому расчетному отсеку, м.

Судя по данным Н. Б. Барышникова [10, 11], полученные по расчетным зависимостям (1), (2) значения существенно отличаются от опытных. Это объясняется тем, что отсеки потоков физически взаимодействуют друг с другом, порождая вихреобразование и массообменные процессы, а методика расчета не учитывает кинематического эффекта от их взаимодействия.

Известны и используются различные подходы к определению пропускной способности сложносоставных русел каналов (рек), учитывающие кинематический эффект взаимодействия руслового и пойменного потоков. Одним из таких является метод, основанный на использовании корректирующих коэффициентов при определении расходов отдельных участков сложного по форме пространственного водного потока.

Пропускная способность расчетного сечения канала, обустроенного зоной отдыха и нереста рыб, по этому методу определяется по приведенной ниже формуле:

$$Q_k = k_1 Q_1 + k_2 Q_2, \quad (3)$$

где  $k_1, k_2$  – параметры, характеризующие интенсивность взаимодействия потоков русловой части канала с пойменной и пойменного отсека с русловым;

$Q_1$  – расход воды в русловом отсеке зоны отстоя рыб, м<sup>3</sup>/с;

$Q_2$  – расход водного потока в пойменном отсеке канала, м<sup>3</sup>/с.

Коэффициенты  $k_1$  и  $k_2$  можно определить по формулам, полученным по данным исследований И. Ф. Карасевым [12]. При первом типе взаимодействия руслового и пойменного потоков (при взаимной параллельности динамических осей отсеков русла канала и зоны отдыха и нереста рыб) параметр  $k_1 < 1$ , а коэффициент  $k_2 > 1$ . Значения указанных коэффициентов определяются по приведенным ниже зависимостям:

$$k_1 = \left[ gB_1 / (gB_1 + 2\varphi C_1^2 k_v h_{1\phi}) \right]^{0,5}, \quad (4)$$

где  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  – величина ускорения свободного падения тел;

$B_1$  – ширина русловой части рыбоходно-нерестового канала, м;

$\varphi = 0,05$  – коэффициент, характеризующий массообмен взаимодействия руслового потока с пойменным при параллельном расположении осей отсеков;

$C_1 = \sqrt{h_1 I} / v_1$  – параметр Шези для русловой части канала, м<sup>0,5</sup>/с;

$v_1$  – скорость течения водных масс в русловом отсеке канала, м/с;

$k_v = (v_1 - v_2) / v_2$  – коэффициент, характеризующий взаимодействие потоков с разными значениями скоростей течения воды во взаимодействующих отсеках;

$v_2$  – скорость течения воды в отсеках отстоя и нереста рыб, м/с;

$h_{1\phi}$  – глубина воды в русле канала при затоплении до бровок, м;

$$k_2 = \left[ gB_2 / (gB_2 - 2\varphi \alpha_v C_2^2 k_v h_{1\phi}) \right]^{0,5}, \quad (5)$$

где  $B_2$  – ширина отсеков отстоя и нереста рыб в канале, м;

$\alpha_v = v_1/v_2$  – коэффициент, равный отношению скорости течения потока в русло-вой части  $v_1$  к скорости течения  $v_2$  в отсеках отстоя рыб;

$C_2 = \sqrt{h_2 I}/v_2$  – коэффициент Шези для участка отдыха и нереста рыб,  $m^{0.5}/c$ .

Скорость течения в русле канала определяется по формуле:

$$v_1 = \left[ gB_1 / (gB_1 + 2\varphi C_1^2 k_v h_{1\phi}) \right]^{0.5} \cdot C_1 \sqrt{h_1 I}, \quad (6)$$

а в отсеках зоны отдыха и нереста рыб по зависимости:

$$v_2 = \left[ gB_2 / (gB_2 - 2\varphi \alpha_v C_2^2 k_v h_{1\phi}) \right]^{0.5} \cdot C_2 \sqrt{h_2 I}, \quad (7)$$

где  $I$  – гидравлический уклон поверхности водного потока в канале.

И. П. Спицыным [13] для определения средней скорости течения по всему сложно-форменному сечению водного потока предложена формула:

$$\bar{v} = k(\beta_1 v_1 + \beta_2 v_2), \quad (8)$$

где  $k = \frac{R_1}{R_{1\phi}} \left[ 1 - 0,56 \sqrt{\frac{\Delta v}{v} \cdot \frac{h_2}{R_{1\phi}} \cdot \left( \frac{B_1}{B_2} \right)^{\frac{1}{4}}} \right]$  – коэффициент, характеризующий величину

взаимодействия водного потока в русловой и пойменной части канала;

$R_1$  – гидравлический радиус руслового отсека канала, м;

$R_{1\phi}$  – гидравлический радиус русла до уровня его бровок, м;

$\Delta v$  – разность скоростей течения в русле и в пойменных частях, м/с;

$v$  – средняя скорость течения воды по всему сечению, м/с;

$B_1$  – ширина русловой части рыбоходно-нерестового канала, м;

$B_2$  – ширина пойменных отсеков рыбопропускного канала, м;

$\beta_1$  – часть площади русла канала от всей площади всего створа;

$\beta_2$  – часть площади отсеков поймы от всего живого сечения.

Г. В. Железняковым [8] предложено вычислять пропускную способность всего пойменно-руслового сечения по представленной ниже формуле:

$$Q = \left( 1 - \frac{\beta_1^* C_1^*}{\sqrt{g}} \sqrt{\frac{I}{Fr_1}} + k_{к.э.1} \right) \cdot Q_{1,\phi} + \left( 1 - \frac{\beta_2^* C_2^*}{\sqrt{g}} \sqrt{\frac{I}{Fr_2}} + k_{к.э.2} \right) \cdot Q_{2,\phi}, \quad (9)$$

где  $Q$  – общий расход сечения рыбоходно-нерестового канала,  $m^3/c$ ;

$\beta_1^*$ ,  $\beta_2^*$  – коэффициенты, учитывающие неравномерность глубин;

$C_1^* = C_1/\sqrt{g}$ ;  $C_2^* = C_2/\sqrt{g}$  – безразмерные коэффициенты Шези для русла и поймы тракта рыбоходно-нерестового канала;

$I$  – гидравлический уклон руслового потока канала, определяемый экспериментально или принимаемый равным уклону дна рыбоходно-нерестового канала;

$Fr_1 = v_1/g h_1$  – число Фруда для русловой(го) части (отсека) канала;

$Fr_2 = v_2/g h_2$  – число Фруда для отсеков отдыха и нереста рыб;

$k_{к.э.1}$ ,  $k_{к.э.2} = 0,04 \dots 0,08$  – параметры, учитывающие выравнивание скоростей в потоке, протекающем по русло-пойменному створу канала;

$Q_{1,\phi}$ ,  $Q_{2,\phi}$  – фиктивные расходы русла и пойменных отсеков,  $m^3/c$ .

Зависимость для скорости русло-пойменного потока по Н. Б. Барышникову [11] имеет вид:

$$v = (v_1 - v_2 \cos \alpha) + \frac{\sqrt{(Q_1 + Q_2)^2 \cdot (v_2 - v_1 \cos \alpha)^2 - (Q_1 + Q_2)}}{(Q_1 + Q_2)} \times \frac{\sqrt{(Q_1 v_1^2 - 2v_1 v_2 (Q_1 - Q_2) \cos \alpha - Q_2 v_2^2 (2 \cos \alpha + 1))}}{(Q_1 + Q_2)}, \quad (10)$$

где  $v$  – средняя скорость движения всего русло-пойменного потока, м/с;

$v_1$  – скорость течения водного потока в русловом отсеке канала, м/с;

$v_2$  – скорость течения потока в пойменном отсеке канала, м/с;

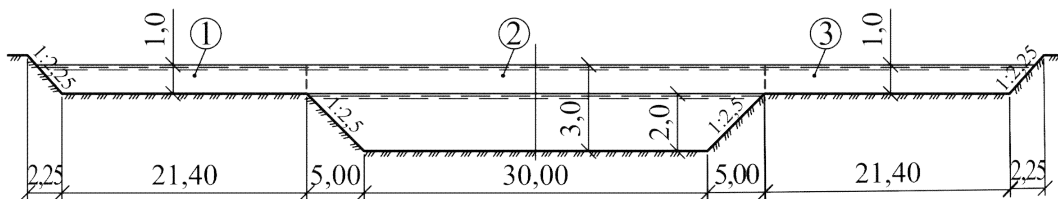
$\alpha$  – значение угла между осями взаимодействующих потоков, в градусах;

$Q_1$  – расход воды в русловой части водного потока, м<sup>3</sup>/с;

$Q_2$  – расход воды в пойменной части водного потока, м<sup>3</sup>/с.

В целях установления приемлемости методик и зависимостей проведен расчет расходов и скоростей для условий канала с приведенной формой поперечного сечения.

Расчет расходно-скоростных параметров участка канала проведен для представленных на рисунке 2 геометрических размеров его поперечного сечения и значений коэффициента шероховатости  $n$  поверхности русла в пределах его смоченного периметра, равного 0,031, и среднего уклона дна канала по всей протяженности его тракта  $I = 0,00034$ . Результаты расчета расходно-скоростных показателей, определенных по полному поперечному сечению (по зависимости (1)), приведены ниже в таблице 1.



1, 2, 3 – отсеки поперечного сечения канала

**Рисунок 2 – Схема поперечного сечения зоны отстоя и нереста рыб рыбоходно-нерестового канала**

**Figure 2 – Scheme of the cross-section of the zone of fish settling and spawning of fish passage and spawning channel**

**Таблица 1 – Данные расчета по методу, основанному на параметрах полного живого сечения тракта рыбопропускного канала**

**Table 1 – Calculation data according to the method based on parameters of full water section of the passage of the fish passage channel**

$\omega$ , м <sup>2</sup>	$\chi$ , м	$R$ , м	$n$	$I$	$v_{cp}$ , м/с	$Q$ , м <sup>3</sup> /с
155,05	88,48	1,75	0,031	0,00034	0,864	134,0

Проведение расчетов расходно-скоростных характеристик участков рыбоходно-нерестовых каналов сложно-форменного поперечного сечения по приведенной методике предусматривает использование параметра Шези ( $C$ , м<sup>0,5</sup>/с). В гидравлической практике используется ряд известных зависимостей для определения указанного параметра, среди которых формулы: Ф. Форхгеймера, Р. Маннинга, Гангиле – Куттера, И. И. Агроскина, Бахметьева – Агроскина, Г. В. Железнякова, Н. Н. Павловского и др. [14]. С учетом отличий в структуре формул и различий в значениях для повышения точности расчетов расходно-скоростных характеристик сложных по форме участков трактов каналов представляется целесообразным использование среднего значения.

При расчете канала по методу Б. В. Полякова рассмотрен вариант деления профиля канала на русловой и пойменные отсеки (см. рисунок 2). Результаты расчетов скоростей и расходов по отсекам и всему сечению приведены в таблице 2.

**Таблица 2 – Данные расчетов скоростей и расходов по методике Б. В. Полякова**

**Table 2 – Calculation data of velocity and flows according to B. V. Polyakov method**

Расходно-скоростной параметр	Значение параметра по отсекам		
	Пойменный отсек № 1	Русловой отсек № 2	Пойменный отсек № 3
Средние скорости ( $v_{ср_i}$ , м/с)	0,55	1,15	0,55
Расходы по отсекам ( $Q_i$ , м <sup>3</sup> /с)	12,47	126,53	12,47

Суммарный расход по всему сечению канала составляет  $Q = 151,47$  м<sup>3</sup>/с.

Учитывая неоднозначность полученных результатов расчета водопропускной способности рассматриваемого сложно-форменного поперечного сечения канала и имеющие место допущения (принятые Б. В. Поляковым), для последующего сопоставления выполнили расчеты по методикам И. Ф. Карасева, И. П. Спицына, Г. В. Железнякова и М. Ю. Захарченко. Результаты выполненных расчетов с использованием зависимостей (3)–(10), предложенных указанными исследователями, приведены в таблице 3.

**Таблица 3 – Результаты расчета расхода канала по различным методикам**

**Table 3 – The results of calculating the channel flow rate using various methods**

Параметр	Значение расхода по сечению канала по формулам различных авторов			
	И. Ф. Карасев	И. П. Спицын	Г. В. Железняков	М. Ю. Захарченко
Расход канала $Q$ , м <sup>3</sup> /с	103,53	139,554	103,952	130,445

### Выводы

1 Рассмотренные методики и использованные зависимости позволяют непосредственно или опосредованно определить пропускную способность (расход и скорости течений) сложно-форменных (в поперечном сечении) компоновочно-конструктивных решений зон отдыха или нереста рыб, устраиваемых в рыбоходно-нерестовых каналах.

2 Расчетами (по методикам и зависимостям различных авторов) расходов потока, протекающего через сложные по форме поперечные сечения каналов, установлены существенные отличия в их значениях (от 103,5 до 151,5 м<sup>3</sup>/с).

3 Осредненная (по шести зависимостям) величина пропускной способности рассмотренного сечения канала составляет 127,1 м<sup>3</sup>/с, а отклонения минимального и максимального значения от средней его величины составляют 18,6 и 19,2 %.

### Список источников

1. Шкура В. Н. Рыбопропускные сооружения. В 2 ч. Ч. 1 / Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. Новочеркасск, 1998. 380 с.

2. А. с. 1544879 СССР, МПК Е 02 В 8/08. Рыбоход / Г. М. Сукало, В. Н. Шкура, А. Г. Гуюмджибашян, В. С. Аникин (СССР). № 4447105/23-15; заявл. 23.05.88; опубл. 23.02.90, Бюл. № 7. 3 с.: ил.

3. А. с. 1562397 СССР, МПК Е 02 В 8/08. Рыбоходно-нерестовый канал / В. Н. Шкура, Г. М. Сукало, А. М. Анохин, А. А. Чистяков, А. Г. Гуюмджибашян, В. С. Аникин (СССР). № 4300015/23-15; заявл. 24.08.87; опубл. 07.05.90, Бюл. № 17. 3 с.: ил.

4. А. с. 1666633 СССР, МПК Е 02 В 8/08. Рыбоходно-нерестовый канал / В. Н. Шку-

ра, А. М. Анохин, А. А. Чистяков, В. А. Черкасов, А. В. Новойдарский (СССР); заявитель и патентообладатель Новочеркас. инж.-мелиоратив. ин-т им. А. К. Кортунова. № 4719076/15; заявл. 17.07.89; опубл. 30.07.91, Бюл. № 28. 3 с.: ил

5. А. с. 1760001 СССР, МПК Е 02 В 8/08. Рыбоходно-нерестовый канал / А. А. Чистяков, В. Н. Шкура, В. А. Черкасов, А. М. Анохин (СССР). № 4834526/15; заявл. 26.02.90; опубл. 07.09.92, Бюл. № 33. 4 с.: ил.

6. Шевченко А. В., Шкура В. Н. Конструктивные решения зон отдыха рыб на прямолинейных участках рыбоходных каналов // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2022. Т. 12, № 2. С. 142–157. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1283> (дата обращения: 01.07.2022). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-2-142-157>.

7. Поляков Б. В. Гидрологический анализ и расчеты. Л.: Гидрометеиздат, 1946. 480 с.

8. Железняков Г. В. Теория гидрометрии. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 308 с.

9. Гончаров В. Н. Динамика русловых потоков. Л.: Гидрометеиздат, 1962. 375 с.

10. Барышников Н. Б. Проблемы морфологии, гидрологии и гидравлики пойм: монография. СПб.: РГГМУ, 2012. 426 с.

11. Барышников Н. Б. Гидравлические сопротивления речных русел: учеб. пособие. СПб.: Изд-во РГГМУ, 2003. 147 с.

12. Карасев И. Ф. Русловые процессы при переброске стока. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 288 с.

13. Спицин И. П. О механизме взаимодействия потоков основного русла и поймы. Л.: ЛГМИ, 1962. 176 с.

14. Мамедов А. Ш. О расчете коэффициента Шези речного потока // Гидравлика и водные ресурсы. 2011. № 3. С. 62–67.

## References

1. Shkura V.N., 1998. *Rybopropusknye sooruzheniya* [Fish Passage Structures]. In 2 parts, pt. 1, Novocherkassk State Land Reclamation Academy, Novocherkassk, 380 p. (In Russian).

2. Sukalo G.M., Shkura V.N., Guyumdzhibashyan A.G., Anikin V.S., 1990. *Rybokhod* [Fishway]. Inventor's certificate, no. 1544879. (In Russian).

3. Shkura V.N., Sukalo G.M., Anokhin A.M., Chistyakov A.A., Guyumdzhibashyan A.G., Anikin V.S., 1990. *Rybokhodno-nerestovyy kanal* [Fish Passage and Spawning Channel]. Inventor's certificate, no. 1562397. (In Russian).

4. Shkura V.N., Anokhin A.M., Chistyakov A.A., Cherkasov V.A., Novoydarsky A.V., 1991. *Rybokhodno-nerestovyy kanal* [Fish Passage and Spawning Channel]. Inventor's certificate, no. 1666633. (In Russian).

5. Chistyakov A.A., Shkura V.N., Cherkasov V.A., Anokhin A.M., 1992. *Rybokhodno-nerestovyy kanal* [Fish Passage and Spawning Channel]. Inventor's certificate, no. 1760001. (In Russian).

6. Shevchenko A.V., Shkura V.N., 2022. [Structural solutions for fish recreation areas on straight sections of fish passage channels]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 12, no. 2, pp. 142-157, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1283> [accessed 01.07.2022], <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-2-142-157>. (In Russian).

7. Polyakov B.V., 1946. *Gidrologicheskiy analiz i raschety* [Hydrological Analysis and Calculations]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 480 p. (In Russian).

8. Zheleznyakov G.V., 1976. *Teoriya gidrometrii* [Theory of Hydrometry]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 308 p. (In Russian).

9. Goncharov V.N., 1962. *Dinamika ruslovykh potokov* [Dynamics of Channel Flow]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 375 p. (In Russian).

---

10. Baryshnikov N.B., 2012. *Problemy morfologii, gidrologii i gidravliki poym: monografiya* [Problems of Morphology, Hydrology and Hydraulics of Floodplains: monograph]. St. Petersburg, RSGM, 426 p. (In Russian).

11. Baryshnikov N.B., 2003. *Gidravlicheskie soprotivleniya rechnykh rusel: uchebnoe posobie* [Hydraulic Resistance of River Fluvials: a manual]. St. Petersburg, Russian State Humanitarian University Publ., 147 p. (In Russian).

12. Karasev I.F., 1975. *Ruslovye protsessy pri perebroske stoka* [Channel Processes during Runoff Diversion]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 288 p. (In Russian).

13. Spitsin I.P., 1962. *O mekhanizme vzaimodeystviya potokov osnovnogo rusla i poymy* [On the Interaction of Streams of the Main River Bed and Flood Plain]. Leningrad, LGMI, 176 p. (In Russian).

14. Mamedov A.Sh., 2011. *O raschete koeffitsienta Shezi rechnogo potoka* [On the calculation of the Chezy factor of a river flow]. *Gidravlika i vodnye resursy* [Hydraulics and Water Resources], no. 3, pp. 62-67. (In Russian).

---

#### ***Информация об авторах***

**О. А. Баев** – старший научный сотрудник, кандидат технических наук;

**А. В. Шевченко** – младший научный сотрудник, аспирант.

#### ***Information about the authors***

**O. A. Baev** – Senior Researcher, Candidate of Technical Sciences;

**A. V. Shevchenko** – Junior Researcher, Postgraduate Student.

*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 07.07.2022; одобрена после рецензирования 22.08.2022; принята к публикации 30.08.2022.*

*The article was submitted 07.07.2022; approved after reviewing 22.08.2022; accepted for publication 30.08.2022.*

Научная статья  
УДК 626.823.914

**Современные технические и технологические решения для ремонта деформационных швов и повреждений бетонных облицовок каналов**

**Александр Юрьевич Гарбуз**

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, a.y.garbuz@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1503-7300>

**Аннотация. Цель:** провести анализ современных способов и технологий восстановления водонепроницаемости деформационных швов и бетонных облицовок каналов, а также разработать алгоритм выбора варианта их реконструкции или ремонта. **Материалы и методы.** Материалами к исследованию послужили труды российских ученых в области ремонта бетонных элементов сооружений. В процессе проведения исследований применялись методы синтеза и анализа, дедукции и индукции. **Результаты.** Проведен анализ технических и технологических решений, направленных на ремонт и герметизацию деформационных швов и повреждений бетонных облицовок каналов с применением различных материалов. Представлено обоснование преимуществ применения рассмотренных решений на действующих объектах мелиоративных систем. Предложен алгоритм выбора варианта восстановления бетонных противофилтрационных покрытий каналов, который включает не только ремонт отдельных повреждений бетонных облицовок эксплуатируемых каналов, но и варианты их полной или частичной замены. **Выводы.** Рассмотренные способы и технологии ремонта и восстановления бетонных облицовок каналов позволят в значительной степени снизить величину фильтрационных потерь, уменьшить шероховатость бетонных покрытий, а также увеличить пропускную способность мелиоративных объектов за счет применения современных противофилтрационных материалов.

**Ключевые слова:** деформационный шов, противофилтрационное мероприятие, водонепроницаемость, бетонная облицовка, канал, ремонт, полимерная композиция

\*\*\*\*\*

Original article

**Current technical and technological solutions for repairing expansion joints and concrete canal lining damages**

**Aleksandr Yu. Garbuz**

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, a.y.garbuz@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1503-7300>

**Abstract. Purpose:** to analyze modern methods and technologies for restoring the impermeability of expansion joints and concrete canal linings, as well as to develop an algorithm for choosing the option of their reconstruction or repair. **Materials and methods.** The materials for the study were the Russian scientists' works in the field of repairing concrete elements of structures. Methods of synthesis and analysis, deduction and induction were used in the process of research. **Results.** The analysis of technical and technological solutions aimed at repairing and sealing of expansion joints and damage to concrete canal linings using various materials was carried out. The substantiation of the advantages of applying the considered solutions at the existing reclamation system facilities is presented. An algorithm for choosing the option of restoring concrete impervious canal lining is proposed, which includes not only the repair of individual damage to concrete linings of operational canals, but also options for



their complete or partial replacement. **Conclusions.** The considered methods and technologies for repair and restoration of concrete canal linings will significantly reduce the amount of filtration losses, reduce the roughness of concrete coatings, and also increase the carrying capacity of reclamation facilities through the use of modern impervious materials.

**Keywords:** expansion joint, impervious measure, impermeability, concrete lining, canal, repair, polymer composition

**Введение.** В связи с длительным периодом эксплуатации мелиоративных систем и гидротехнических сооружений наиболее остро стоит вопрос обеспечения надежности и долговечности их бетонных и железобетонных элементов. Различные повреждения, которые образуются на поверхности бетонных облицовок оросительных каналов, стенках перегораживающих сооружений, существенно снижают их надежность и безопасность функционирования. В этой связи после подачи в оросительную систему значительных объемов водных ресурсов наблюдаются потери, которые достигают порядка 40–50 % от общего объема водоподачи. Большая часть фильтрационных потерь из оросительных каналов приходится на стыки и разрушенные деформационные швы их облицовок [1–4].

Учитывая специфические условия эксплуатации водопроводящих сооружений, к основным требованиям, которым должны удовлетворять их бетонные поверхности, следует отнести [4]:

- водонепроницаемость;
- морозостойкость;
- трещиностойкость;
- химическую стойкость;
- устойчивость к механическим воздействиям и др.

Наряду с этим, важным фактором, оказывающим влияние на свойства бетона, является циклическое воздействие попеременного замораживания-оттаивания, при котором происходит образование внутри конструкции облицовки дефектов в виде трещин различной длины и ширины раскрытия, что приводит к снижению прочности и увеличению деформативности бетонного покрытия [5].

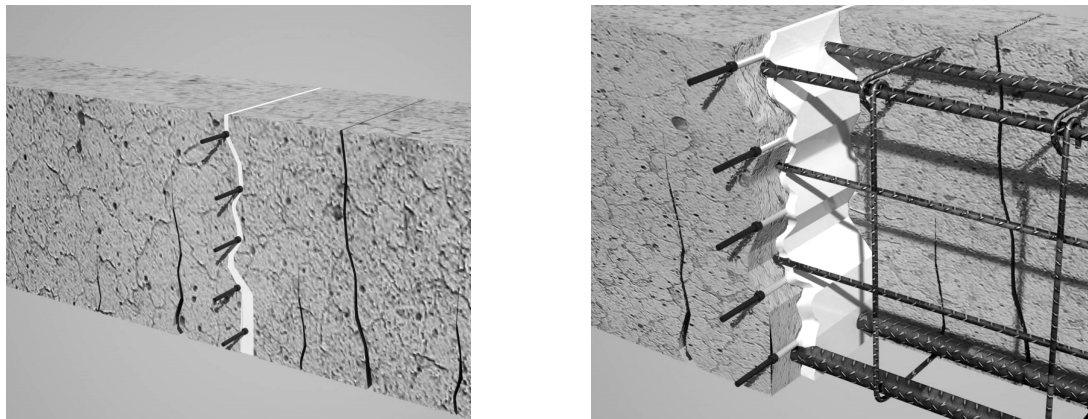
В этой связи целью настоящих исследований являлся анализ современных способов и технологий восстановления водонепроницаемости деформационных швов и повреждений бетонных облицовок каналов, а также разработка алгоритма выбора варианта их реконструкции или ремонта.

**Материалы и методы.** Материалами к исследованию послужили труды российских ученых в области ремонта бетонных элементов сооружений различного назначения. В процессе проведения исследований применялись методы синтеза и анализа, дедукции и индукции.

**Результаты и обсуждение.** Одним из высокоэффективных методов ремонта или восстановления бетонных элементов конструкций является технология инъектирования. Данная технология позволяет восстановить целостность конструкции путем заполнения пустот (трещин, повреждений, швов) и подплитного пространства полимерами под высоким давлением. Применяемые при инъектировании ремонтные составы способствуют повышению надежности конструкции, прочно соединяя и замоноличивая (герметизируя) различные повреждения (рисунок 1) [6].

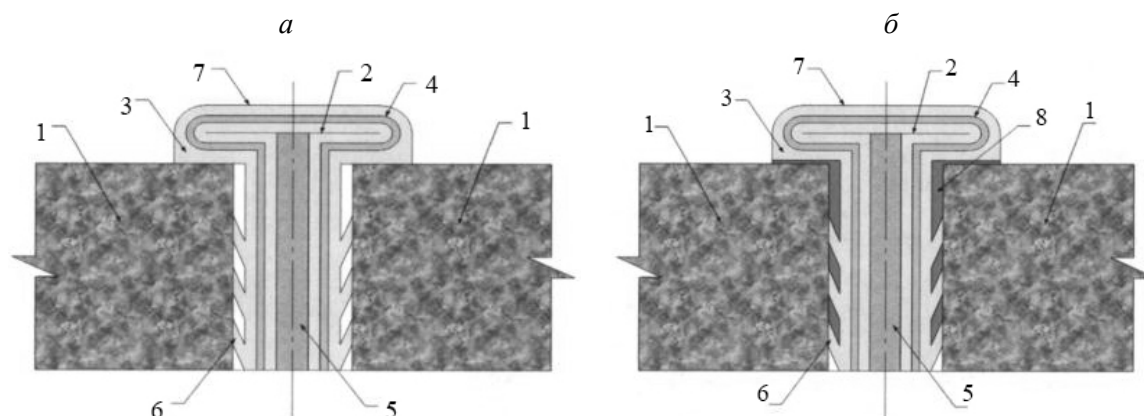
Для герметизации, а также защиты деформационных швов возможно применение устройства [7], которое содержит наполнитель всей полости деформационного шва, состоящий из упругопластичного материала, произведенного в виде листа U-образного вида. Устройство отличается тем, что в качестве наполнителя используется армированный стекловолокном полипропилен. Для исключения фильтрационных потерь через

деформационные швы перед установкой наносят слой герметика для более надежной фиксации устройства. Получаемый технический результат – надежность и экологичность материала конструкции, простота монтажа, снижение потерь воды на фильтрацию, защита от прорастания древесно-кустарниковой растительности, а также повышение долговечности работы сооружений (рисунок 2).



**Рисунок 1 – Герметизация повреждений бетонных элементов с помощью технологии инъектирования полимеров**

**Figure 1 – Sealing of concrete element damage using polymer injection technology**



*а* – устройство комплексной герметизации деформационных швов в железобетонных плитах по 1-му варианту; *б* – устройство комплексной герметизации деформационных швов в железобетонных плитах по 2-му варианту; 1 – устройство герметизации деформационных швов в железобетонных плитах; 2 – наполнитель полости шва из упругопластичного материала; 3 – полипропилен; 4 – внутренний слой армирования стекловолокном; 5 – компенсатор деформаций из пенополиуретана; 6 – стопорные крылья; 7 – Т-образная складка; 8 – слой герметика, мастики или эпоксидной смолы

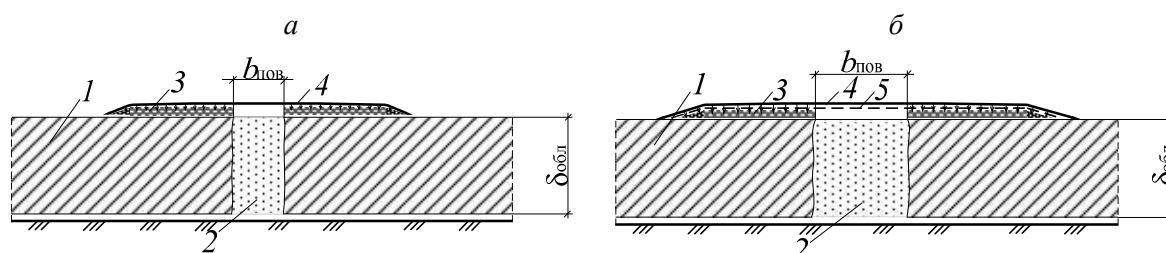
**Рисунок 2 – Устройство комплексной герметизации деформационных швов в железобетонных плитах [7]**

**Figure 2 – Complex pressurizing unit of expansion joints in reinforced concrete slabs [7]**

Основными преимуществами данного технического решения являются:

- использование в качестве устройства комплексной герметизации деформационных швов в железобетонных плитах наполнителя шва из армированного стекловолокна и полипропилена;
- наличие стопорных крыльев у U-образного наполнителя и Т-образной складки, двукратно перекрывающей деформационный шов;
- наличие компенсатора деформаций из пенополиуретана.

Для ремонта бетонных облицовок каналов разработан способ [8], который направлен на замену части поврежденного покрытия вследствие укладки бетона с определенной толщиной защитного слоя ( $\delta_{обл} = 0,05$  м), а также устройство в жидкий раствор профилированной геомембраны жесткими ребрами вниз для более надежной фиксации. Устройство бетона выполняется по контуру повреждения. При фиксации более значительных повреждений на слой бетона укладывается полимерная геосетка. Ширина устраиваемого листа геомембраны определяется по размерам повреждения на бетонной облицовке с учетом запаса на ее устройство. Применение полимерной профилированной геомембраны и геосетки для ремонта мелких и крупных повреждений бетонных облицовок каналов позволит в значительной мере продлить срок службы сооружений, снизить потери воды на фильтрацию, а также минимизировать объемы бетонных работ (рисунок 3).



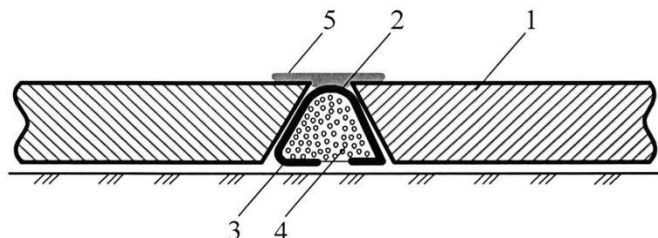
*a* – схема ремонта бетонных облицовок геомембраной; *б* – схема ремонта бетонных облицовок геомембраной и геосеткой; 1 – бетонная облицовка канала; 2 – повреждение в бетонной облицовке; 3 – бетон; 4 – профилированная геомембрана; 5 – полимерная геосетка

### Рисунок 3 – Способ ремонта бетонных облицовок оросительных каналов [8]

### Figure 3 – Method of repairing irrigation canal concrete lining [8]

Применение вышеописанного способа позволяет эффективно и в короткие сроки выполнять ремонт различных повреждений бетонных облицовок каналов. Благодаря использованию полимерных геомембран в значительной степени будет снижена шероховатость бетонной облицовки, что в перспективе позволит увеличить пропускную способность, а также повысить КПД оросительной сети.

Рассмотрим также способ герметизации швов облицовок водопроводящих гидротехнических сооружений [9], который включает в себя герметизирующий элемент и защитный слой, а именно противофильтрационный жгут, выполненный из перфорированной полимерной геомембраны толщиной 0,2 мм с наполнителем из бентонитовых глин. Для заполнения (герметизации) пространства между швом и бетонным покрытием используются жидкие композиции, наносимые по всей поверхности устраиваемого в деформационный шов противофильтрационного жгута (рисунок 4).



1 – бетонная облицовка; 2 – герметизирующий элемент; 3 – оболочка из геомембраны; 4 – наполнитель из бентонита; 5 – жидкая композиция

### Рисунок 4 – Схема бетонной облицовки с деформационным швом [9]

### Figure 4 – Scheme of concrete lining with expansion joint [9]

Применение данного способа позволит обеспечить надежную, длительную и эффективную противотеплоизоляционную защиту, позволяя исключить фильтрационные потери, а также предотвратить разрушение бетонной поверхности облицовки вблизи деформационных швов, уменьшить вероятность возникновения аварийных ситуаций.

На основании анализа современных технических и технологических решений для восстановления деформационных швов и бетонных облицовок каналов разработан алгоритм выбора варианта восстановления бетонного противотеплоизоляционного покрытия каналов, который включает не только ремонт отдельных повреждений бетонных облицовок эксплуатируемых каналов, но и варианты их полной или частичной замены (рисунок 5).



**Рисунок 5 – Алгоритм выбора варианта восстановления бетонных облицовок каналов**

**Figure 5 – Algorithm for choosing an option of recovering concrete canal linings**

### Выводы

1 Выполнен анализ современных технических и технологических решений, направленных на ремонт и герметизацию деформационных швов и бетонных облицовок каналов с применением различных материалов. Приведено обоснование их эффективного применения на действующих объектах мелиоративных систем.

2 Представлен алгоритм выбора варианта восстановления бетонных облицовок каналов, включающий блок исходных данных и варианты операций, направленных на ремонт повреждений, частичную или полную замену облицовок оросительных каналов для исключения фильтрационных потерь оросительной воды.

### Список источников

1. Основные принципы и методы эксплуатации магистральных каналов и сооружений на них: монография / В. Н. Щедрин [и др.]; под общ. ред. В. Н. Щедрина. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. 361 с.

2. Защитные покрытия оросительных каналов / В. С. Алтунин [и др.]; под ред. В. С. Алтунина. М.: Агропромиздат, 1988. 160 с.

3. Рубин В. М., Шлаен А. Г. Бетонная облицовка каналов. М.: Агропромиздат, 1987. 182 с.

4. Косиченко Ю. М., Баев О. А. Рекомендации по применению геосинтетических материалов для противofильтрационных экранов каналов, водоемов и накопителей / ФГБНУ «РосНИИПМ». Новочеркасск, 2015. 65 с. Деп. в ВИНТИ 12.01.15, № 1-B2015.

5. Косиченко Ю. М., Баев О. А. Математическое и физическое моделирование фильтрации через малые повреждения противofильтрационных устройств из полимерных геомембран // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденева. 2014. Т. 274. С. 60–73.

6. Гарбуз А. Ю. Ремонт повреждений облицовок длительно работающих каналов с использованием полимерных композиций // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2015. Вып. 2(58). С. 33–39.

7. Пат. на полезную модель 173800 Российская Федерация, МПК Е 02 В 3/16. Устройство комплексной герметизации и защиты деформационных швов ГТС от прорастания древесно-кустарниковой растительностью / Семененко С. Я., Дубенок Н. Н., Марченко С. С., Арьков Д. П., Кулик А. К., Попов П. С., Пахомов А. А.; заявитель и патентообладатель Федер. науч. центр агроэкологии, комплекс. мелиораций и защит. лесоразведения Рос. акад. наук. № 2016149653; заявл. 16.12.16; опубл. 12.09.17, Бюл. № 26. 9 с.

8. Пат. 2612419 Российская Федерация, МПК Е 02 В 3/16. Способ ремонта бетонных облицовок оросительных каналов / Баев О. А.; заявитель и патентообладатель О. А. Баев. № 2016105674; заявл. 18.02.16; опубл. 09.03.17, Бюл. № 7. 9 с.

9. Пат. 2644885 Российская Федерация, МПК Е 02 В 3/16. Способ герметизации швов водопроводящих гидротехнических сооружений / Баев О. А.; заявитель и патентообладатель О. А. Баев. № 2017118309; заявл. 25.05.17; опубл. 14.02.18, Бюл. № 5. 7 с.

## References

1. Shchedrin V.N. [et al.], 2015. *Osnovnye printsipy i metody ekspluatatsii magistral'nykh kanalov i sooruzheniy na nikh: monografiya* [Basic Principles and Methods of Operation of Main Canals and Structures on Them: monograph]. Novocherkassk, RosNIIPM, 361 p. (In Russian).

2. Altunin V.S. [et al.], 1988. *Zashchitnye pokrytiya orositel'nykh kanalov* [Protective Coatings for Irrigation Canals]. Moscow, Agropromizdat Publ., 160 p. (In Russian).

3. Rubin V.M., Shlaen A.G., 1987. *Betonnaya oblitsovka kanalov* [Concrete Lining of Canals]. Moscow, Agropromizdat Publ., 182 p. (In Russian).

4. Kosichenko Yu.M., Baev O.A., 2015. *Rekomendatsii po primeneniyu geosinteticheskikh materialov dlya protivofil'tratsionnykh ekranov kanalov, vodoemov i nakopiteley* [Recommendations for Applying Geosynthetic Materials for Impervious Screens of Canals, Ponds and Reservoirs]. FGBNU RosNIIPM, Novocherkassk, 65 p., deposited in VINITI on 12.01.2015, no. 1-B2015. (In Russian).

5. Kosichenko Yu.M., Baev O.A., 2014. *Matematicheskoe i fizicheskoe modelirovanie fil'tratsii cherez malye povrezhdeniya protivofil'tratsionnykh ustroystv iz polimernykh geomembran* [Mathematical and physical modeling of filtration through small damage of impervious polymeric geomembrane units]. *Izvestiya VNIIG im. B. E. Vedeneeva* [News of B.E. Vedeneev VNIIG], vol. 274, pp. 60-73. (In Russian).

6. Garbuz A.Yu., 2015. *Remont povrezhdeniy oblitsovok dlitel'no rabotayushchikh kanalov s ispol'zovaniem polimernykh kompozitsiy* [Repair of damage to the long-running canals lining of using polymer compositions]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zem-*

---

*ledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], iss. 2(58), pp. 33-39. (In Russian).

7. Semenenko S.Ya., Dubenok N.N., Marchenko S.S., Arkov D.P., Kulik A.K., Popov P.S., Pakhomov A.A., 2017. *Ustroystvo kompleksnoy germetizatsii i zashchity deformatsionnykh shvov GTS ot prorastaniya drevesno-kustarnikovoy rastitel'nost'yu* [Complex Pressurizing Unit and Protection of Expansion Joints of Hydraulic Structures from Tree and Shrub Vegetation Germination]. Patent RF, no. 173800. (In Russian).

8. Baev O.A., 2017. *Sposob remonta betonnykh oblitsovok orositel'nykh kanalov* [The Method of Repairing Concrete Linings of Irrigation Canals]. Patent RF, no. 2612419. (In Russian).

9. Baev O.A., 2018. *Sposob germetizatsii shvov vodoprovodyashchikh gidrotekhnicheskikh sooruzheniy* [The Method of Sealing the Seams of Water-Conducting Hydraulic Structures]. Patent RF, no. 2644885. (In Russian).

---

#### ***Информация об авторе***

**А. Ю. Гарбуз** – младший научный сотрудник, кандидат технических наук.

#### ***Information about the author***

**A. Yu. Garbuz** – Junior Researcher, Candidate of Technical Sciences.

*Автор несет ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других нарушений в сфере этики научных публикаций.*

*The author is responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism and other ethical violations in scientific publications.*

*Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.*

*The author declares no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 13.07.2022; одобрена после рецензирования 19.08.2022; принята к публикации 26.08.2022.*

*The article was submitted 13.07.2022; approved after reviewing 19.08.2022; accepted for publication 26.08.2022.*

Научная статья  
УДК 631.67

### Анализ факторов, влияющих на востребованность развития орошения в Ростовской области

Алексей Николаевич Рыжак<sup>1</sup>, Дмитрий Викторович Мартынов<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,  
Российская Федерация

<sup>1</sup>xrust.89@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9268-255X>

<sup>2</sup>dimas-8901@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4797-8973>

**Аннотация. Цель:** провести анализ причин сокращения орошаемых площадей в Ростовской области и обозначить ключевые факторы, влияющие на востребованность орошения. **Материалы и методы.** В ходе проведения исследований был выполнен анализ данных об орошаемых землях Ростовской области по состоянию на 01.01.2021 по таким показателям: общая площадь земель, предусмотренная на орошение; площадь фактически орошаемых земель; потенциальная площадь орошения; источники водозабора; факторы, влияющие на востребованность орошения. **Результаты и обсуждения.** В результате анализа выявлено, что основной причиной, влияющей на отказ от орошения, является неисправность внутрихозяйственной сети. По этой причине полив не производится на площади 95 тыс. га, что составляет 51 % от всей потенциальной площади орошения. **Выводы.** В результате проведенных исследований выявлена заинтересованность сельскохозяйственных товаропроизводителей, расположенных в зоне влияния государственных оросительных систем, в восстановлении орошения. К наиболее перспективным для восстановления орошения относятся Волгодонской и Азовский районы Ростовской области с потенциальной площадью орошения 5,94 тыс. га.

**Ключевые слова:** мелиоративный комплекс, орошаемое земледелие, фактически орошаемые земли, потенциальная площадь орошения, востребованность орошения

\*\*\*\*\*

Original article

### Analysis of factors affecting the demand on irrigation development in the Rostov region

Alexey N. Ryzhakov<sup>1</sup>, Dmitry V. Martynov<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,  
Russian Federation

<sup>1</sup>xrust.89@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9268-255X>

<sup>2</sup>dimas-8901@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4797-8973>

**Abstract. Purpose:** to analyze the reasons for the reduction of irrigated areas in Rostov region and to identify the key factors affecting the demand for irrigation. **Materials and methods.** In the course of the research, an analysis of data on irrigated lands in Rostov region as of 01.01.2021 according to the following indicators was made: the total area of land provided for irrigation; the area of actually irrigated lands; potential irrigation area; sources of water intake; factors affecting the demand for irrigation. **Results and discussions.** As a result of analysis, it was revealed that the main reason affecting the refusal of irrigation is a malfunction of the on-farm network. For this reason, irrigation is not carried out on an area of 95 thousand hectares, which is 51 % of the entire potential irrigation area. **Conclusions.** As a result of the research, the interest of agricultural producers located in the zone of influence of state irrigation

systems in the restoration of irrigation was revealed. The most promising for the restoration of irrigation are the Volga-Don and Azov districts Rostov region with a potential irrigation area of 5.94 thousand hectares.

**Keywords:** reclamation complex, irrigated agriculture, actually irrigated lands, potential irrigation area, demand for irrigation

**Введение.** В настоящее время в орошаемом земледелии России сложилась ситуация, когда по ряду объективных причин [1–4] высокоценные земли сельскохозяйственного назначения, находящиеся в зоне влияния инженерной инфраструктуры мелиоративных систем, используются недостаточно эффективно. Согласно информации, представленной в докладе о мелиоративном комплексе РФ [5], в 2020 г. полив осуществлялся только на территории в 1,69 млн га, что составляет только 36 % от всех орошаемых земель.

Для решения поставленных вопросов в РФ запущена госпрограмма эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса на период с 2022 по 2031 г., утвержденная Постановлением Правительства от 14 мая 2021 г. № 731 [6]. На достижение этих целей из федерального бюджета до 2031 г. предполагается выделить более 500 млрд руб. В 2022 г. в Ростовской области планируется выделить более 100 млн руб. на реализацию данной программы [7].

Целью исследования является проведение анализа причин сокращения орошаемых площадей в целях определения приоритетных факторов, влияющих на востребованность орошения.

**Материалы и методы.** Источником информации для проведения исследований были данные, предоставленные Министерством сельского хозяйства Ростовской области, и результаты анкетирования сельхозпроизводителей, находящихся в зоне влияния мелиоративных систем.

В ходе исследований был выполнен анализ данных о состоянии орошаемых земель в Ростовской области на 01.01.2021. Анализ выполнен по хозяйствам в разрезе административных районов и оросительных систем по следующим показателям:

- общая площадь земель, предусмотренная на орошение (площадь, пригодная для орошения по техническому состоянию систем), га;
- площадь фактически орошаемых земель на 01.01.2021 (на которых проводилось орошение в 2020 г.);
- потенциальная площадь орошения в хозяйстве (после проведения мероприятий по вовлечению неиспользованных орошаемых земель), га;
- источник водозабора;
- необходимые мероприятия для ввода дополнительных орошаемых земель;
- факторы, влияющие на востребованность орошения.

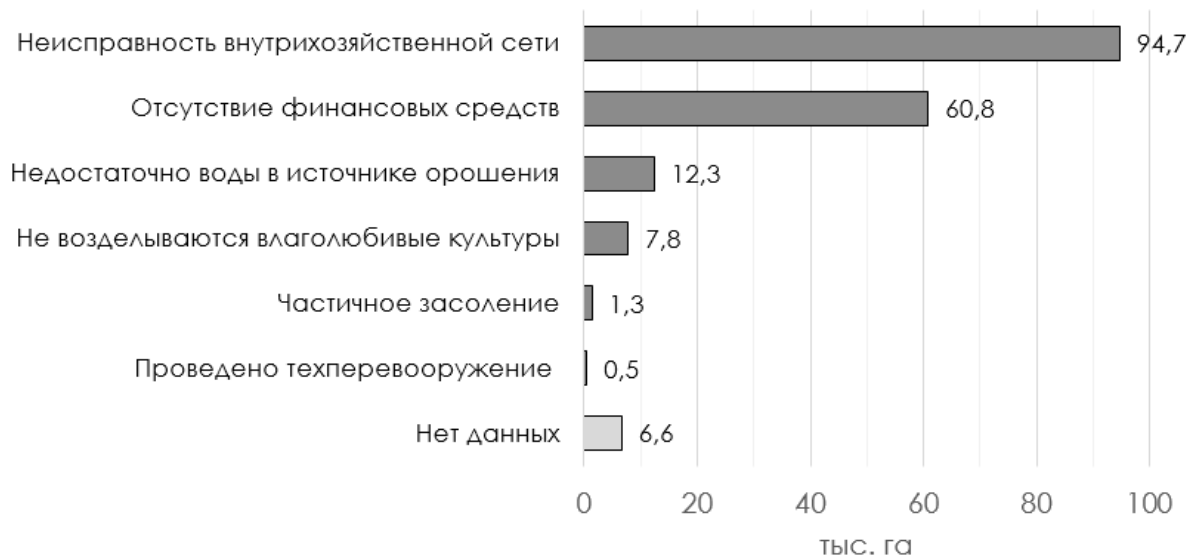
**Результаты и обсуждения.** К факторам, влияющим на востребованность орошения, относятся такие причины: неисправность внутрихозяйственной водопроводящей сети, отсутствие финансовых средств у сельхозтоваропроизводителей, недостаток воды в источнике орошения, отсутствие необходимости выращивать влаголюбивые культуры, частичное засоление почвы на староорошаемых землях.

Распределение площади земель, на которых отсутствует орошение, в зависимости от влияющих факторов, по данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия Ростовской области, представлено на рисунке 1.

Причиной, по которой не поливается наибольшая орошаемая площадь, является неисправность внутрихозяйственной сети. По этой причине не поливаются 94,7 тыс. га. Второй по значимости причиной сельхозтоваропроизводители называют отсутствие финансовых средств на восстановление орошения. По этой причине не поливаются



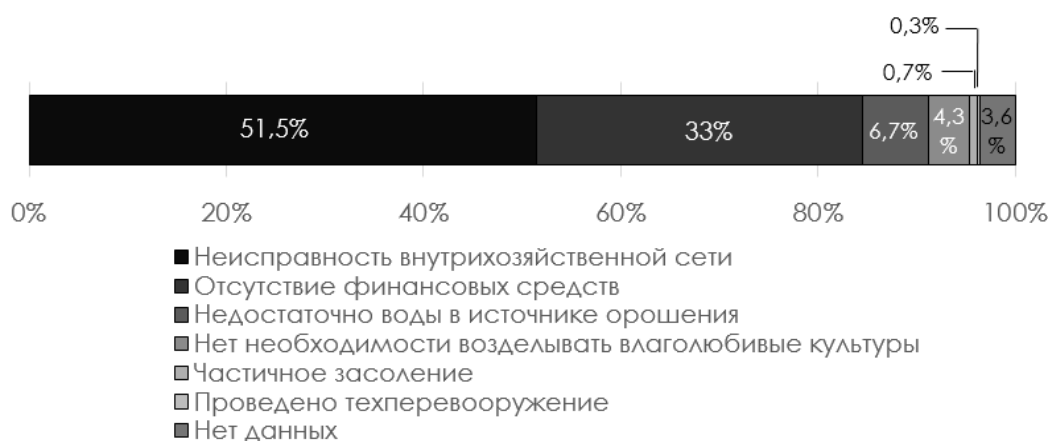
60,8 тыс. га. По причине недостаточности воды в водоисточнике отказываются от полива на площади 12,3 тыс. га. Отказ от возделывания влаголюбивых сельскохозяйственных культур и по этой причине отказ от орошения зафиксирован на 7,8 тыс. га. Сокращение орошения по причине частичного засоления почвы обозначено на 1,3 тыс. га. Еще отказ от орошения 6,6 тыс. га по неизвестным причинам.



**Рисунок 1 – Распределение площади неполиваемых орошаемых сельскохозяйственных угодий в зависимости от влияющих факторов**

**Figure 1 – Distribution of non-irrigated agricultural land area, depending on the influencing factors**

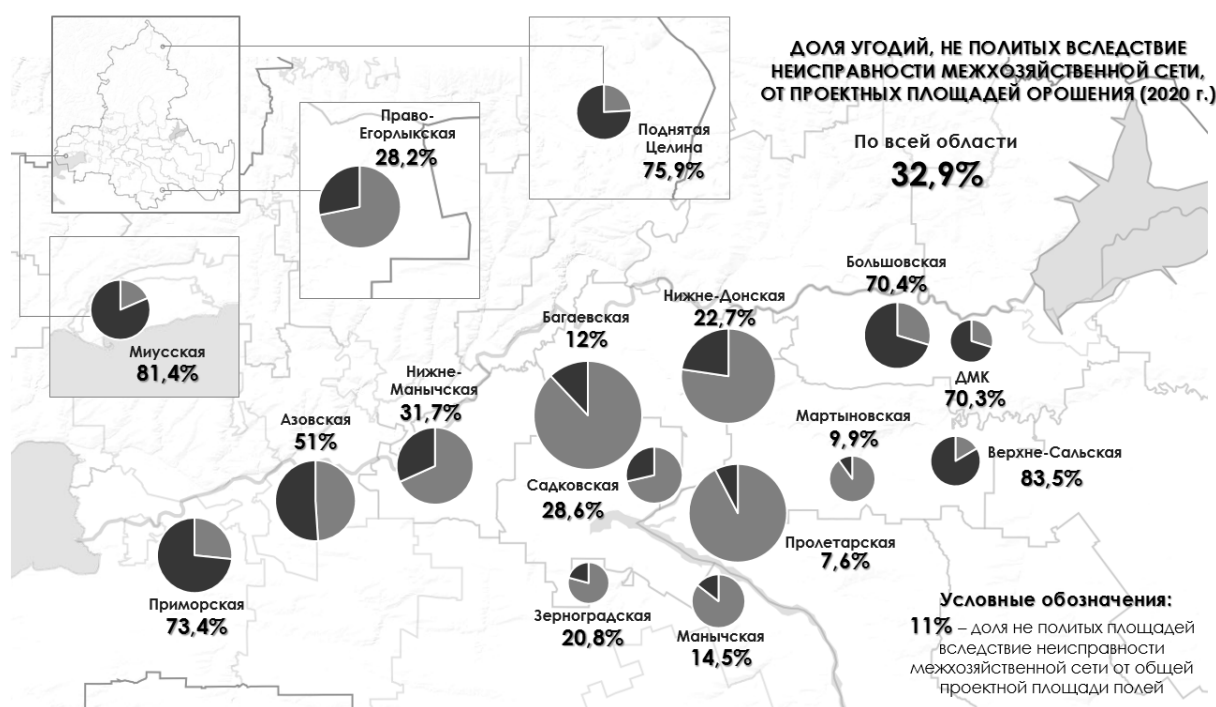
Таким образом, основной причиной (51,5 %) неполива орошаемых сельскохозяйственных угодий являются неисправности внутрихозяйственной водопроводящей сети. Процентное соотношение по всем факторам приведено на рисунке 2.



**Рисунок 2 – Процентное соотношение факторов, влияющих на сокращение орошаемого земледелия в Ростовской области**

**Figure 2 – Percentage of factors influencing the reduction of irrigated agriculture in Rostov region**

Анализ полученных данных позволил распределить оросительные системы Ростовской области в зависимости от площади сельскохозяйственных угодий, которые не поливались по причине неисправности внутрихозяйственной водопроводящей сети (рисунок 3).



**Рисунок 3 – Доля угодий, не политых вследствие неисправности межхозяйственной сети, по оросительным системам за 2020 г.**

**Figure 3 – The share of land not irrigated due to a malfunction of the inter-farm network, by irrigation systems for 2020**

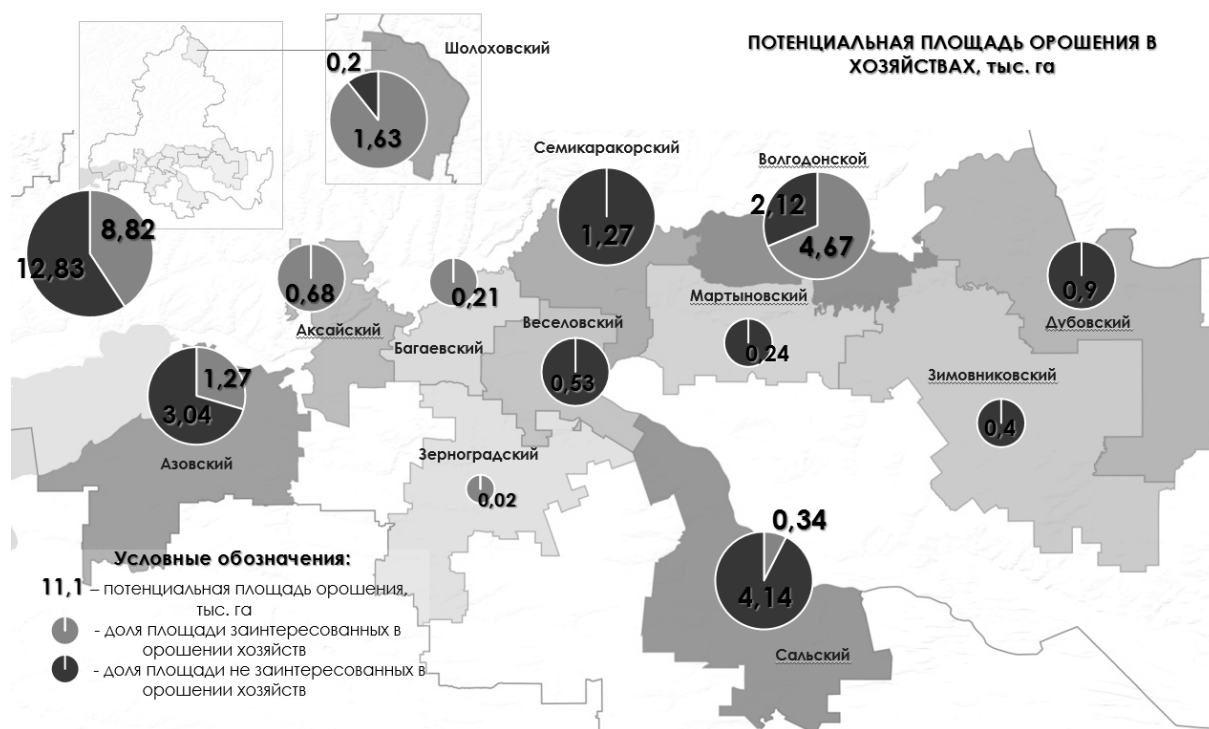
Таким образом, наибольшее сокращение орошаемых площадей по данной причине наблюдается на Верхне-Сальской (83,5 %), Миусской оросительных системах (81,4 %), «Поднятой Целине» (75,9 %), Приморской (73,4 %) и Большовской (70,4 %) оросительных системах. Наилучшее техническое состояние – у Пролетарской (7,6 %), Мартыновской (9,9 %), Багаевской (12 %) и Манычской (14,5 %) оросительных систем.

Для оценки заинтересованности в восстановлении орошения выполнено анкетирование хозяйств, расположенных на ранее поливаемых землях. Анкетирование выполнялось в виде телефонных звонков и рассылки анкет на электронный адрес хозяйства.

Были заданы вопросы о заинтересованности в восстановлении орошения на территории хозяйства, а также о причинах, препятствующих восстановлению орошения, и причинах отказа от орошения.

Исследование охватило 12 районов Ростовской области. Общее количество хозяйств, принявших участие в анкетировании, составило 43 шт. с общей потенциальной площадью орошения 21431 га. Высказали заинтересованность в восстановлении орошения 19 хозяйств с потенциальной площадью орошения 8603 га, что составляет 40,7 % от общей. Наиболее перспективными для восстановления орошения являются Волгодонской и Азовский районы Ростовской области. Результаты приведены на рисунке 4.

**Выводы.** К ключевым факторам, влияющим на востребованность орошения, относятся такие причины, как неисправность внутрихозяйственной водопроводящей сети, а также отсутствие финансовых средств у сельхозтоваропроизводителей на проектно-изыскательские работы и закупку оросительной техники. Это приводит к тому, что сельхозтоваропроизводители отказываются от применения и внедрения ирригации и переключаются на возделывание невлаголюбивых культур. Тем не менее ряд хозяйств высказывают желание восстанавливать орошение.



**Рисунок 4 – Потенциальная площадь орошения сельскохозяйственных товаропроизводителей, заинтересованных в восстановлении орошения в Ростовской области**

**Figure 4 – Potential irrigation area of agricultural producers, interested in the restoration of irrigation in Rostov region**

В результате проведенных исследований выявлена заинтересованность сельскохозяйственных товаропроизводителей, расположенных в зоне влияния государственных оросительных систем, в восстановлении орошения. Наиболее перспективными для восстановления орошения являются Волгодонской и Азовский районы Ростовской области.

#### Список источников

1. Липски С. А. Состояние и использование земельных ресурсов России: тенденции текущего десятилетия // Проблемы прогнозирования. 2020. № 4(181). С. 107–115.
2. Вожаева Н. Г. Организационно-экономические аспекты управления технологическими процессами окультуривания сельскохозяйственных земель: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. Княгинино, 2010. 23 с.
3. Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственного оборота / А. Л. Иванов [и др.]; под ред. акад. Г. А. Романенко. М.: Росинформагротех, 2008. 64 с.
4. Желясков А. Л., Сетуридзе Д. Э. Экономическая и социальная эффективность вовлечения неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения в хозяйственный оборот (методы, теория, практика): монография / М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Перм. аграр.-технол. ун-т им. акад. Д. Н. Прянишникова. Пермь: Прокрость, 2021. 127 с.
5. 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. Мищенко. М.: Росинформагротех, 2020. 304 с.

6. О Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 14 мая 2021 г. № 731. Доступ из справ. правовой системы «Гарант».

7. Ростовская область в 2022 г. увеличит затраты на расширение земель сельхозназначения и мелиорацию на четверть [Электронный ресурс]. URL: <https://www.interfax-russia.ru/south-and-north-caucasus/news/rostovskaya-oblast-v-2022g-velichit-zatraty-na-rasshirenie-zemel-selhoznaznacheniya-i-melioraciyu-na-chetvert> (дата обращения: 28.05.2022).

## References

1. Lipski S.A., 2020. *Sostoyaniye i ispol'zovaniye zemel'nykh resursov Rossii: tendentsii tekushchego desyatiletiya* [State and use of land resources in Russia: trends of the current decade]. *Problemy prognozirovaniya* [Problems of Forecasting], no. 4(181), pp. 107-115. (In Russian).

2. Vozhdaeva N.G., 2010. *Organizatsionno-ekonomicheskiye aspekty upravleniya tekhnologicheskimi protsessami okul'turivaniya sel'skokhozyaystvennykh zemel'. Avtoreferat diss. kand. econ. nauk* [Organizational and economic aspects of management of technological processes of agricultural land cultivation. Abstract of cand. econom. sci. diss.]. Knyaginino, 23 p. (In Russian).

3. Ivanov A.L. [et al.], 2008. *Agroekologicheskoe sostoyaniye i perspektivy ispol'zovaniya zemel' Rossii, vybyvshikh iz aktivnogo sel'skokhozyaystvennogo oborota* [Agroecological State and Prospects for Using Russian Lands Removed from Active Agricultural Circulation]. Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 64 p. (In Russian).

4. Zhelyaskov A.L., Seturidze D.E., 2021. *Ekonomicheskaya i sotsial'naya effektivnost' vovlecheniya neispol'zuemykh zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya v khozyaystvennyy oborot (metody, teoriya, praktika): monografiya* [Economic and Social Efficiency of Involving Unused Agricultural Land in Economic Turnover (Methods, Theory, Practice): monograph]. Ministry of Agriculture of Russian Federation, Perm Agrarian-Technological University Named after Academician D. N. Pryanishnikov, Perm, Prokrost Publ., 127 p. (In Russian).

5. 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., Mishchenko I.D., 2020. *Meliorativnyy kompleks Rossiyskoy Federatsii* [Land Reclamation Complex of the Russian Federation: inform. ed.]. Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 304 p. (In Russian).

6. *O Gosudarstvennoy programme effektivnogo vovlecheniya v oborot zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya i razvitiya meliorativnogo kompleksa Rossiyskoy Federatsii* [On the State program for the effective involvement of agricultural land into rotation and the development of the reclamation complex of the Russian Federation]. Decree of the Government of the Russian Federation of 14 May, 2021, no. 731. (In Russian).

7. *Rostovskaya oblast' v 2022 g. uvelichit zatraty na rasshireniye zemel' sel'khoznaznacheniya i melioratsiyu na chetvert'* [Rostov region in 2022 will increase the costs of expanding agricultural land and reclamation by a quarter], available: <https://www.interfax-russia.ru/south-and-north-caucasus/news/rostovskaya-oblast-v-2022g-velichit-zatraty-na-rasshirenie-zemel-selhoznaznacheniya-i-melioraciyu-na-chetvert> [assessed 28.05.2022]. (In Russian).

---

## Информация об авторах

**А. Н. Рыжаков** – научный сотрудник;

**Д. В. Мартынов** – младший научный сотрудник.

### ***Information about the authors***

**A. N. Ryzhakov** – Researcher;

**D. V. Martynov** – Junior Researcher.

*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 25.08.2022; одобрена после рецензирования 06.09.2022; принята к публикации 12.09.2022.*

*The article was submitted 25.08.2022; approved after reviewing 06.09.2022; accepted for publication 12.09.2022.*

Научная статья

УДК 631.95:631.452:633.18

### К вопросу формирования системы комплексных мелиораций на агроландшафтной основе

Надежда Николаевна Малышева<sup>1</sup>, Татьяна Федоровна Бочко<sup>2</sup>,  
Анна Евгеньевна Хаджиди<sup>3</sup>, Анна Евгеньевна Кочнева<sup>4</sup>

<sup>1, 3, 4</sup>Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина,  
Краснодар, Российская Федерация

<sup>2</sup>Кубанский государственный университет, Краснодар, Российская Федерация

<sup>4</sup>Управление «Кубаньмелиоводхоз», Краснодар, Российская Федерация

<sup>1</sup>melioration@kubsau.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1297-8236>

<sup>2</sup>rector@kubsu.ru

<sup>3</sup>melioration@kubsau.ru

<sup>4</sup>ovp@kmvh.ru

**Аннотация. Цель:** провести анализ природно-ресурсного потенциала территорий зоны рисоводства с учетом производственно-хозяйственного ресурса, составить комплекс мероприятий, позволяющих в различных агроландшафтных условиях обеспечить рост продуктивности сельскохозяйственных культур при сохранении и повышении плодородия почвы. **Материалы и методы.** Изучены агроэкологические условия непосредственно в рисосеющих хозяйствах. Агроэкологическая дифференциация и оценка земель проводилась по оригинальной методике ФНЦ риса с использованием фондовых картографических материалов Кубаньмелиоводхоза и материалов агрохимических обследований земель рисосеющих предприятий. **Результаты.** Выделено пять рисовых мелиоративных агроландшафтов: стародельтовый, перехододельтовый, младодельтовый, долинный и внедельтовый. В зоне рисоводства Краснодарского края выделено пять агроэкологических категорий земель по признаку благоприятствования условий для возделывания риса, различающихся степенью водопроницаемости, засоления и осолонцевания. Наиболее благоприятны для выращивания риса внедельтовый и стародельтовый агроландшафтные районы, где земли высших агроэкологических категорий занимают от 95,5 до 100 % от общей площади. Из рисосеющих районов Краснодарского края наиболее благоприятны для выращивания риса Красноармейский, Северский, Абинский и Калининский, где доля земель высших категорий (I и II категории) составляет 95,7; 88,0; 83,0 и 62,6 % соответственно. **Выводы.** На основании проведенных исследований предложено при формировании систем комплексных мелиораций рисовых оросительных систем использование дифференцированного подхода, включающего анализ природно-ресурсного потенциала территорий и производственно-хозяйственных ресурсов рисоводческих предприятий. Разработаны сценарии сочетания почвенно-мелиоративных и производственно-экономических факторов при планировании сельскохозяйственной деятельности на мелиорированных землях Нижней Кубани.

**Ключевые слова:** рис, рисоводство, рисовый севооборот, плодородие почвы, агроландшафт, эколого-ландшафтный анализ, рисовые оросительные системы, агротехнологические и мелиоративные мероприятия, комплексные мелиорации

\*\*\*\*\*

Original article

### On forming a system of integrated land reclamation on agricultural landscape basis

**Nadezhda N. Malysheva<sup>1</sup>, Tatiana F. Bochko<sup>2</sup>, Anna E. Hadjidi<sup>3</sup>, Anna E. Kochneva<sup>4</sup>**

<sup>1,3,4</sup>Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation

<sup>2</sup>Kuban State University, Krasnodar, Russian Federation

<sup>4</sup>Administrative Department “Kubanmeliovodkhoz”, Krasnodar, Russian Federation

<sup>1</sup>melioration@kubsau.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1297-8236>

<sup>2</sup>rector@kubsu.ru

<sup>3</sup>melioration@kubsau.ru

<sup>4</sup>ovp@kmvh.ru

**Annotation. Purpose:** to analyze the natural resource potential of the territories of the rice growing zone, taking into account the production and economic resource, to draw up a set of measures that allow under various agricultural landscape conditions, to ensure the growth of crop productivity while maintaining and increasing soil fertility. **Materials and methods.** The agro-ecological conditions were studied directly in rice-growing farms. Agro-ecological differentiation and land assessment was carried out according to the original methodology of the Federal Scientific Center for Rice using fund cartographic materials of the Kubanmeliovodkhoz and materials from agrochemical surveys of land of rice-growing enterprises. **Results.** Five rice reclamation agricultural landscapes have been identified: old-delta, transitional-delta, young-delta, valley-delta and off-delta. In the rice growing zone of Krasnodar Territory, five agro-ecological land categories have been identified on the basis of favorable conditions for rice cultivation, which differ in the degree of water permeability, salinization and alkalization. The most favorable for rice growing are off-delta and old-delta agricultural landscape regions, where lands of the highest agricultural ecological categories occupy from 95.5 to 100 % of the total area. Krasnoarmeysky, Seversky, Abinsky and Kalininsky are the most favorable rice-growing regions of Krasnodar for growing rice, where the land share of the highest categories (categories I and II) is 95.7; 88.0; 83.0 and 62.6 % respectively. **Conclusions.** On the basis of the conducted studies, it was proposed to use a differentiated approach in the formation of systems for integrated reclamation of rice irrigation systems, including the analysis of the natural resource potential of the territories and the production and economic resources of rice-growing enterprises. Scenarios for combining soil-reclamation and production-economic factors in planning agricultural activities on the reclaimed lands of the Lower Kuban have been developed.

**Keywords:** rice, rice growing, rice crop rotation, soil fertility, agricultural landscape, ecological and landscape analysis, rice irrigation systems, agrotechnological and reclamation measures, integrated reclamation

**Введение.** Основной зоной орошаемого земледелия и производства риса в Краснодарском крае является Нижняя Кубань, на которой расположены мелиоративные системы федеральной собственности и сгруппированы в пять массивов: низовье Кубани (территории Темрюкского и Анапского районов), междуречье Кубани и Протоки (территории Славянского, Красноармейского и Темрюкского районов), Марьяно-Чебургольский массив (территории Красноармейского и частично Калининского районов), Закубанский массив (территории Абинского, Северского и Крымского районов) [1, 2].

В настоящее время площадь рисовых оросительных систем (РОС) в регионе составляет 234,4 тыс. га, она представлена определенными агроландшафтами, сформированными под действием природных и антропогенных факторов, особенности которых необходимо учитывать при планировании сельскохозяйственного производства [3].

Дальнейшее увеличение продуктивности рисовых систем при возрастающем спросе на продукцию растениеводства не может быть обеспечено только за счет расширения посевных площадей, внесения повышенных доз минеральных удобрений и

средств химизации. Требуется комплексный подход, сочетающий агротехнологии и мелиоративные мероприятия с учетом агроландшафтных условий используемой в сельскохозяйственном производстве территории.

Поэтому важнейшим условием развития мелиоративного комплекса зоны рисоводства Краснодарского края является система комплексных мелиораций на основе агроландшафтного подхода, предусматривающего взаимодействие природных компонентов и агротехнологий, адаптированных к зональным почвенно-климатическим условиям Нижней Кубани и направленных на повышение эффективности использования земель РОС [4–6].

Комплексный подход к реализации продуктивного потенциала рисовых мелиоративных агроландшафтов позволит решить проблемы эффективного использования орошаемых земель, обеспечения высокой продуктивности риса и культур рисового севооборота, сохранения и воспроизводства почвенного плодородия.

Поэтому в настоящее время вопросы формирования системы комплексных мелиораций на агроландшафтной основе являются актуальными и имеют большую значимость для региона.

В этой связи цель исследовательской работы – провести анализ природно-ресурсного потенциала территорий зоны рисоводства с учетом производственно-хозяйственного ресурса, определить комплекс мероприятий, позволяющих в различных агроландшафтных условиях обеспечить увеличение продуктивности сельскохозяйственных культур при сохранении и повышении плодородия почвы.

**Материалы и методы.** С целью всестороннего учета мелиоративных и экологических факторов были изучены агроэкологические условия непосредственно в рисосеющих хозяйствах. Агроэкологическая дифференциация и оценка земель проводилась по оригинальной методике ФНЦ риса с использованием фондовых картографических материалов ФГБУ «Управление «Кубаньмелиоводхоз» и материалов агрохимических обследований земель рисосеющих предприятий. Для агроэкологической оценки земель отбирались почвенные образцы по всему почвенному профилю до глубины 1 м с интервалом 20 см, выполнены следующие определения: гумус общий по Тюрину, гранулометрический состав по Качинскому, состав поглощенных оснований по Шолленбергеру, анализ водной вытяжки [7, 8]. В качестве методов обработки информации применялись: анализ, синтез, логика.

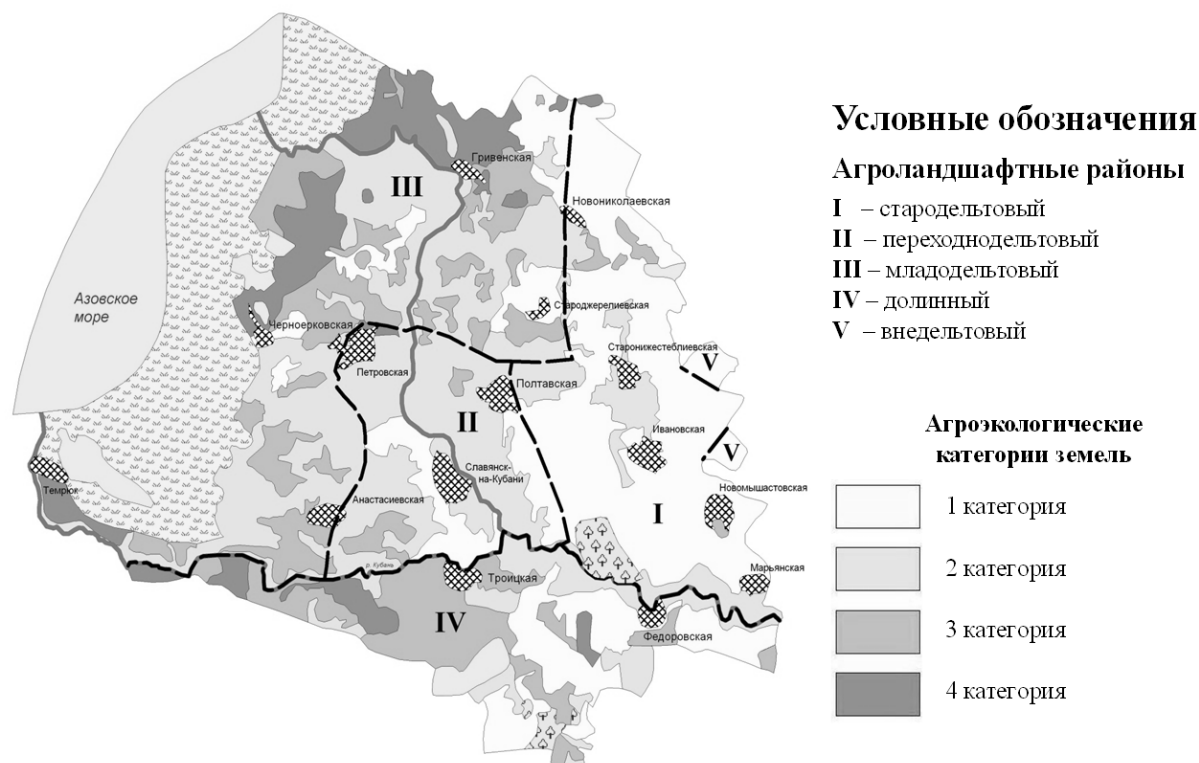
**Результаты и обсуждение.** Территория зоны рисоводства Краснодарского края по своим ландшафтообразующим характеристикам является неоднородной. Сельскохозяйственная деятельность, и особенно рисоводство, сопряжена с существенным преобразованием естественных ландшафтов и формированием агроландшафтов. Агроландшафты зоны рисоводства отличаются достаточно большим разнообразием почв, форм мезорельефа, геохимических, гидрохимических и других показателей.

Эколого-ландшафтный анализ земель Нижней Кубани позволил выделить пять рисовых мелиоративных агроландшафтов:

- стародельтовый агроландшафтный район (частично задействованы три РОС: Кубанская, Марьяно-Чебургольская и Понура-Калининская);
- переходnodельтовый агроландшафтный район (обслуживается Кубанской, Петровско-Анастасиевской, Черноерковской оросительными системами);
- младодельтовый ландшафтный район (сосредоточено большинство РОС, в т. ч. Черноерковская, Темрюкская правобережная, части Марьяно-Чебургольской и Петровско-Анастасиевской);
- долинный ландшафтный район (обслуживается в основном шестью оросительными системами, наиболее крупные из которых – Федоровская, Афипская, Крюковская);



- внедельтовый агроландшафтный район (обслуживается Понуро-Калининской РОС) (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Агроландшафтные районы и агроэкологические категории земель Нижней Кубани**  
**Figure 1 – Agricultural landscape areas and agricultural ecological categories of lands of the Lower Kuban**

Кроме того, в результате исследований установлено, что на территории зоны рисоводства Краснодарского края выделено пять агроэкологических категорий земель по признаку благоприятствования условий для возделывания риса [9, 10].

К I категории относятся лучшие земли для возделывания риса и культур рисовых севооборотов. Представлена следующими почвами: лугово-черноземные сверхмощные, мощные и среднемощные легкоглинистые и тяжелосуглинистые на деградированных лессовидных и аллювиальных легких глинах и тяжелых суглинках; луговые мощные и среднемощные легкоглинистые и тяжелосуглинистые на аллювиальных легких глинах и тяжелых суглинках; аллювиальные луговые среднемощные легкоглинистые и тяжелосуглинистые на аллювиальных легких глинах и тяжелых суглинках; аллювиальные лугово-болотные глинистые и тяжелосуглинистые на аллювиальных глинах и тяжелых суглинках.

II категория представлена хорошими землями для культур рисовых севооборотов. Включает те же почвы, что и первая категория (за исключением аллювиальных лугово-болотных), но суглинистого гранулометрического состава на аллювиальных суглинках и супесях. Тем не менее при возделывании риса необходимы мероприятия по снижению величины фильтрации ( $\leq 0,01$  м/сут) и корректировка доз минеральных удобрений (прежде всего азотных) с учетом фильтрационных потерь.

III категория – весьма удовлетворительные земли для риса. К данной категории относятся почвы, характеризующиеся уплотнением, засолением, осолонцеванием. Подразделяется на четыре подкатегории. Представлена следующими почвами: луговые

среднемощные легкоглинистые на аллювиальных легких глинах, а также на аллювиальных оглеенных глинах засоленные; аллювиальные луговые насыщенные и типичные среднемощные легкоглинистые, суглинистые на аллювиальных легких глинах; аллювиальные лугово-болотные глинистые и тяжелосуглинистые на аллювиальных и озерно-лиманских оглеенных глинах незасоленные и засоленные; аллювиальные луговые насыщенные среднемощные глинистые и тяжелосуглинистые на аллювиальных глинах, засоленные. При использовании таких земель необходимо проведение мероприятий по повышению водопроницаемости, снижению засоления и солонцеватости корнеоби­таемого слоя.

IV категория – земли удовлетворительные для выращивания риса. Характеризуются крайне низкой водопроницаемостью, часть из них осложнена засолением. Категория подразделена на две подкатегории. Включает почвы: аллювиальные болотные перегнойно-глеевые глинистые на аллювиальных и озерно-лиманских оглеенных глинах незасоленные и засоленные; аллювиальные болотные иловато-торфяно-глеевые на озерно-лиманских оглеенных глинах незасоленные и засоленные.

V категория – земли непригодны для сельскохозяйственного использования без проведения коренных мелиораций по рассолению. Почвенный покров данной категории образован преимущественно солончаками лугово-болотными глинистыми на озерно-лиманских оглеенных глинах.

Наиболее благоприятными почвенно-мелиоративными условиями для выращивания риса характеризуются внедельтовый и стародельтовый агроландшафтные районы, где земли высших агроэкологических категорий занимают от 95,5 до 100 % от общей площади (таблица 1).

**Таблица 1 – Распределение земель различного агроэкологического качества в рисовых агроландшафтах низовой р. Кубани**

В % от общей площади земель в районе

**Table 1 – Distribution of land of different agroecological quality in the rice agricultural landscapes of the lower reaches of the river Kuban**

In % of the total land in the district

Агроландшафтный район	Площадь земель различных агроэкологических категорий				
	I	II	III	IV	V*
Внедельтовый	100,0	–	–	–	–
Стародельтовый	74,1	21,4	4,1	–	0,4
Переходнодельтовый	26,4	67,5	6,1	–	–
Младодельтовый	7,6	38,6	42,7	10,3	0,8
Долинный	30,7	21,2	31,1	17,0	–
Примечание – * – земли V агроэкологической категории в сельскохозяйственном производстве не используются.					

Значительная часть сельскохозяйственных земель младодельтового, а также долинного агроландшафтов в разной степени осложнена засолением или (и) переуплотнением, что снижает агроэкологическое качество и определяет их перевод в категории весьма удовлетворительных (III) и удовлетворительных (IV).

Из рисосеющих районов Краснодарского края наиболее благоприятными агроэкологическими условиями для выращивания риса характеризуются Красноармейский, Северский, Абинский и Калининский, где доля земель высших категорий (I и II категории) составляет 95,7; 88,0; 83,0 и 62,6 % соответственно (таблица 2).

Таким образом, анализ агроклиматических и почвенно-мелиоративных условий региона позволяет заключить, что для агроэкологической оценки земель РОС более

значимы вторые. Они характеризуются большим разнообразием и различаются по пригодности для выращивания риса. Земли высокого агроэкологического качества способствуют увеличению урожайности при прочих равных условиях по сравнению с участками с худшими свойствами почв.

**Таблица 2 – Распределение земель различного агроэкологического качества в рисосеющих административных районах Краснодарского края**  
В % от общей площади земель в районе

**Table 2 – Distribution of land of different agroecological quality in the rice-growing administrative districts of Krasnodar Territory**

In % of the total land in the district

Рисосеющий район	Площадь земель различных агроэкологических категорий				
	I категория	II категория	III категория	IV категория	V категория
Абинский	48,0	35,0	10,4	6,6	–
Калининский	37,1	25,5	21,3	15,1	1,0
Красноармейский	61,0	34,7	4,3	–	–
Крымский	3,3	15,8	50,9	30,0	–
Северский	64,0	24,0	12,0	–	–
Славянский	18,8	14,1	29,4	37,7	–
Темрюкский	–	30,0	50,0	19,0	1,0

Однако по факту оснащенность производственно-экономическими ресурсами рисосеющих хозяйств может привести к нивелированию этих отличий. При недостаточном уровне материальных ресурсов не создаются условия для реализации сельскохозяйственными культурами природного потенциала территорий.

При формировании систем комплексных мелиораций на РОС необходимо использовать дифференцированный подход, включающий анализ, с одной стороны, природно-ресурсного потенциала территорий, с другой – производственно-хозяйственного ресурса конкретного рисоводческого предприятия.

Природно-ресурсный потенциал оценивается по агроклиматическим и почвенно-мелиоративным характеристикам. Степень благоприятности климатических условий в регионе оценивается, с небольшими оговорками, в 100 баллов (по 100-балльной шкале) для возделывания риса и промежуточных культур [10].

На основе данных реестра почвенно-мелиоративных факторов проводится агроэкологическая типизация земель. В состав этой работы входит изучение влияния факторов, лимитирующих плодородие почв, на произрастание сельскохозяйственных культур для каждого производственного участка. Осуществляется детальный их анализ, определяются возможные пределы регулирования их негативного влияния на рост и развитие растений. Его результаты позволяют определить адресные агротехнологические и мелиоративные мероприятия для нейтрализации или понижения негативного влияния лимитирующих факторов на плодородие почвы и продуктивность культур.

**1 Оценка климатических условий региона.** Включает учет продолжительности периода активной вегетации растений (даты устойчивого перехода среднесуточных температур через +10 °С и через +15 °С), теплообеспеченности вегетационного периода, продолжительности солнечного сияния, количества осадков и их распределения по сезонам года. Погодно-климатические характеристики необходимо учитывать при планировании проведения полевых работ по обработке почвы, мелиоративных мероприятий в системе рисового севооборота, водохозяйственных расчетах и др.

**2 Анализ обеспечения водными ресурсами.** Проводится с учетом прогнозных материалов Росгидромета, рядов многолетних наблюдений. При недостаточном обес-

печении водными ресурсами следует предусмотреть мероприятия по экономии оросительной воды, использовать режимы орошения риса с периодическим затоплением, обеспечить исправность гидротехнических сооружений на внутривладельческой сети.

**3 Оценка почвенных условий, мелиоративного состояния почв. Проведение агроэкологического анализа земель.** Включает изучение обеспеченности почв элементами минерального питания растений, почвенно-мелиоративных свойств (водно-физические, физико-механические показатели, степень, характер (глубина залегания соленосного горизонта), тип засоления, осолонцевания, уровень залегания грунтовых вод и их минерализация).

**4 Оценка состояния и функционирования элементов РОС.** При наличии нарушений технического состояния элементов оросительной системы, их неудовлетворительном функционировании и невозможности осуществления в текущий период ремонтных работ следует корректировать режим и сроки орошения. В случае наличия засоления в почвенном профиле или соленосных грунтов следует учитывать опасность развития засоления почв, которое будет прогрессировать, вплоть до устранения всех неисправностей инженерно-мелиоративного характера.

**5 Анализ производственно-экономических условий.** Учитывается наличие или возможность оперативного получения (аренда, договор) по требованию сельскохозяйственной техники, гарантирующей своевременное проведение комплекса агротехнических и мелиоративных работ. Финансово-экономическим состоянием предприятия определяется возможность обеспечения в необходимом объеме и ассортименте средствами химизации: минеральные удобрения, средства защиты риса от сорняков, вредителей и болезней, протравители семян, сениканты, мелиоранты; возможность воспроизводства почвенного плодородия: органические удобрения, сидераты, биологические препараты для внесения в почву и др. [11, 12].

По сочетанию почвенно-мелиоративных и производственно-экономических факторов наиболее распространенными являются следующие сценарии:

а) высокий уровень эффективного и потенциального плодородия, возможность полного и своевременного обеспечения техническими средствами и средствами химизации рисоводства – рекомендуется полный комплекс мелиоративных мероприятий в структуре севооборота с учетом обеспеченности водными ресурсами;

б) низкая обеспеченность почв элементами минерального питания, благоприятное почвенно-мелиоративное состояние, прочие условия, как в пункте а, – для повышения почвенного плодородия рекомендуется сбалансированная система минерального питания, мониторинг агрохимических показателей плодородия почв, структура севооборота с насыщением многолетними травами не менее 25 % (замещение их зернобобовыми культурами);

в) низкий уровень естественного плодородия и плохая обеспеченность хозяйства материально-техническими ресурсами – насыщение севооборота сидеральными культурами, проведение мероприятий, направленных на улучшение земель сельскохозяйственного назначения: измельчение и заделка в почву послеуборочных остатков сельскохозяйственных культур с добавлением 5 кг азота на каждую тонну, внесение на всей посевной площади органических удобрений объемом не менее 2 т/га;

г) при повышенном содержании солей в почве (солончаковые виды), более глубоко залегании соленосного горизонта (солончаковатые и глубокозасоленные виды) не следует выращивать богарные культуры в суходольном звене рисового севооборота более 2 лет, необходимо использовать приемы химической мелиорации (гипсование в сочетании с органическими удобрениями), минимизировать систему обработки почвы, в межвегетационный период проводить промывочные поливы.

Данный перечень сценариев не учитывает всех возможных в условиях производства сочетаний определяющих факторов, рассмотрены основные базовые ситуации. При изменении какого-то компонента следует вводить поправки, соответствующие отклонениям от рассмотренной стандартной ситуации.

**Выводы.** На основании проведенных исследований предложено при формировании систем комплексных мелиораций на РОС использование дифференцированного подхода, включающего анализ природно-ресурсного потенциала территорий и производственно-хозяйственных ресурсов рисоводческих предприятий. Разработаны сценарии сочетания почвенно-мелиоративных и производственно-экономических факторов при планировании сельскохозяйственной деятельности на мелиорированных землях Нижней Кубани.

#### Список источников

1. Система земледелия Краснодарского края на агроландшафтной основе / А. Н. Коробка [и др.]. Краснодар, 2015. 352 с.
2. Годовые технические отчеты ФГБУ «Управление «Кубаньмелиоводхоз» за 2015–2021 гг. // Архив ФГБУ «Управление «Кубаньмелиоводхоз».
3. Краснодарский край в цифрах. 2018: стат. сб. / Краснодарстат. Краснодар, 2019. 302 с.
4. Система рисоводства Краснодарского края / К. М. Авакян [и др.]. Краснодар, 2011. 340 с.
5. Малышева Н. Н. К вопросу развития отрасли рисоводства // Современные тенденции развития науки и технологий: сб. науч. тр. по материалам V Междунар. науч.-практ. конф. Белгород, 2015. № 5, ч. 1. С. 71–73.
6. Багров М. Н., Кружилин И. П. Сельскохозяйственная мелиорация. М.: Агропромиздат, 1985. 271 с.
7. Физико-химические методы исследования почв / под ред. Н. Г. Зырина, Д. С. Орлова. М.: Изд-во МГУ, 1980. 382 с.
8. Александрова Л. Н., Найденова О. А. Лабораторно-практические занятия по почвоведению. Л.: Колос, 1976. 280 с.
9. Бочко Т. Ф., Авакян К. М. Методологические аспекты агроэкологической оптимизации использования природно-ресурсного потенциала рисовых мелиоративных агроландшафтов // Сельскохозяйственная биология. 2006. № 5. С. 81–87.
10. Попов В. А., Островский Н. В. Агроклиматология и гидравлика рисовых экосистем: монография. Краснодар: КубГАУ, 2013. 189 с.
11. Мероприятия для повышения плодородия земель в Краснодарском крае / Н. Н. Малышева, А. Е. Хаджиди, А. А. Баранов, О. Н. Каданцев // Теория и практика современной аграрной науки: сб. V Нац. (всерос.) науч. конф. с междунар. участием. Новосибирск, 2022. С. 122–125.
12. Малышева Н. Н. Мелиоративное состояние рисовых полей и мероприятия по их улучшению в Краснодарском крае // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2022. № 1(85). С. 16–22.

#### References

1. Korobka A.N. [et al.], 2015. *Sistema zemledeliya Krasnodarskogo kraja na agrolandshaftnoy osnove* [The Farming System of Krasnodar Territory on the Agricultural Landscape Basis]. Krasnodar, 352 p. (In Russian).
2. *Godovye tekhnicheskie otchety FGBU "Upravlenie "Kuban'meliiovodkhoz" za 2015–2021 gg.* [Annual technical reports of the Federal State Budgetary Institution "Management "Kubanmeliiovodkhoz" for 2015–2021]. *Arkhir FGBU "Upravlenie "Kuban'meliiovod-*

---

*khoz*” [Archive of the Federal State Budgetary Institution “Management “Kubanmeliovodkhoz”]. (In Russian).

3. *Krasnodarskiy kray v tsifrakh. 2018: stat. sb.* [Krasnodar Region in Numbers. 2018: Statistics Book]. Krasnodar, 2019, 302 p. (In Russian).

4. Avakyan K.M. [et al.], 2011. *Sistema risovodstva Krasnodarskogo kraja* [System of Rice Growing in Krasnodar Territory]. Krasnodar, 340 p. (In Russian).

5. Malysheva N.N., 2015. *K voprosu razvitiya otrasli risovodstva* [On the development of rice industry]. *Sovremennye tendentsii razvitiya nauki i tekhnologii: sb. nauch. trudov po materialam V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Modern Trends in the Development of Science and Technology: Proc. of V International Scientific-Practical Conference]. Belgorod, no. 5, pt. 1, pp. 71-73. (In Russian).

6. Bagrov M.N., Kruzhilin I.P., 1985. *Sel'skokhozyaystvennaya melioratsiya* [Agricultural Reclamation]. Moscow, Agropromizdat Publ., 271 p. (In Russian).

7. Zyryna N.G., Orlova D.S., 1980. *Fiziko-khimicheskie metody issledovaniya pochv* [Physical and Chemical Methods of Soil Research]. Moscow, Moscow State University Publ., 382 p. (In Russian).

8. Alexandrova L.N., Naydenova O.A., 1976. *Laboratorno-prakticheskie zanyatiya po pochvovedeniyu* [Laboratory and Practical Classes in Soil Science]. Leningrad, Kolos Publ., 280 p. (In Russian).

9. Bochko T.F., Avakyan K.M., 2006. *Metodologicheskie aspekty agroekologicheskoy optimizatsii ispol'zovaniya prirodno-resursnogo potentsiala risovykh meliorativnykh agrolandshaftov* [Methodological aspects of agroecological optimization of the use of the natural resource potential of rice reclamation agrolandscapes]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* [Agricultural Biology], no. 5, pp. 81-87. (In Russian).

10. Popov V.A., Ostrovsky N.V., 2013. *Agroklimatologiya i gidravlika risovykh ekosistem: monografiya* [Agroclimatology and Hydraulics of Rice Ecosystems: Monograph]. Krasnodar, KubGAU Publ., 189 p. (In Russian).

11. Malysheva N.N., Khadzhibi A.E., Baranov A.A., Kadantsev O.N., 2022. *Meropriyatiya dlya povysheniya plodorodiya zemel' v Krasnodarskom krae* [Measures to improve land fertility in Krasnodar Territory]. *Teoriya i praktika sovremennoy agrarnoy nauki: sb. V Natsionalnoy (vseros.) nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* [Theory and Practice of Modern Agrarian Science: Proc. of the V National (All-Russian) scientific conference with international participation]. Novosibirsk, pp. 122-125. (In Russian).

12. Malysheva N.N., 2022. *Meliorativnoe sostoyanie risovykh poley i meropriyatiya po ikh uluchsheniyu v Krasnodarskom krae* [Reclamation state of rice fields and measures for their improvement in Krasnodar Territory]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 1(85), pp. 16-22. (In Russian).

---

#### **Информация об авторах**

**Н. Н. Малышева** – доцент кафедры гидравлики и сельскохозяйственного водоснабжения, кандидат сельскохозяйственных наук;

**Т. Ф. Бочко** – доцент кафедры геоэкологии и природопользования, кандидат биологических наук;

**А. Е. Хаджиби** – доцент кафедры гидравлики и сельскохозяйственного водоснабжения, профессор, доктор технических наук;

**А. Е. Кочнева** – ведущий инженер отдела водопользования, аспирант.

#### **Information about the authors**

**N. N. Malysheva** – Associate Professor of the Department of hydraulics and rural water supply, Candidate of Agricultural Sciences;

**T. F. Bochko** – Associate Professor of the Department of Geoecology and Environmental Management, Candidate of Biological Sciences;

**A. E. Khadjidi** – Associate Professor of the Department of Hydraulics and Agricultural Water Supply, Professor, Doctor of Technical Sciences;

**A. E. Kochneva** – Leading engineer of the Water Use Department, Postgraduate Student.

*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 25.08.2022; одобрена после рецензирования 31.08.2022; принята к публикации 08.09.2022.*

*The article was submitted 25.08.2022; approved after reviewing 31.08.2022; accepted for publication 08.09.2022.*

Научная статья  
УДК 620.179:626.8

### Современные методы оценки состояния железобетонных конструкций гидротехнических сооружений

Екатерина Алексеевна Антясова<sup>1</sup>, Лариса Сергеевна Василевская<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация; Научно-технический центр «Энергобезопасность», Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup>Московский научно-исследовательский проектно-изыскательский институт технологий и инноваций, Москва, Российская Федерация

<sup>1</sup>eantyasova@bk.ru

<sup>2</sup>larissa-ser@yandex.ru

**Аннотация. Цель:** определение преимуществ и недостатков существующих методов контроля за состоянием бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений (ГТС), оценка проблем, возникающих при использовании методик контроля и проведении обследований. **Материалы и методы.** Задачи исследования решались с помощью методов системного анализа, синтеза и обобщения. Материалами к исследованию послужила нормативно-техническая документация по вопросам оценки физико-механических характеристик бетона, контроля за состоянием бетонных и железобетонных конструкций ГТС, а также результаты практического использования отдельных методов контроля при обследовании эксплуатируемых ГТС. **Результаты и обсуждение.** Определено, что для гидротехнического бетона в силу особенностей его приготовления, в частности с использованием нестандартных заполнителей из местных материалов, характерна индивидуальность, это требует корректировки градуировочных зависимостей ультразвуковых приборов и подбора оптимального комплекса методов для оценки состояния конструкций ГТС. **Выводы:** проанализировано применение современных методик контроля в практике эксплуатации бетонных и железобетонных конструкций ГТС, выявлены достоинства и недостатки этих методов, даны рекомендации по комплексированию этих методов с целью уменьшения стоимости и трудоемкости обследований и повышения достоверности их результатов.

**Ключевые слова:** прочность бетона, гидротехнические сооружения, неразрушающие методы контроля, исследование состояния бетона

\*\*\*\*\*

Original article

### Modern methods of assessing the state of reinforced concrete structures of hydraulic structures

Ekaterina A. Antyasova<sup>1</sup>, Larisa S. Vasilevskaya<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation; Scientific and Technical Center Energy Security, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup>Moscow Research Design and Survey Institute of Technologies and Innovations, Moscow, Russian Federation

<sup>1</sup>eantyasova@bk.ru

<sup>2</sup>larissa-ser@yandex.ru

**Abstract. Purpose:** to determine the advantages and disadvantages of existing methods for monitoring the state of concrete and reinforced concrete structures of hydraulic structures,



assessing the problems that arise when using control methods and conducting surveys. **Materials and methods.** Research tasks were solved using the methods of system analysis, synthesis and generalization. The materials for the study were regulatory and technical documentation on the assessment of the physical and mechanical characteristics of concrete, control over the state of concrete and reinforced concrete structures of hydraulic structures, as well as the results of the practical use of individual control methods in the examination of operating hydraulic structures. **Results and discussion.** It has been determined that due to the peculiarities of its preparation, in particular, using non-standard aggregates from local materials, hydro-technical concrete is characterized by individuality, this requires adjusting the calibration dependences of ultrasonic devices and selecting the optimal set of methods for assessing the state of hydraulic structures. **Conclusions:** the application of modern control methods in the practice of operating concrete and reinforced concrete structures of hydraulic structures was analyzed, the advantages and disadvantages of these methods were identified, recommendations for combining these methods in order to reduce the cost and laboriousness of surveys and increase the reliability of their results were given.

**Keywords:** concrete strength, hydraulic structures, non-destructive control methods, concrete state studies

**Введение.** Россия обладает гигантскими запасами одного из главных ресурсов – воды. Основной водный фонд представлен густой сетью рек. Общий речной сток составляет 10 % от всего мирового речного стока. В настоящее время в России эксплуатируется более 65 тыс. гидротехнических сооружений (ГТС) [1]. Водный ресурс – это еще и крупнейший гидроэнергетический потенциал: за счет энергии рек можно получать ежегодно более 850 млрд кВт·ч электроэнергии [2]. На сегодняшний день на территории страны работают 102 гидроэлектростанции мощностью свыше 100 МВт [3]. Пик гидроэнергетического строительства пришелся на середину XX в. При этом много эксплуатируемых ГТС возведены в начале прошлого века. Расчетный срок службы ГТС I и II классов составляет 100 лет, а для III и IV классов – 50 лет<sup>1</sup>.

В настоящее время подходит к концу (или уже вышел) нормативный срок эксплуатации многих объектов, ввиду этого актуальными становятся задачи по обследованию ГТС с целью оценки их технического состояния с определением фактических характеристик конструкций, выдачей рекомендаций по проведению ремонтно-восстановительных мероприятий для продления срока эксплуатации и обеспечения их дальнейшей безопасной работы.

**Материалы и методы.** Задачи исследования решались с помощью методов системного анализа, синтеза и обобщения. Материалами к исследованию послужила нормативно-техническая документация по вопросам оценки физико-механических характеристик бетона, контроля за состоянием бетонных и железобетонных конструкций ГТС, а также результаты практического использования отдельных методов контроля при обследовании эксплуатируемых ГТС.

**Результаты и обсуждение.** Одной из главных характеристик при обследованиях ГТС является прочность бетона. На сегодняшний день при обследовании и мониторинге технического состояния ГТС прочность бетона контролируют одним или несколькими методами:

- метод стандартных образцов или лабораторные испытания;
- выбуривание керна из конструкции;

---

<sup>1</sup>Гидротехнические сооружения. Основные положения СНиП 33-01-2003: СП 58.13330.2019 (с изм. № 1): утв. М-вом стр-ва и жилищ.-комму. хоз-ва Рос. Федерации 16.12.19: введ. в действие с 17.06.20. М.: Изд-во стандартов, 2020. 41 с.

- механические методы контроля;
- методы неразрушающего контроля.

Первый из перечисленных методов используется при строительстве сооружений: производится отбор бетонной смеси при укладке бетона. Из проб изготавливают образцы кубической или цилиндрической формы. После набора прочности (28 сут) образцы испытывают прессом, нагружая непрерывно и равномерно до разрушения. Данный способ показывает соответствие между проектным и заявленным (уложенным) классом (маркой) бетона. Для ряда крупных ГЭС до наших дней сохранились такие образцы бетона (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Образцы бетона, залитые при строительстве Богучанской гидроэлектростанции (фото Л. С. Василевской)**

**Figure 1 – Concrete samples poured during the construction of the Boguchanskaya Hydroelectric Power Plant (photo by L. S. Vasilevskaya)**

Известно, что гидротехнический бетон набирает свою прочность в течение 100 лет и в процессе эксплуатации на железобетонные конструкции воздействуют различные деструктивные процессы, такие как: механические воздействия (например, просадка или вспучивание грунта, в результате чего происходят деформации тела плотины), разрушение бетона от воздействия мороза и солнечной радиации, намокание и высушивание бетона и т. д. К тому же надо учитывать, что прочность бетона является только одной из фактических характеристик железобетонных конструкций. Так что характеристики образцов бетонной смеси не являются в полной мере информативными.

Следующий метод – выбуривание кернов из конструкций – наиболее распространенный и считается самым достоверным на сегодняшний день. После выбуривания керны доставляются в лабораторию, торцуются и испытываются на прессе путем нагружения. После выбуривания и в процессе транспортировки керн разгружается, поэтому при подготовке образца необходимо удалять не только несъемную опалубку, защитный слой бетона, а также набрызги и прочие поверхностные слои защиты железобетонной конструкции, но и зону ослабления бетона в процессе разгрузки. Еще один параметр, который надо соблюдать при данном методе, – это габариты керна.

Согласно ГОСТ 10180-2012<sup>2</sup>, ГОСТ 28570-2019<sup>3</sup>, ГОСТ 12730.1-2020<sup>4</sup> считается, что диаметр керна должен в 3 раза превышать максимальный номинальный размер

<sup>2</sup>ГОСТ 10180-2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. Введ. 2013-07-01. М.: Стандартинформ, 2018. 34 с.

<sup>3</sup>ГОСТ 28570-2019. Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобраным из конструкций. Введ. 2019-09-01. М.: Изд-во стандартов, 2019. 15 с.

<sup>4</sup>ГОСТ 12730.1-2020. Бетоны. Методы определения плотности. Введ. 2021-09-01. М.: Стандартинформ, 2021. 13 с.

крупного заполнителя, используемого в бетоне. На ряде ГЭС величина заполнителя составляет 50–70 мм (рисунок 2). Таким образом, диаметр образца должен составлять 150–210 мм.



*а* – образец керна с Волжской ГЭС; *б* – образец керна с Саратовской ГЭС

**Рисунок 2 – Размеры заполнителя в керне (фото Л. С. Василевской)**

**Figure 2 – Dimensions of the aggregate in the core (photo by L. S. Vasilevskaya)**

На Светогорской ГЭС при производстве работ по выбуриванию керна из бычка верхнего бьефа габариты заполнителя составляли 100 × 400 мм, т. е. весь керн состоял из гранито-биотитового гнейсового заполнителя. Это объясняется историей строительства. Светогорская ГЭС (бывшая ЭнсоГЭС, ГЭС-11) – гидроэлектростанция на р. Вуоксе, спроектированная в конце XIX в. для нужд картонно-бумажной фабрики (рисунок 3).



**Рисунок 3 – Современный вид Светогорской гидроэлектростанции (фото Л. С. Василевской)**

**Figure 3 – Modern view of the Svetogorsk Hydroelectric Power Plant (photo by L. S. Vasilevskaya)**

Она расположена в Выборгском районе Ленинградской области рядом с границей с Финляндией. Финский проект перестройки ГЭС был переработан советскими инженерами-гидротехниками (в частности, была значительно увеличена высота плотины). 19 июня 1945 г. первая турбина ЭнсоГЭС мощностью 25 тыс. кВт была пущена в эксплуатацию, а в ноябре 1947 г. заработал последний из четырех гидроагрегатов<sup>5</sup> (ГА) [4, 5]. Породы, залегающие в основании Светогорской ГЭС, представляют собой гранито-биотитовые гнейсы ладожской серии среднепротерозойского возраста. Ввиду времени возведения станции и постоянной смены владельцев, были нарушены строительные нормы и гранито-биотитовый гнейсовый заполнитель (основной слагающий материал основания) не был должным образом раздроблен.

<sup>5</sup>Бердасов Д. Светогорская ГЭС каскада Вуоксинских ГЭС [Электронный ресурс]. URL: <https://e-strannik.livejournal.com/353231.html> (дата обращения: 17.07.2022).

При извлечении кернов нужных габаритов нарушается целостность конструкции, а также ослабляется вся конструкция из-за перерезания арматуры колонком при бурении. Такой керн не подходит для дальнейших испытаний в лаборатории, так как после торцевания и удаления зоны с арматурой при подготовке образцов габариты не соответствуют стандартам и не подходят для дальнейших испытаний.

Следующая проблема – качественная заделка скважин, образовавшихся после бурения. При проведении работ керн извлекается из всех характерных зон конструкции, включая проточный тракт ГА, остановка которого происходит на короткое время в процессе планового контроля и ремонтно-восстановительных работ. Срок проведения таких мероприятий недолог, поэтому обследование должно проводиться в сжатые сроки и зачастую в суровых условиях. Подобные работы производятся в любое время года, в т. ч. и в зимний период. Для понимания всей ситуации дальше приведен один из характерных примеров производства работ. Отсасывающая труба ГА спускается только на время работы бригады. В зимний период при отрицательной температуре воздуха ниже минус 15–20 °С железобетонная поверхность покрывается наледью моментально, т. е. еще в процессе спуска воды. В таких случаях бурение производится с использованием зимнего стеклоомывателя. Производство работ усложняется из-за негерметичности установленных затворов. В таких условиях необходимо быстро и качественно произвести заделку образовавшихся скважин, ведь сразу после покидания зоны проведения работ отсасывающая труба будет затоплена. Существуют различные специальные ремонтные смеси типа MC, Penetron, Sazi, Mungo и т. п., но они дорогостоящие и редко применяются при подобных работах. Зачастую для восстановления используют смесь, состоящую из цемента, мелкого заполнителя, клея ПВА и жидкого стекла, что обеспечивает быстрое затвердевание. Степень сохранения тампонажа скважин, ликвидированных таким методом, велика – около 90 %.

Следующие по достоверности – механические методы контроля, основанные на местном разрушении<sup>6</sup>. Эти методы могут быть использованы в значительно большем объеме, чем метод определения механических характеристик бетона путем выбуривания и испытания кернов. Но все эти способы характеризуют только состояние поверхностного слоя бетона в сооружениях. Степень точности исследований бетона в этих случаях невелика. Наличие заполнителей, которые сопротивляются действию приборов в большей степени, чем цементный камень, предопределяет погрешность результатов испытаний, в связи с чем указанные способы применяются только для предварительной оценки. К таким методам относятся: отрыв со скалыванием и скалывание ребра конструкции. Последующее восстановление конструкции по сравнению с предыдущим методом не снижает прочность конструкции, так как затрагивает только поверхностный слой.

Методы неразрушающего контроля<sup>7</sup> включают в себя обширный комплекс работ, которые сочетаются в зависимости от поставленных задач. По масштабу и глубине оценки можно классифицировать:

- внешний или дистанционный контроль состояния;
- оценку состояния поверхностного бетонного слоя;
- оценку состояния основного бетона;
- оценку состояния арматуры и металлических конструкций;
- оценку влияния водной среды на железобетонные конструкции.

<sup>6</sup>СО 34.21.343-2005. Правила оценки физико-механических характеристик бетона эксплуатируемых гидротехнических сооружений. Введ. 2007-01-01. СПб., 2006. 41 с.

<sup>7</sup>ГОСТ 22690-2015. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля. Введ. 2016-04-01. М.: Изд-во стандартов, 2016. 23 с.

Внешний или дистанционный контроль включает в себя визуально-инструментальный метод контроля. Этот метод применяется для получения первоначальной оценки технического состояния ГТС и элементов его конструкций по внешним визуальным признакам. После проведения визуального контроля определяется необходимость инструментального обследования, которое выполняется уже более детально, а также уточняется программа будущих работ. При визуальном обследовании выявляют и фиксируют видимые дефекты и повреждения (составляют дефектные ведомости), производят контрольные обмеры, делают описания и зарисовки дефектных участков с фиксацией их мест и характера. Проводят проверку наличия характерных деформаций, устанавливают наличие аварийных участков<sup>8</sup>, если таковые имеются. Подробно об этих методах сказано ранее [6].

Визуально-инструментальный контроль включает в себя:

- проведение технической фотосъемки с использованием специальной техники (фотоаппаратов, осветительных приборов и т. п.);
- подводное обследование с использованием телеуправляемых подводных аппаратов;
- эхолокационные исследования (батиметрию);
- тепловизионное обследование;
- визуальное обследование с технической теле- и фотосъемкой с применением летательных аппаратов мультироторного типа (дронов);
- фотограмметрию, т. е. определение размеров, формы, взаимного положения и иных геометрических характеристик ГТС и элементов их конструкций по изображениям.

Комплекс дистанционных методов, основанный на визуально-инструментальном обследовании, позволяет повысить эффективность обследования для оценки реального технического состояния ГТС по визуальным признакам и оценить все конструкции ГТС, включая затопленные и обводненные участки. Использование современных технических средств как инструментов визуального обследования способно привести к уменьшению объемов инструментального обследования.

Основное отличие методов неразрушающего контроля бетонных конструкций от методов разрушающего контроля состоит в том, что при их использовании непосредственно измеряемой величиной является не прочность, а какой-либо физический показатель, связанный с измеряемой величиной корреляционной зависимостью.

Оценка поверхностного бетонного слоя производится методами ударного импульса, пластических деформаций, упругого отскока и ультразвуковым методом. Принципы производства работ, да и физический смысл, первых трех методов очень схожи. Они подходят для оперативной оценки и поисков зон ослабления при первичной оценке состояния конструкции. При подготовке участков для измерений необходимо зачистить поверхностный слой.

Контроль с применением ультразвуковых методов производится приборами типа ПУЛЬСАР-2М, ПУЛЬСАР-2.1, ПУЛЬСАР-2.2, NOVOTEST ИПСМ-У, NOVOTEST ИПСМ-У+Т+Д, NOVOTEST ИПСМ-У+Т или аналогичной аппаратурой с постоянной базой прозвучивания. В данных приборах уже приведены примеры градуировочных зависимостей, но они считаются некорректными для старых гидротехнических бетонов. Поэтому рекомендуется выполнять построение индивидуальных корреляционных зависимостей вида «скорость – прочность» для конкретных ГТС.

---

<sup>8</sup>Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений: СП 13-102-2003: утв. Госстроем России 21.08.03: введ. в действие с 21.08.03. М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2004. 32 с.

Ультразвуковые измерения на образцах выполняются по ГОСТ 17624-2021<sup>9</sup> и заключаются в измерении времени пробега продольных и поперечных волн в ультразвуковом диапазоне частот по трем осям: в направлении оси зерна и по диаметру зерна в двух взаимно перпендикулярных направлениях. При этом надо учитывать разгрузку зерна, о которой говорилось выше. При неправильной подготовке образца полученная зависимость считается недостоверной, поэтому рекомендуется сравнивать полученные значения скоростей в разных направлениях. Обычно при подготовке образцов зерноторцуют с двух сторон, соответственно оставляя диаметр зерна нетронутым. При этом не учитывают, что разгрузка образца идет во всех направлениях. Поэтому значения скоростей упругих волн по диаметру зерна обычно меньше значений по оси зерна. В таком случае необходимо составлять зависимость, учитывая только скорости по оси зерна. Для правильного определения скоростей распространения упругих волн следует выявлять «аппаратурную задержку» сигнала в соединительных кабелях и мембранах ультразвуковых датчиков. Эта задержка вычитается из регистрируемого времени пробега упругих волн через образец.

Ультразвуковой метод контроля подходит также для оценки основного бетона. При этом прибор должен работать с переменной базой прозвучивания и в низком диапазоне частот (25–60 кГц). Одним из таких приборов является УКА-2010 разработки ЦСГНЭО. Ранее [7] выведены градуировочные зависимости для гидротехнических бетонов, которые можно применять на советских гидротехнических объектах.

Ультразвуковые наблюдения позволяют изучить распределение не только скоростей упругих волн в исследуемых конструкциях и сооружениях, но и модуля деформации и коэффициента Пуассона.

При обследовании арматуры применяются магнитные методы для определения толщины защитного бетонного слоя и параметров первого ряда арматуры, ультразвуковые приборы, а также механические твердомеры для установления твердости арматуры.

Толщиномеры применяются для контроля действительного состояния металлических конструкций и определения степени их коррозии [8].

Оценка влияния водной среды на железобетонные конструкции производится для определения степени выщелачивания бетона, что позволяет выявить косвенным путем степень повреждения конструкции (трещиноватость). Информативной является лабораторная оценка влияния фильтрующей воды, но данный метод очень сложен ввиду ограниченности хранения проб по времени. Поэтому в современных обследованиях предпочтение отдается экспресс-методам из-за простоты производства работ и оперативности.

**Выводы.** Представлен анализ современных методов определения действительного состояния бетонных и железобетонных конструкций ГТС, рассмотрены достоинства и недостатки методов и способы их сочетания (комплексирования) между собой.

Для гидротехнического бетона в силу особенностей его приготовления, в частности с использованием нестандартных заполнителей из местных материалов, характерна индивидуальность, что требует корректировки градуировочных зависимостей ультразвуковых приборов и подбора оптимального комплекса методов для оценки состояния конструкций рассматриваемого ГТС.

Правильно подобранный комплекс методов неразрушающего контроля и квалифицированные специалисты позволяют быстро и всесторонне определить действительное состояние бетонных и железобетонных конструкций ГТС, а накопленный опыт и современная аппаратура дают возможность рационализировать трудозатратность и стоимость исследований.

<sup>9</sup>ГОСТ 17624-2021. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности. Введ. 2022-09-01. М.: Изд-во стандартов, 2022. 23 с.

Анализ полученной информации показал:

- метод стандартных образцов не подходит для оценки состояния ГТС после длительной эксплуатации;
- метод выбуривания кернов – прямой и достоверный метод, но он трудоемкий, дорогостоящий и создает ослабление исследуемой конструкции, что негативным образом сказывается на ее долговечности и в целом на безопасности ГТС;
- механические методы контроля подходят для первичной оценки, так как обследуют только приповерхностный слой, соответствующий зоне ослабления;
- неразрушающие методы контроля при правильно подобранном комплексе методов позволяют оперативно и своевременно выявлять деструктивные процессы и достоверно оценивать состояние железобетонных конструкций ГТС в целом;
- по результатам работ необходимо составлять детальные отчеты с подробными рекомендациями, с указанием ремонтно-восстановительных мероприятий, позволяющих продлить нормативный срок эксплуатации ГТС, что является залогом их дальнейшей безопасной работы.

### Список источников

1. Фролов Д. И., Щурский О. М., Пименов В. И. Организация и проведение работ по выявлению и сокращению количества бесхозных гидротехнических сооружений и обеспечению их безопасности // Гидротехническое строительство. 2012. № 11. С. 18–21.
2. Богоявленский К. В. Волжская районная гидроэлектрическая станция: к вопросу о Волгострое. Самара: Гос. изд-во, Средневож. краевое отд-ние, 1928. 22 с.
3. Бурдин Е. А. Волжский каскад ГЭС: триумф и трагедия России. М.: РОССПЭН, 2011. 416 с.
4. Масштабная реконструкция Каскада Вуоксинских ГЭС // Академия энергетики. 2014. № 1(57). С. 40–42.
5. Охупкин Г. В. Выбор способов ремонта бетона в зоне переменного уровня // Известия Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники им. Б. Е. Веденеева. 2018. Т. 288. С. 75–82.
6. Василевская Л. С., Волгин Н. А. Применение бесконтактных методов для расширения возможностей визуального обследования при оценке технического состояния гидротехнических сооружений // Гидротехническое строительство. 2021. № 6. С. 12–18.
7. Баклашова М. А., Василевская Л. С., Количко П. С. Оценка технического состояния строительно-эксплуатационных водосбросов комплексом методов неразрушающего контроля // Гидротехническое строительство. 2021. № 1. С. 55–61.
8. Обеспечение безопасности и надежности низконапорных гидротехнических сооружений / В. Н. Щедрин, Ю. М. Косиченко, Д. В. Бакланова, О. А. Баев, Е. Д. Михайлов. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. 282 с.

### References

1. Frolov D.I., Shchursky O.M., Pimenov V.I., 2012. *Organizatsiya i provedenie rabot po vyyavleniyu i sokrashcheniyu kolichestva beskhozaynykh gidrotekhnicheskikh sooruzheniy i obespecheniyu ikh bezopasnosti* [Organization and implementation of work to identify and reduce the number of ownerless hydraulic structures and ensure their safety]. *Gidrotekhnicheskoe stroitelstvo* [Power Technology and Engineering], no. 11, pp. 18-21. (In Russian).
2. Bogoyavlensky K.V., 1928. *Volzhskaya rayonnaya gidroelektricheskaya stantsiya: k voprosu o Volgostroe* [Volzhskaya Regional Hydropower Plant: to the Issue of Volgostroy]. Samara, State Publ., Srednevolzhskiy Regional Department, 22 p. (In Russian).

3. Burdin E.A., 2011. *Volzhskiy kaskad GES: triumf i tragediya Rossii* [The Volzhsky Cascade of Hydroelectric Hydropower Plant: Triumph and Tragedy of Russia]. Moscow, ROSSPEN, 416 p. (In Russian).

4. *Masshtabnaya rekonstruktsiya Kaskada Vuoksinskikh GES* [Large-scale reconstruction of the Vuoksa HPPs Cascade]. *Akademiya energetiki* [Academy of Energy], 2014, no. 1(57), pp. 40-42. (In Russian).

5. Okhapkin G.V., 2018. *Vybor sposobov remonta betona v zone peremennogo urovnya* [Choice of concrete repair methods in the variable level zone]. *Izvestiya Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta gidrotekhniki im. B. Ye. Vedeneeva* [Proceeding of the VNIIG], vol. 288, pp. 75-82. (In Russian).

6. Vasilevskaya L.S., Volgin N.A., 2021. *Primenenie beskontaktnykh metodov dlya rasshireniya vozmozhnostey vizual'nogo obsledovaniya pri otsenke tekhnicheskogo sostoyaniya gidrotekhnicheskikh sooruzheniy* [Application of non-contact methods for improved visual inspection of the technical condition of hydraulic structures]. *Gidrotekhnicheskoe stroitelstvo* [Power Technology and Engineering], no. 6, pp. 12-18. (In Russian).

7. Baklashova M.A., Vasilevskaya L.S., Kolichko P.S., 2021. *Otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya stroitel'no-ekspluatatsionnykh vodosbrosov kompleksom metodov nerazrushayushchego kontrolya* [Evaluation the technical condition of construction and operational spillways using a complex of non-destructive testing methods]. *Gidrotekhnicheskoe stroitelstvo* [Power Technology and Engineering], no. 1, pp. 55-61. (In Russian).

8. Shchedrin V.N., Kosichenko Yu.M., Baklanova D.V., Baev O.A., Mikhaylov E.D., 2016. *Obespechenie bezopasnosti i nadezhnosti nizkonapornykh gidrotekhnicheskikh sooruzheniy: monografiya* [Ensuring the Safety and Reliability of Low-Head Hydraulic Structures: monograph]. Novochoerkassk, RosNIIPM, 282 p. (In Russian).

#### ***Информация об авторах***

**Е. А. Антясова** – аспирант, инженер;

**Л. С. Василевская** – начальник технического отдела, кандидат технических наук.

#### ***Information about the authors***

**E. A. Antyasova** – Postgraduate Student, Engineer;

**L. S. Vasilevskaya** – Head of Technical Department, Candidate of Technical Sciences.

*Вклад авторов: все фотографии, представленные в данной статье, являются авторским материалом Л. С. Василевской. Е. А. Антясова выполнила компоновку полученного информационного материала. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других нарушений в сфере этики научных публикаций.*

*Authors' contribution: all photos presented in this article are the author's material of Vasilevskaya L. S. Antyasova E. A. completed the layout of the received information material. 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 25.08.2022; одобрена после рецензирования 08.09.2022; принята к публикации 20.09.2022.*

*The article was submitted 25.08.2022; approved after reviewing 08.09.2022; accepted for publication 20.09.2022.*



Научная статья

УДК 626.823

### Результаты натурных обследований сооружений Черноземельского магистрального канала

**Виктория Федоровна Талалаева**

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,  
Российская Федерация, vika-silchenko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2541-204X>

**Аннотация. Цель:** визуальное обследование и определение технического состояния гидротехнического сооружения на Черноземельском магистральном канале с оценкой фактических показателей качества конструкций и учетом изменений, происходящих в результате эксплуатации, для установления возможности его дальнейшей безаварийной работы. **Материалы и методы.** При выполнении обследований регулирующего гидротехнического сооружения Черноземельского магистрального канала были использованы измерительные приборы в виде электронного дальномера и мерной ленты. Состояние объекта обследований было оценено исходя из определений категорий технического состояния по ГОСТ 31937-2011. **Результаты и обсуждения.** Анализ состояния водопотребления показал, что основные объемы воды на территории Республики Калмыкия расходуются на орошаемое земледелие и обводнение кормовых угодий. Водоподача из Чограйского водохранилища, питающего Черноземельскую обводнительно-оросительную систему, остается недостаточной в связи с длительными жаркими погодными условиями и изношенными участками водопроводящей сети. Данный факт вызывает обмеление водоемов, обеспечивающих водой население, сельское хозяйство районов Калмыкии. В результате проведения натурных обследований было установлено, что обследуемое гидротехническое сооружение Черноземельского магистрального канала находится в ограниченно работоспособном состоянии, требуется расчистка от заиления и зарастания древесно-кустарниковой и камышовой растительностью, некоторые из элементов сооружений в результате длительной эксплуатации были полностью выведены из строя. **Выводы.** Для восстановления проектной пропускной способности и предотвращения развития аварийных ситуаций необходимо проведение реконструкции обследуемого сооружения на Черноземельском магистральном канале.

**Ключевые слова:** натурные обследования, оросительная система, Черноземельский магистральный канал, гидротехнические сооружения, техническое состояние, деформация

\*\*\*\*\*

Original article

### The results of field surveys of the Chernozemelsky main canal structures

**Viktoriya F. Talalaeva**

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novochechassk,  
Russian Federation, vika-silchenko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2541-204X>

**Abstract. Purpose:** to survey and determine the technical state of the Chernozemelsky main canal hydraulic structures assessing their actual quality indicators and taking into account changes in a result of operation for establishing the possibility of their further operation without a breakdown. **Materials and methods.** Measuring instruments such as an electronic rangefinder and measuring tape were used during surveys of the Chernozemelsky main canal regulating hydraulic structures. The condition of the survey object was assessed on basis of

definitions of the technical state categories according to GOST 31937-2011. **Results and discussions.** Analysis of water consumption has shown that water bulk in the territory of Republic of Kalmykia are spent on irrigated agriculture and forage land irrigation. Water from the Chograi reservoir, which feeds the Chernozemelskaya irrigation and watering system, is insufficient due to long hot weather conditions and worn-out sections of the conveying channels. This fact causes the shallowing of reservoirs that provide water to the population and agriculture of Kalmykia. As a result of field surveys, it was found that the studied hydraulic structure of the Chernozemelsky main canal is under a limited operating condition, it requires clearing from silting and overgrowth by tree-shrubbery and reed vegetation. Some structure elements are out of order as a result of long exploitation. **Conclusions.** To restore the design capacity and prevent emergency situations, it is necessary to reconstruct the surveyed structure on the Chernozemelsky main canal.

**Keywords:** field surveys, irrigation system, the Chernozemelsky main canal, hydraulic structures, technical state, deformation

**Введение.** Агропромышленный комплекс России является крупнейшим водопотребителем, в котором водные ресурсы используются для водоснабжения сельских населенных пунктов, пищевой и перерабатывающей промышленности, животноводческих комплексов, орошения земель, затопления пастбищ и сенокосов, а также для рыболовства и других целей [1].

Самым засушливым регионом юго-восточной части Российской Федерации является Республика Калмыкия. Развитие сельскохозяйственного производства, имеющего приоритет в экономике республики, возможно лишь при условии должного водообеспечения ее территорий.

Анализ состояния водопотребления показал, что основные объемы воды на территории Калмыкии расходуются на орошаемое земледелие и обводнение кормовых угодий. Общая площадь земель регулярного орошения составляет 52,7 тыс. га, а лиманного орошения – 37,2 тыс. га, в настоящее время используется 17,4–18,9 и 23–26 тыс. га соответственно [2, 3].

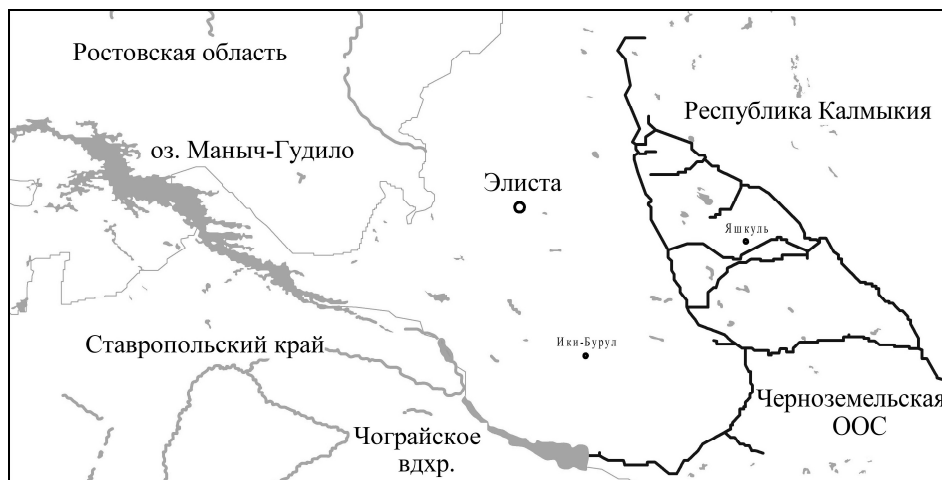
Основные потребности в пресной воде на территории Республики Калмыкия покрываются за счет пяти крупных оросительно-обводнительных систем (ООС) (Черноземельской, Сарпинской, Право-Егорлыкской, Калмыцко-Астраханской и Каспийской), получающих воду из бассейнов р. Волга, Терек, Кума и Кубань. Ежегодный объем воды составляет порядка 750–800 млн м<sup>3</sup>.

Черноземельская ООС, самая крупная система Республики Калмыкия (рисунок 1), предназначена для орошения пустынных, полупустынных и сухостепных земель, а также для водоснабжения региона. Общая площадь орошаемых земель 63,5 тыс. га, из которых регулярное орошение составляет порядка 22,7 тыс. га, а 18,4 тыс. га – лиманное.

Источником, питающим Черноземельскую ООС водой, является Чограйское водохранилище, из которого вода самотеком поступает в Черноземельский магистральный канал (МК) протяженностью 140,2 км, пропускной способностью 34 м<sup>3</sup>/с. Магистральный канал системы построен в 1971–1972 гг., ложе канала выполнено в земляном русле. По данным Минсельхоза РФ, физический износ Черноземельской ООС составляет 74,24 % [4, 5].

В результате проведения реконструкции Черноземельского МК и плотины Чограйского водохранилища с 2013 г. наблюдалось уменьшение забора воды в Черноземельскую ООС на 23 %. Попуски воды из Чограйского водохранилища в связи с длительными жаркими погодными условиями и изношенными участками подводящих каналов крайне недостаточны. Данный факт вызывает обмеление водоемов, обеспечивающих водой население, сельское хозяйство районов Калмыкии. В результате засухи и

недостаточной подачи воды урожайность лиманных угодий за последние годы уменьшилась в 2 раза [4, 6–8].



**Рисунок 1 – Схема Черноземельской оросительно-обводнительной системы**

**Figure 1 – Scheme of the Chernozemelskaya irrigation and watering system**

Цель работы заключалась в выполнении визуальных обследований гидротехнического сооружения на Черноземельском МК с оценкой фактических показателей качества конструкций и учетом изменений, происходящих в результате эксплуатации, для установления возможности его дальнейшей безаварийной работы.

**Материалы и методы.** Состояние сооружений было оценено исходя из следующих определений по ГОСТ 31937-2011 [9]:

- работоспособное состояние – категория технического состояния, при которой некоторые из численно оцениваемых контролируемых параметров не отвечают требованиям проекта, норм и стандартов, но имеющиеся нарушения требований, например, по деформативности, а в железобетоне и по трещиностойкости, в данных конкретных условиях эксплуатации не приводят к нарушению работоспособности и несущая способность конструкций с учетом влияния имеющихся дефектов и повреждений обеспечивается;

- ограниченно работоспособное состояние – категория технического состояния конструкций, при которой имеются дефекты и повреждения, приведшие к некоторому снижению несущей способности, но отсутствует опасность внезапного разрушения и функционирование конструкции возможно при контроле ее состояния, продолжительности и условий эксплуатации;

- аварийное состояние – категория технического состояния строительной конструкции или здания и сооружения в целом, характеризующаяся повреждениями и деформациями, свидетельствующими об исчерпании несущей способности и опасности обрушения (необходимо проведение срочных противоаварийных мероприятий);

- нормативное состояние – категория технического состояния, при котором количественные и качественные значения параметров всех критериев оценки технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений, включая состояние грунтов основания, соответствуют установленным в проектной документации значениям с учетом пределов их изменения.

**Результаты и обсуждение.** В ноябре 2020 г. было проведено визуальное обследование гидротехнического сооружения на Черноземельском МК в Яшкульском районе Хартолгинского сельского поселения. На рисунках 2–6 представлено текущее техническое состояние двухочкового трубчатого водовыдела на ПК 1133 Черноземельского МК в Обводной канал.

В верхнем бьефе сооружения зафиксировано оползание грунтового откоса, который не закреплен бетонными плитами. Русло засорено камышовой растительностью и крупными фракциями грунта. Элементы бетонных поверхностей трубчатого водовыдела подвержены коррозии. Приемная камера сооружения оборудована двумя задвижками, одна из которых завалена грунтом, следовательно, одна нитка водовыдела не функционирует и сооружение не может работать на полную мощность. Для обеспечения пропускного дополнительного расхода была установлена труба меньшего диаметра, которая выполняет функцию резервного водосброса (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Вид на приемную камеру со стороны верхнего бьефа (фото В. Ф. Талалаева)**

**Figure 2 – View of the inlet chamber from the upstream side (photo by V. F. Talalaeva)**

На рисунке 3 показана деформация русла отводящего канала от трапецеидального сечения к полигональному с засорением его дна крупным мусором, влекаемым водным потоком.



**Рисунок 3 – Вид с бровки отводящего канала при соединении с Черноземельским магистральным каналом (фото В. Ф. Талалаева)**

**Figure 3 – View from the edge of the discharge channel when connected with the Chernozemelsky main canal (photo by V. F. Talalaeva)**

Кроме того, в процессе обследований зафиксировано сползание, смещение, разрушение плит бетонной и ступенчатой облицовок по дну и на откосах отводного канала, а также разрушение и частичное отсутствие зубчатых гасителей энергии водного потока в нижнем бьефе сооружения (рисунок 4). Также установлено наличие зарастания канала камышовой растительностью.



**Рисунок 4 – Текущее техническое состояние сооружения в нижнем бьефе (фото В. Ф. Талалаева)**

**Figure 4 – Current technical state of the structure in the downstream (photo by V. F. Talalaeva)**

В результате того, что вторая нитка трубчатого водовыдела не функционирует, наблюдается деформация русла канала в нижнем бьефе в виде размыва его дна (рисунок 5). Установленная для пропуска дополнительных расходов металлическая труба не предусмотрена проектом, а ее диаметр значительно меньше диаметра нефункционирующей трубы водовыдела.



**Рисунок 5 – Вид с верхней бровки сооружения на нижний бьеф (фото В. Ф. Талалаева)**

**Figure 5 – View from the upper edge of the structure to the downstream (photo by V. F. Talalaeva)**

На рисунке 6 показано техническое состояние двух ниток водовыдела (одна из которых не функционирует). Ввиду значительного срока эксплуатации сооружения монолитные трубы данного сооружения заилены, бетонные конструкции, служащие для закрепления откосов, сильно деформированы. На их поверхности имеются крупные сколы, выбоины и повреждения. Водовыпускная труба имеет значительные повреждения в виде крупных трещин и сколов. В целом данное сооружение находится в ограниченно работоспособном техническом состоянии.



**Рисунок 6 – Техническое состояние двухочкового трубчатого водовыдела в нижнем бьефе (фото В. Ф. Талалаева)**

**Picture 6 – Technical state of a two-point tubular water allotment downstream (photo by V. F. Talalaeva)**

#### **Выводы**

1 Мелиоративный комплекс Республики Калмыкия способствует росту урожайности и устойчивости земледелия в регионе. Для развития сельскохозяйственного производства в республике необходимо наладить водообеспечение ее территорий, и в т. ч. выполнить капитальный ремонт и реконструкцию существующих гидромелиоративных сооружений.

2 Проведенные визуальные обследования текущего технического состояния двухочкового трубчатого водовыдела на Черноземельском МК показали, что сооружение находится в ограниченно работоспособном техническом состоянии и не функционирует в проектом режиме. Для восстановления его пропускной способности и предотвращения возникновения аварийных ситуаций, связанных с подтоплением прилегающих территорий, необходимо проведение реконструкции данного объекта на Черноземельском МК с проработкой мероприятий по гидроизоляции ложа водопроводящих каналов для сокращения фильтрационных потерь и исключения дефицита водных ресурсов, необходимых для выращивания сельскохозяйственных культур.

#### **Список источников**

1. Баев О. А., Гарбуз А. Ю., Шкура В. Н. Рыбоводный комплекс на базе оросительно-обводнительного канала и малой реки // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 2(70). С. 151–156.

2. Воеводина Л. А. Анализ рациональности использования водных ресурсов Чограйского водохранилища Черноземельской обводнительно-оросительной системой // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2021. Т. 11, № 4. С. 122–140. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1241> (дата обращения: 25.05.2022). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2021-11-4-122-140>.

3. Государственный водный реестр [Электронный ресурс]. URL: <https://voda.gov.ru/activities/gosudarstvennyy-vodnyy-reestr/> (дата обращения: 25.05.2022).

4. Доклад об экологической ситуации на территории Республики Калмыкия в 2020 году. Элиста: М-во природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Калмыкия, 2021. 89 с.

5. Шумова Н. А. Изменение структуры землепользования и орошения в современных климатических условиях в Республике Калмыкия // *Экосистемы: экология и динамика*. 2021. Т. 5, № 1. С. 113–131. <https://doi.org/10.24411/2542-2006-2021-10080>.

6. Бородычев В. В., Дедова Э. Б., Сазанов М. А. Водные ресурсы Республики Калмыкия и мероприятия по совершенствованию водохозяйственного комплекса // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2015. № 4. С. 41–45.

7. Ion composition and qualitative indicators of water within the Chernozemelskaya water-irrigation system / E. B. Dedova, A. A. Dedov, V. V. Vershinin, S. D. Isaeva, E. A. Piven // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. Vol. 579. 012036. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/579/1/012036>.

8. Assessment of ecological state of the Chogray reservoir using remote sensing of the Earth (Stavropol Territory, Russia) / S. A. Trautvain, M. P. Iliukh, V. D. Drup, T. G. Zelenetskaya, V. A. Stukalo, E. E. Stepanenko // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. Vol. 579. 012146. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/579/1/012146>.

9. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. Введ. 2014-01-01. М.: Стандартинформ, 2014. 55 с.

## References

1. Baev O.A., Garbuz A.Yu., Shkura V.N., 2018. *Rybovodnyy kompleks na baze orositel'no-obvodnitel'nogo kanala i maloy reki* [Fish-breeding complex based on watering and irrigation canal and small river]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 2(70), pp. 151-156. (In Russian).

2. Voevodina L.A., 2021. [Analysis of the rational use of water resources of the Chogray reservoir in the Chernozemelsky irrigation and watering system]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 11, no. 4, pp. 122-140, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1241> [accessed 25.05.2022], <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2021-11-4-122-140>. (In Russian).

3. *Gosudarstvennyy vodnyy reestr* [State Water Register], available: <https://voda.gov.ru/activities/gosudarstvennyy-vodnyy-reestr> [accessed 25.05.2022]. (In Russian).

4. *Doklad ob ekologicheskoy situatsii na territorii Respubliki Kalmykiya v 2020 godu* [Report on the Environmental Situation on the Territory of the Republic of Kalmykia in 2020]. Элиста, Ministry of Natural Resources and Environmental Protection in Republic of Kalmykia, 2021, 89 p. (In Russian).

5. Shumova N.A., 2021. *Izmenenie struktury zemlepol'zovaniya i orosheniya v sovremennykh klimaticheskikh usloviyakh v Respublike Kalmykiya* [Changing the structure of land use and irrigation under current climatic conditions in the Republic of Kalmykia]. *Ekosistemy: ekologiya i dinamika* [Ecosystems: Ecology and Dynamics], vol. 5, no. 1, pp. 113-131, <https://doi.org/10.24411/2542-2006-2021-10080>. (In Russian).

6. Borodychev V.V., Dedova E.B., Sazanov M.A., 2015. *Vodnye resursy Respubliki Kalmykiya i meropriyatiya po sovershenstvovaniyu vodokhozyaystvennogo kompleksa* [Water resources of the Republic of Kalmykia and measures to improve water complex]. *Doklady Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk* [Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences], no. 4, pp. 41-45. (In Russian).

7. Dedova E.B., Dedov A.A., Vershinin V.V., Isaeva S.D., Piven E.A., 2020. Ion composition and qualitative indicators of water within the Chernozemelskaya water-irrigation system. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 579, 012036, <https://doi.org/10.1088/1755-1315/579/1/012036>.

---

8. Trautvain S.A., Iliukh M.P., Drup V.D., Zelenskaya T.G., Stukalo V.A., Stepanenko E.E., 2020. Assessment of ecological state of the Chogray reservoir using remote sensing of the Earth (Stavropol Territory, Russia). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, vol. 579, 012146, <https://doi.org/10.1088/1755-1315/579/1/012146>.

9. GOST 31937-2011. *Zdaniya i sooruzheniya. Pravila obsledovaniya i monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya* [Buildings and constructions. Rules of inspection and monitoring of technical condition]. Moscow, Publ. of Standards, 2014, 55 p. (In Russian).

---

***Информация об авторе***

**В. Ф. Талалаева** – младший научный сотрудник.

***Information about the author***

**V. F. Talalaeva** – Junior Researcher.

*Автор несет ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других нарушений в сфере этики научных публикаций.*

*The author is responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism and other ethical violations in scientific publications.*

*Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.*

*The author declares no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 29.06.2022; одобрена после рецензирования 05.07.2022; принята к публикации 11.07.2022.*

*The article was submitted 29.06.2022; approved after reviewing 05.07.2022; accepted for publication 11.07.2022.*



Научная статья  
УДК 626.88:639.3

**Компоновочно-конструктивные решения входных оголовков пригидроузловых  
рыбоходно-нерестовых каналов с дополнительным блоком питания**

**Виктор Николаевич Шкура<sup>1</sup>, Алексей Викторович Шевченко<sup>2</sup>**

<sup>1, 2</sup>Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,  
Российская Федерация

<sup>1</sup>VNShkura@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4639-6448>

<sup>2</sup>rigge1111@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4839-6377>

**Аннотация. Цель:** разработка конструкции входного оголовка, позволяющего при разных гидрологических режимах работы рыбоходно-нерестового канала обеспечить эффективное привлечение рыб в его тракт. **Материалы и методы.** Методологическую основу работы составили авторские материалы исследований, посвященных разработке конструктивных решений входных оголовков рыбопропускных сооружений канального типа. **Результаты и обсуждение.** Повысить эффективность работы рыбоходных и рыбоходно-нерестовых каналов за счет создания условий для привлечения в их тракты анадромно-мигрирующих по реке рыб возможно путем оснащения их входных оголовков дополнительными блоками питания. Указанные устройства конструктивно представляют собой систему трубопроводов, обеспечивающих подачу воды во входные оголовки рыбоходно-нерестовых каналов. Их функциональная задача сводится к подаче дополнительного расхода во входной оголовок тракта рыбоходного или рыбоходно-нерестового канала при высоких уровнях воды в нижнем бьефе гидроузла. Подача дополнительных расходов воды во входной (для рыб) оголовок канала через подающие водоводы позволяет обеспечить регулирование привлекающих рыб скоростей течения потока, вытекающего из входного (для рыб) отверстия входного оголовка, и формирование рыбопривлекающего потока в зоне сопряжения канала с руслом реки. **Выводы.** Представлены конструктивные решения обустроенных дополнительным блоком питания входных оголовков для рыбоходных или рыбоходно-нерестовых каналов. Разработана гидравлическая схема и рекомендации по расчету расходов дополнительного блока питания, обеспечивающего эффективную работу рыбопропускных каналов в широком спектре гидрологических условий их функционирования.

**Ключевые слова:** рыбоходный канал, рыбоходно-нерестовый канал, речной гидроузел, входной оголовок канала, блок питания, сопряжение русловых потоков

\*\*\*\*\*

Original article

**Constructive-layout arrangement of entrance head of waterworks'  
fish passage and spawning channels with an optional power supply unit**

**Viktor N. Shkura<sup>1</sup>, Alexey V. Shevchenko<sup>2</sup>**

<sup>1, 2</sup>Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,  
Russian Federation

<sup>1</sup>VNShkura@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4639-6448>

<sup>2</sup>rigge1111@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4839-6377>

**Abstract. Purpose:** to develop the design of the entrance head, which allows to ensure the effective attraction of fish into its canal under different hydrological modes of fish passage and spawning channel operation. **Materials and methods.** The methodological basis of the

work was the author's research materials devoted to the development of constructive solutions for the entrance heads of channel-type fish passing facilities. **Results and discussion.** It is possible to increase the efficiency of fish passages and fish passage and spawning channels operation by creating conditions for attracting anadromous fish migrating along the river into their channels by equipping the entrance heads with optional power supply units. Structurally, these devices are a system of pipelines that provide water supply to the entrance heads of fish passage and spawning channels. Their functional task is to supply additional flow to the inlet head of the canal of the fish passage or fish passage and spawning channel at high water levels in the downstream of waterworks. The supply of additional water flows to the entrance (for fish) head of the channel through the head race makes it possible to regulate the fish-attracting velocities of the flow flowing from the entrance (for fish) opening of the entrance head, and the formation of a fish-attracting flow in the zone of channel conjugation with the river bed. **Conclusions.** Constructive solutions for entrance heads equipped with an optional power supply unit for fish passage or fish passage and spawning channels are presented. A hydraulic scheme and recommendations for calculating the costs of an optional power supply unit, which ensures the efficient operation of fish passage channels in a wide range of hydrological conditions of their operation have been developed.

**Keywords:** fish passage channel, fish passage and spawning channel, river waterworks facility, channel entrance head, power supply unit, conjugation of channel flows

**Введение.** Одним из конструктивных элементов, определяющих эффективность функционирования рыбоходных и рыбоходно-нерестовых каналов, являются их входные оголовки [1, 2]. Входные оголовки обеспечивают топографическое сопряжение русла канала с руслом реки и взаимное соединение исходящего из канала водного потока с потоком реки. От условий физического и гидравлического сопряжения русел и водных потоков зависит заход анадромных рыб из рек в тракты рыбоходных и (или) рыбоходно-нерестовых каналов, что и предопределяет эффективность их работы. Ряд исследований в этой области выполнен А. М. Анохиным, В. П. Боровским, Вл. Н. Шкурой и др. [3–5].

Определенную сложность при конструировании входных оголовков рыбоходных и рыбоходно-нерестовых каналов представляет задача регулирования скоростей течения исходящих из трактов рыбоходных и рыбоходно-нерестовых каналов водных потоков при изменяющихся гидрологических условиях в реке. Колебания расходов и уровней воды и связанные с ними изменения скоростей течения в речном русле изменяют гидравлические условия в зоне сопряжения канала с рекой. Указанное обстоятельство приводит к изменениям трасс перемещения рыб и влияет на условия их привлечения во входные оголовки каналов, а следовательно, и определяет количество заходящих в их тракты рыб. В неуправляемых гидрологических режимах водотоков формирование благоприятных гидравлических условий для привлечения рыб может быть осуществлено соответствующим управлением водным потоком, исходящим из тракта канала. В предшествующих авторских разработках предложено конструктивное решение входного оголовка, обеспечивающего постоянство скоростей течения исходящего из него водного потока при различных уровнях воды в реке [6]. Конструкция оголовка предусматривает устройство сужающегося в плане лотка при увеличении глубины водного потока в нем. Данное конструктивное решение обеспечивает постоянство скоростей течения на входе в канал и по тракту сопрягающего лотка при расчетном уровне воды в реке. При отличных от расчетного уровнях воды в водном объекте скорости исходящего из канала потока будут отличаться от расчетных как в большую, так и в меньшую стороны (в зависимости от отметок уровней воды в реке). Недостатком данного решения является уменьшение ширины входного для рыб отверстия, что снижает качество условий для их захода в канал.

Одно из наиболее эффективных конструктивных решений входного оголовка, предусматривающее применение дополнительного блока питания, предложено в авторском свидетельстве В. Н. Шкуры, А. А. Чистякова, В. А. Черкасова, В. А. Фоменко, А. М. Анохина [7]. Разработка конструкции входного оголовка с дополнительным блоком питания для рыбоходных или рыбоходно-нерестовых каналов принята за цель настоящей работы.

**Материалы и методы.** За основу исследования приняты авторские данные по разработке конструктивных решений входных оголовков рыбоходно-нерестовых каналов, оснащенных дополнительными блоками питания, включая патентную и проектную документацию, а также материалы натурных обследований действующих рыбопропускных сооружений канального типа. При создании конструкции входного оголовка использовались известные приемы поискового конструирования новой техники.

**Результаты и обсуждение.** Использование в конструктивном решении входного оголовка рыбоходно-нерестового канала дополнительного блока питания должно обеспечить нижеследующее.

1 Нейтрализовать уменьшение скоростей течения нисходящего из канала водного потока, вызванное понижением отметок дна сопрягающего лотка от уровня (выше-расположенного) дна рыбоходно-нерестового канала до (нижерасположенного) уровня дна природного водотока.

2 Исключить необходимость сужения сопрягающего (канал и русло реки) лотка от ширины тракта канала до его ширины во входном отверстии входного оголовка.

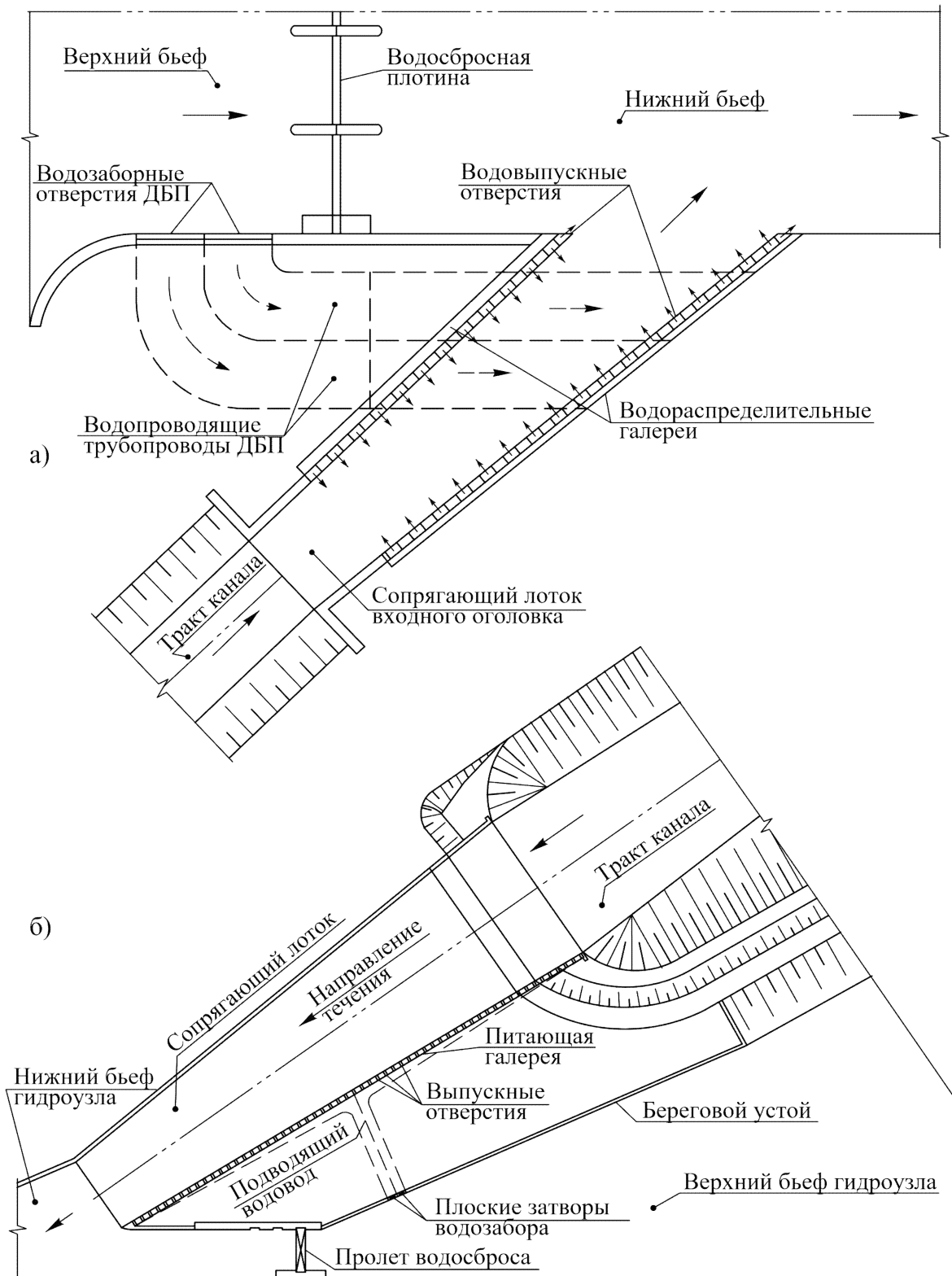
3 Обеспечить регулирование скоростей течения в пределах сопрягающего лотка на входе во входной оголовок с учетом гидрологических характеристик реки.

4 Исключить затемнение входа в сопрягающий лоток конструктивными элементами, регулирующими выпуск водного потока из входного оголовка канала в реку.

5 Исключать дезориентирующий рыб выпуск водного потока (водных струй) в сопрягающий лоток и обеспечить максимально возможный привлекающий рыб эффект.

Примеры компоновочно-конструктивных схем входных оголовков рыбопропускных каналов, оснащенных дополнительным блоком питания и соответствующих приведенным требованиям к их созданию, проиллюстрированы ниже на рисунке 1.

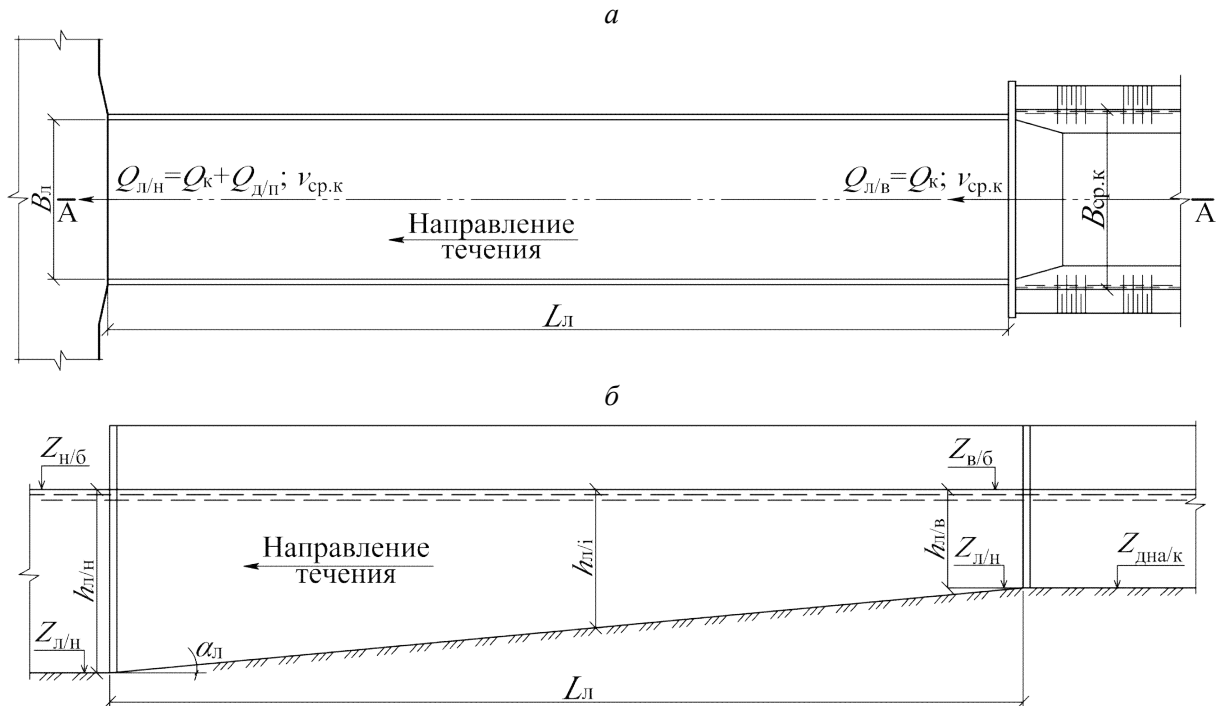
В соответствии с современными представлениями [2], водопроводящий тракт дополнительного блока питания трассируется по берегу речного русла. Регулируемый забор воды в дополнительный блок питания осуществляется из приплотинного участка верхнего бьефа гидроузла посредством водозабора с водовпускным(и) отверстием(ями), оборудованным(и) плоскими затворами. Водопроводящий (водоподводящий) водовод (тракт) рекомендуется устраивать из железобетонных (чаще) или металлических (реже) труб, он может выполняться одно-, двух- или трехниточным. Количество труб, размеры и форма их поперечного сечения определяются гидравлическим расчетом на пропуск расчетного расхода воды для расчетного диапазона перепадов уровней между верхним и нижним бьефами гидроузла с использованием известных методик [8]. Необходимая пропускная способность дополнительного блока питания и его водопроводящего тракта определяется гидравлическим расчетом, учитывающим конструктивные параметры сопрягающего лотка входного оголовка, значения рыбопривлекающих скоростей на входе в рыбоходно-нерестовый канал и расход, пропускаемый по тракту канала. Определение расхода дополнительного блока питания осуществляется в соответствии со схемой конструктивного решения сопрягающего лотка, проиллюстрированной на рисунке 2.



ДБП – дополнительный блок питания

**Рисунок 1 – Компонентно-конструктивные схемы входного оголовка с дополнительным блоком питания: а – с двумя питающими галереями; б – с одной питающей галереей**

**Figure 1 – Constructive-layout schemes of the entrance head with an optional power supply unit: a – with two supply galleries; b – with one supply gallery**



*a* – продольный разрез А – А; *б* – план;

$B_l$  – ширина лотка, м;  $Q_{л/н}$ ,  $Q_{л/в}$  – расход оголовка в нижней и верхней его части, м<sup>3</sup>/с;  
 $Q_k$  – расход рыбоходного канала, м<sup>3</sup>/с;  $Q_{л/п}$  – расход дополнительного блока питания, м<sup>3</sup>/с;  
 $v_{ср.к}$  – средняя скорость течения воды в канале, м/с;  $B_{ср.к}$  – средняя ширина канала, м;  
 $Z_{н/б}$ ,  $Z_{в/б}$  – отметка воды в нижнем и верхнем бьефах, м;  $h_{л/н}$ ,  $h_{л/в}$  – глубина воды  
 в нижней и верхней частях лотка, м;  $Z_{дна/к}$  – отметка дна канала, м;  $L_l$  – длина лотка, м;  
 $\alpha_l$  – угол наклона дна лотка, град;  $h_{л/i}$  – *i*-я глубина в лотке, м;  $Z_{л/н}$  – отметка дна лотка, м

**Рисунок 2 – Расчетная схема сопрягающего лотка входного оголовка к определению расхода дополнительного блока питания**

**Figure 2 – Calculation scheme of the entrance head conjugated flume to determining the optional power unit supply**

Расчет максимального расхода дополнительного блока питания проводится для случая, соответствующего максимальному уровню воды в нижнем бьефе гидроузла.

Для поддержания постоянства скоростей в пределах сопрягающего лотка входного оголовка необходимо обеспечить подачу дополнительного (к основному) расхода по всей его длине. На каждом выделенном отрезке лотка (в каждом расчетном створе) величина дополнительного расхода должна компенсировать снижение скорости, адекватное увеличению глубины водного потока и площади его живого сечения.

При постоянной ширине сопрягающего лотка увеличение глубины потока в лотке ( $h_l$ , м) определяется уклоном его дна ( $i_l$ ) и удаленностью расчетного сечения лотка от створа его сопряжения с трактом канала ( $l_i$ , м). С учетом отмеченной глубины водного потока на определенном удалении от входного (нулевого) створа определяется по соотношению:  $h_{л/в} = h_{л/0} + l_{л/i} \cdot \text{tg} \alpha_l$ . При этом площадь живого сечения водного потока в расчетном створе составит:  $\omega_{л/i} = h_{л/i} \cdot B_l$ , а скорость течения при пропуске транзитного расхода (равного расходу канала) составит:  $v_{л/i} = Q_k / \omega_{л/i}$ . Уменьшение средней скорости течения в рассматриваемом сечении лотка  $\Delta v_{л/i}$  будет пропорциональным увеличению площади водного потока  $\Delta \omega_{л/i}$ . Для нейтрализации указанного дефицита скорости в расчетном сечении необходимо увеличить расход на величину  $\Delta Q_{л/i}$  и довести его до величины  $Q_{л/i} = Q_k + \Delta Q_{л/i} = Q_k + v_{л/i} \cdot \Delta \omega_{л/i}$ . Расход дополнительного блока питания,

обеспечивающий постоянную скорость по длине сопрягающего лотка, определяется при максимальном уровне воды в нижнем бьефе речного гидроузла гидравлическим расчетом, выполняемым в нижеприведенной последовательности расчетных операций.

1 Устанавливается глубина потока в верховом створе лотка:  $h_{л/в} = (Z_{н/б})_{\max} - Z_{л/в}$ .

2 Определяется скорость течения потока в нулевом сечении ( $v_{л/0} = Q_{к}/B_{л} \cdot h_{л/0}$ ), которая принимается за расчетную (по длине сопрягающего лотка и в его нижнем течении).

3 Рассчитывается глубина потока в низовом створе лотка:  $h_{л/н} = (Z_{н/б})_{\max} - Z_{л/н}$ .

4 С учетом установленного значения  $h_{л/н}$  определяется площадь живого сечения исходящего из входного оголовка потока с использованием зависимости:  $\omega_{л/н} = h_{л/н} \cdot B_{л}$ .

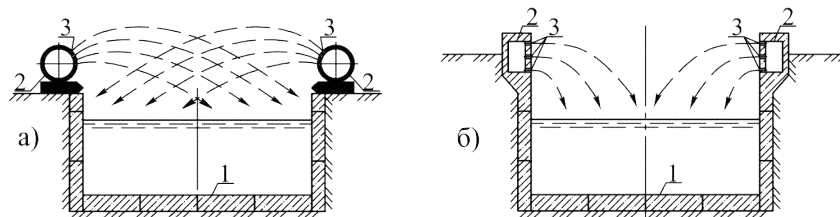
5 При известных значениях  $\omega_{л/н}$  и  $v_{л/0}$  определяется необходимый (для обеспечения расчетной скорости –  $v_{л/0}$ ) расход воды по соотношению:  $Q_{л/н} = \omega_{л/н} \cdot v_{л/0}$ .

6 Расход дополнительного блока питания составит:  $Q_{л/п} = Q_{л/н} - Q_{к}$ .

Постоянство скоростей течения водного потока по тракту сопрягающего лотка обеспечивается равномерной подачей расхода по всей его протяженности посредством распределительного водовода (оборудованного системой водовыпусков, располагаемых по одному или обоим продольным ограждающим устоям) (рисунок 1).

В соответствии с рисунком 1 и в зависимости от величины расхода и перепада уровней водопроводящая часть может быть выполнена одно-, двух- и трехниточной.

Из подводящих водоводов, работающих в напорном режиме, вода поступает в водораспределительные трубопроводы (галереи), а из них посредством отверстий или насадков (расположенных по всей длине) в виде отдельных нисходящих струй в сопрягающий лоток входного оголовка. Варианты конструктивных решений расположения распределителей и водовыпускных отверстий (насадков) проиллюстрированы рисунком 3.



*a* – трубчатый водораспределитель; *б* – галерейный водораспределитель;  
1 – входной оголовок; 2 – водораспределительные водоводы  
дополнительного блока питания; 3 – водовыпускные отверстия

**Рисунок 3 – Виды поперечных сечений сопрягающих лотков**

**Figure 3 – Cross-sectional views of conjugated flumes**

Приведенное на рисунке 3 конструктивное решение водовыпускной части дополнительного блока питания позволяет обеспечить выпуск воды в лоток в виде аэрированных (воздухонасыщенных) струй (в виде ниспадающих капель или струек) с созданием шумождового (привлекающего рыб) эффекта. Определенный рыбопривлекающий эффект на входе в оголовок обеспечивает насыщение воды кислородом.

Необходимая равномерность подачи воды по длине сопрягающего лотка обеспечивается соответствующим расположением и размерами водовыпускных отверстий, устраиваемых в соответствии с методикой, приведенной в работе О. А. Баева, А. Ю. Гарбуза [9].

#### **Выводы**

1 Разработана конструкция входного оголовка для рыбоходных или рыбоходно-нерестовых каналов, обустроенного дополнительным питающим блоком.

2 Приведена гидравлическая схема и методические рекомендации по расчету расходно-скоростных характеристик блока дополнительного питания, обеспечивающего эффективную работу рыбоходных и рыбоходно-нерестовых каналов в широком спектре гидрологических условий их функционирования.

### Список источников

1. Чистяков А. А. Конструкции рыбоходных и рыбоходно-нерестовых каналов: учеб. пособие / Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. Новочеркасск, 2004. 150 с.
2. Шкура Вл. Н., Дроботов А. Н. Рыбоходные и рыбоходно-нерестовые каналы: монография / Новочеркас. инж.-мелиоратив. ин-т ДГАУ. Новочеркасск: Лик, 2012. 204 с.
3. Анохин А. М., Копадзе И. З., Донцов А. А. Обеспечение безопасности прохода рыб на нерест на примере Кочетовского гидроузла на реке Дон // Безопасность техногенных и природных систем. 2018. № 3–4. С. 79–86. DOI: 10.23947/2541-9129-2018-3-4-79-86.
4. Боровской В. П. Рациональное расположение входных оголовков рыбоходно-нерестовых каналов // Сооружения рыбопропускных и рыбозащитных комплексов. Новочеркасск, 1987. С. 42–51.
5. Шкура В. Н. Рыбопропускные сооружения. В 2 ч. Ч. 1. М.: Рома, 1999. 380 с.
6. Баев О. А., Шевченко А. В. Конструктивное решение лоткового входного оголовка рыбоходных и рыбоходно-нерестовых каналов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2022. № 2(86). С. 84–91.
7. А. с. 1599468 СССР, МКИ Е 02 В 8/08. Рыбопропускное сооружение / В. Н. Шкура, А. А. Чистяков, В. А. Черкасов, В. А. Фоменко, А. М. Анохин (СССР). № 4393333/23-15; заявл. 16.03.88; опубл. 15.10.90, Бюл. № 38. 5 с.: ил.
8. Киселев П. Г., Краев А. Д., Данильченко Н. В. Справочник по гидравлическим расчетам / под общ. ред. П. Г. Киселева. 4-е изд., перераб., испр. и доп. М.: Эколит, 2011. 312 с.
9. Баев О. А., Гарбуз А. Ю. Компонувочно-конструктивные решения рассредоточенных систем водного питания рыбоводных бассейнов // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. 2019. № 2(02). С. 130–147. URL: <http://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=32> (дата обращения: 15.06.2022). DOI: 10.31774/2658-7890-2019-2-130-147.

### References

1. Chistyakov A.A., 2004. *Konstruktzii rybokhodnykh i rybokhodno-nerestovykh kanalov: uchebnoe posobie* [Design of Fish Passage and Fish Breeding and Spawning Channels: textbook]. Novocherkassk State Land Reclamation Academy, Novocherkassk, 150 p. (In Russian).
2. Shkura V.I.N., Drobotov A.N., 2012. *Rybokhodnye i rybokhodno-nerestovyye kanaly: monografiya* [Fish Passage and Fish Passage and Spawning Channels: monograph]. Novocherkassk Land Reclamation Engineering Institute DGAU, Novocherkassk, Lik Publ., 204 p. (In Russian).
3. Anokhin A.M., Kopadze I.Z., Dontsov A.A., 2018. *Obespechenie bezopasnosti prokhoda ryb na nerest na primere Kochetovskogo gidrouzla na reke Don* [Providing safety of fish passing to spawning ground on the example of the Kochetovsky waterworks facility on the river Don]. *Bezopasnost' tekhnogennykh i prirodnykh sistem* [Safety of Technogenic and Natural Systems], no. 3-4, pp. 79-86, DOI: 10.23947/2541-9129-2018-3-4-79-86. (In Russian).
4. Borovskoy V.P., 1987. *Ratsional'noe raspolozhenie vkhodnykh ogolovkov rybokhodno-nerestovykh kanalov* [Rational location of the entrance heads of fish passage and spawning channels]. *Sooruzheniya rybopropusknykh i rybozashchitnykh kompleksov: sbornik statey* [Structures of Fish Passage and Fish Protection Complexes]. Novocherkassk, pp. 42-51. (In Russian).
5. Shkura V.N., 1999. *Rybopropusknyye sooruzheniya* [Fish Passage Structures]. In 2 parts, pt. 1, Moscow, Roma Publ., 380 p. (In Russian).
6. Baev O.A., Shevchenko A.V., 2022. *Konstruktivnoe reshenie lotkovogo vkhodnogo*

---

*ogolovka rybokhodnykh i rybokhodno-nerestovykh kanalov* [Design solution of the flume entrance head of fish passage and fish passage and spawning canals]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 2(86), pp. 84-91. (In Russian).

7. Shkura V.N., Chistyakov A.A., Cherkasov V.A., Fomenko V.A., Anokhin A.M., 1988. *Rybopropusknoe sooruzhenie* [Fish Passage Facility]. Copyright certificate, no. 4393333/23-15. (In Russian).

8. Kiselev P.G., Kraev A.D., Danilchenko N.V., 2011. *Spravochnik po gidravlicheskim raschetam* [Handbook of Hydraulic Calculations]. 4<sup>th</sup> ed., rev., add., Moscow, Ecolit Publ., 312 p. (In Russian).

9. Baev O.A., Garbuz A.Yu., 2019. [Constructive-layout arrangement of distributed water feeding systems of fish-breeding basins]. *Ekologiya i vodnoe khozyaystvo*, no. 2(02), pp. 130-147, available: <http://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=32> [accessed 15.06.2022], DOI: 10.31774/2658-7890-2019-2-130-147. (In Russian).

---

#### ***Информация об авторах***

**В. Н. Шкура** – ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук, профессор;

**А. В. Шевченко** – младший научный сотрудник, аспирант.

#### ***Information about the authors***

**V. N. Shkura** – Leading Researcher, Candidate of Technical Sciences, Professor;

**A. V. Shevchenko** – Junior Researcher, Postgraduate Student.

*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 05.07.2022; одобрена после рецензирования 19.08.2022; принята к публикации 26.08.2022.*

*The article was submitted 05.07.2022; approved after reviewing 19.08.2022; accepted for publication 26.08.2022.*



Научная статья

УДК 626.82; 626.824

**Анализ показателей системных планов водопользования  
по оросительным системам Ростовской области**

**Алексей Николаевич Рыжак**

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,  
Российская Федерация, xrust.89@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9268-255X>

**Аннотация. Цель:** провести анализ показателей системных планов водопользования, чтобы оценить, как сокращение объемов водораспределения отразилось на площадях орошения культур и объеме их водопотребления. **Материалы и методы.** В ходе выполнения исследования был собран и проанализирован массив данных, включающий в себя планы водопользования 13 филиалов Ростовмелиоводхоза за 2020–2021 гг. **Результаты и обсуждения.** В результате анализа выявлено, что площади и оросительные нормы по культурам в 2021 г. в основном были сокращены. Наибольшая площадь орошения была отведена под зерновые культуры – 40 тыс. га (64 % от всех орошаемых угодий). На их полив выделялось более 80 % от общего водопотребления (540 из 660,6 млн куб. м). Наиболее водоемкой культурой является рис – на 16,4 тыс. га подавалось 367,5 млн куб. м. Наибольшая площадь орошаемых угодий сконцентрирована на территории Семикаракорского (14 тыс. га), Пролетарского (13,4 тыс. га) и Мартыновского (10 тыс. га) филиалов – 60 % от всех орошаемых земель. При этом в указанных районах отмечено и наибольшее сокращение орошаемых угодий. Наибольшие объемы водопотребления были отмечены в Пролетарском филиале – 280,2 млн куб. м. В Волгодонском, Багаевском, Семикаракорском и Мартыновском объемы составили от 65 до 100 млн куб. м. В этих районах отмечено и наибольшее снижение потребления воды. **Выводы.** Несмотря на значительное понижение оросительных норм, сокращения площадей полива в 2021 г. избежать не удалось. В совокупности орошаемая площадь составила 62,6 тыс. га. По сравнению с прошлым годом она сократилась на 10,6 тыс. га. При этом и общий объем водопотребления по всем филиалам составил 660,6 млн куб. м, что на 158,2 млн куб. м меньше данного показателя в 2020 г.

**Ключевые слова:** маловодье, дефицит водных ресурсов, сокращение орошаемых площадей, планирование и реализация водораспределения, водопотребление

\*\*\*\*\*

Original article

**Analysis of indicators of system water use plans for irrigation systems in Rostov region**

**Alexey N. Ryzhakov**

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,  
Russian Federation, xrust.89@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9268-255X>

**Abstract. Purpose:** to analyze the indicators of system water use plans in order to assess the impact of water distribution volume reduction on the irrigated areas of crops and the volume of their water consumption. **Materials and methods.** In the course of the study, an array of data including water use plans for 13 branches of the Rostvmeliovodkhoz for 2020–2021 was collected and analyzed. **Results and discussions.** As a result of analysis it was revealed that the areas and irrigation rates in crops in 2021 were mainly reduced. The largest irrigated area was laid to grain crops – 40 thousand hectares (64 % of all irrigated land). More than 80 % of total

water consumption went to their irrigation (540 out of 660.6 million cubic meters). Rice is the most water-intensive crop – 367.5 million cubic meters were supplied to 16.4 thousand hectares. The largest area of irrigated land is concentrated on the territory of Semikarakorsky (14 thousand ha), Proletarsky (13.4 thousand ha) and Martynovsky (10 thousand ha) branches – 60 % of all irrigated lands. At the same time, the largest reduction in irrigated lands was noted in these areas. The largest volumes of water consumption were noted in Proletarsky branch – 280.2 million cubic meters. In Volgodonsk, Bagaevsky, Semikarakorsky and Martynovsky branches the volumes of water consumption ranged from 65 to 100 million cubic meters. In these areas, the greatest decrease in water consumption was also noted. **Conclusions.** Despite a significant decrease in irrigation rates, a reduction in irrigation areas in 2021 could not be avoided. In total, the irrigated area was 62.6 thousand hectares. Compared to last year, it decreased by 10.6 thousand hectares. At the same time, the total volume of water consumption for all branches amounted to 660.6 million cubic meters which is 158.2 million cubic meters less this indicator in 2020.

**Keywords:** low water, shortage of water resources, reduction of irrigated areas, planning and realization of water distribution, water consumption

**Введение.** Для характеристики проблем водоснабжения, гидроэнергетики, водного транспорта и орошения, связанных с природным дефицитом водных ресурсов по сравнению со средними условиями формирования стока воды, используется такое общепринятое определение, как маловодье. Значение этого термина сводится к характеристике периода низкого стока, сопровождающегося различными видами ущербов, а именно ограничением и снижением эффективности сельскохозяйственного производства [1].

Ростовская область расположена в засушливой зоне, длительный период низкой водности привел к сокращению орошаемых площадей, отводимых под сельскохозяйственные культуры. Маловодье на Дону, наблюдаемое с 2007 г., значительно сказалось на наполненности Цимлянского водохранилища, что привело к сокращению орошаемых сельскохозяйственных площадей в Ростовской области почти в 2 раза [2].

Водохозяйственный комплекс Ростовской области представлен различными гидротехническими сооружениями от простейших (водовыпуски, мосты, каналы в земляном русле и т. д.) до уникальных (дюкеры, тоннели, насосные станции, магистральные каналы). В зоне расположения государственных систем находится более 100 насосных станций с установленной энергетической мощностью 200 тыс. кВт, протяженность каналов составляет около 8 тыс. км, в т. ч. облицованных – около 700 км, протяженность коллекторно-сбросной сети – 1,1 тыс. км [3].

Эксплуатацией, содержанием и ремонтом оросительных систем в области сегодня занимается федеральное государственное бюджетное учреждение «Управление мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения по Ростовской области» (ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз»). В состав учреждения входят 14 филиалов, в т. ч. 13 филиалов управлений эксплуатации оросительных систем, а также Ростовская гидрогеолого-мелиоративная партия.

Каждый год ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз» получает лимит на потребление воды для различных нужд, в т. ч. и на орошение. В 2021 г. на полив сельскохозяйственных культур было выделено всего 1,3 км<sup>3</sup> воды. В прошлом году на орошение ушло 1,56 км<sup>3</sup>. В Ростовской области числится 231,4 тыс. га орошаемых земель, а в план водопользования включено всего 74,8 тыс. га, т. е. менее трети [4].

Согласно данным монографии «Оросительные системы России: от поколения к поколению» [5], в Ростовской области находится 16 основных мелиоративных систем, эксплуатацией которых занимаются данные филиалы. В их обязанности в том

числе входит планирование и реализация водораспределения на оросительных системах. Как известно, системные планы водопользования устанавливают объемы, порядок и сроки подачи воды всем водопользователям данной оросительной системы [6]. Анализ сводных материалов указанных планов водопользования позволил установить снижение как объемов воды на орошение, так и фактически политых площадей. В Ростовской области за период с 2015 по 2020 г. отмечается устойчивое снижение орошаемых земель, оно составило 21 % при уменьшении объема воды, переданного на орошение, на 12 % [7]. Рассмотрим, как сокращение объемов водораспределения отразилось на площадях орошения культур и объеме их водопотребления.

**Материал и методы.** В ходе выполнения тематики НИР 2.1.2.2 «Провести анализ дефицита водных ресурсов европейской территории России и разработать сценарные модели развития орошаемого земледелия с учетом наличия свободных водных ресурсов (на примере Ростовской области)» был собран и проанализирован массив данных, включающий в себя планы водопользования по 13 филиалам ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз» за 2020–2021 гг.

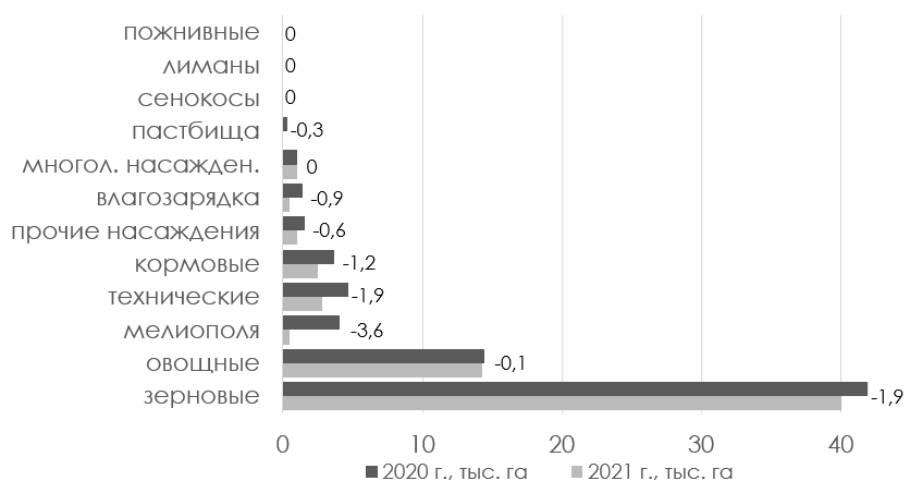
**Результаты и рассуждения.** Сведения были представлены по следующим филиалам ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз»: Азовскому, Аксайскому, Багаевскому, Базковскому, Веселовскому, Волгодонскому, Мартыновскому, Неклиновскому, Пролетарскому, Сальскому, Семикаракорскому, Донскому и Верхне-Сальскому. В качестве основных данных, представленных в сводных сведениях о водопотреблении по культурам, указаны следующие показатели: зерновые, в т. ч. озимая пшеница, кукуруза на зерно, рис и прочие зерновые; технические, в т. ч. соя; овощные, в т. ч. овощи, картофель и бахчи; кормовые, в т. ч. многолетние травы, кукуруза на силос, однолетние травы, кормовые корнеплоды и пр.; многолетние насаждения; сенокосы; пастбища; прочие насаждения; влагозарядка; лиманы; пожнивные и мелиополя.

При анализе полученных данных в результате сравнения показателей за 2020 и 2021 гг. было выявлено, что в основном площади и оросительные нормы по культурам в 2021 г. были сокращены, это, соответственно, повлекло и уменьшение объемов водопотребления (рисунки 1–3). Какое-либо орошение сенокосов и пожнивных культур было прекращено еще в 2020 г. Также была приостановлена подача воды на лиманы.

Согласно представленным данным, несмотря на увеличение площадей кукурузы на зерно (+0,9 тыс. га) и риса (+1,5 тыс. га), площади зерновых культур в целом были сокращены на 1,5 тыс. га, так как получили заметное понижение площади, занимаемые озимой пшеницей (–2,1 тыс. га) и прочими зерновыми культурами (–2,2 тыс. га). Было отмечено увеличение площадей под однолетние травы (+400 га), но в целом по орошаемым кормовым культурам наблюдается снижение площади на 1,2 тыс. га. По остальным культурам и орошаемым угодьям наблюдается только сокращение площадей.

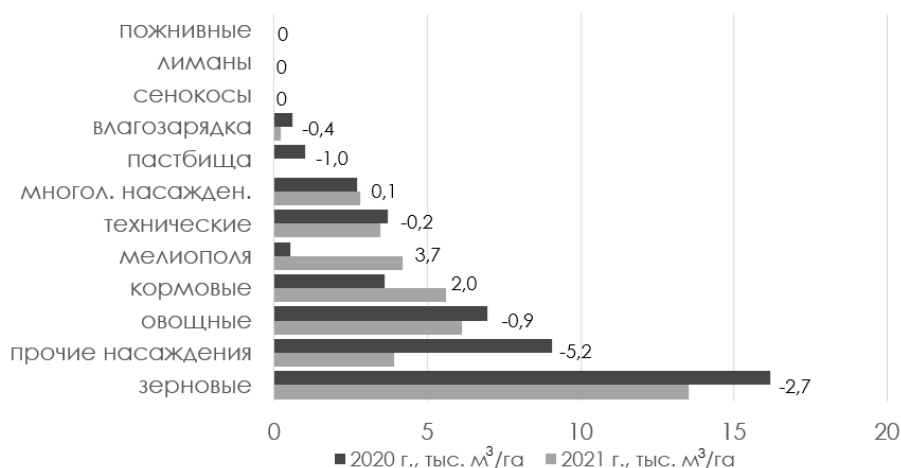
Как было отмечено выше, оросительные нормы были пересмотрены и также в основном снижены. Нормы были увеличены лишь по кормовым культурам на 2 тыс. м<sup>3</sup>/га и незначительно по многолетним насаждениям – на 0,1 тыс. м<sup>3</sup>/га. К тому же необходимо отметить, что значительное увеличение получили оросительные нормы мелиополей (+ 3,7 тыс. м<sup>3</sup>/га). Самое значительное уменьшение оросительной нормы было замечено в отношении риса – нормы орошения снизились на 16,2 тыс. м<sup>3</sup>/га.

Увеличение объема водопотребления было отмечено лишь по кормовым культурам (+0,5 млн м<sup>3</sup>), тогда как по остальным замечено лишь снижение. Наибольшее сокращение объемов воды, как и следовало ожидать, было установлено в отношении риса (–207,9 млн м<sup>3</sup>), а по всем зерновым в целом объемы снизились на 137,3 млн м<sup>3</sup>. Из данной группы культур выросло водопотребление только у прочих зерновых (+81,1 млн м<sup>3</sup>).



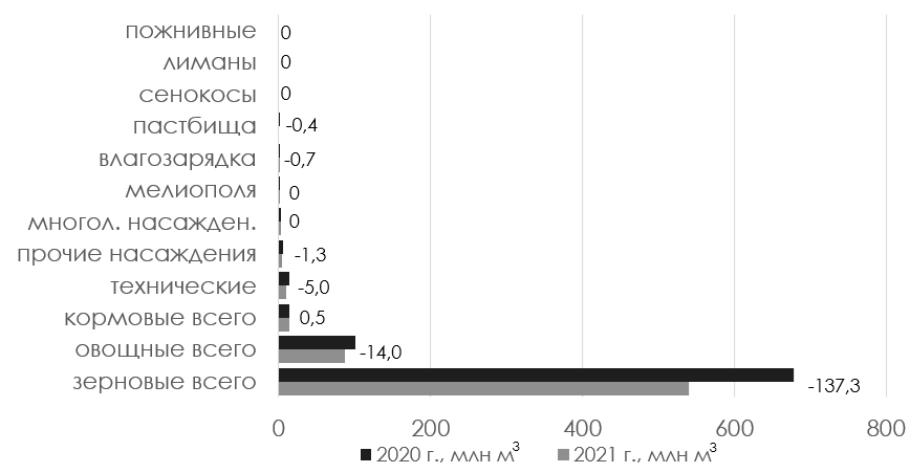
**Рисунок 1 – Разница площадей полива по культурам**

**Figure 1 – Difference in irrigation areas in crops**



**Рисунок 2 – Разница оросительных норм по культурам**

**Figure 2 – Difference in irrigation rates in crops**



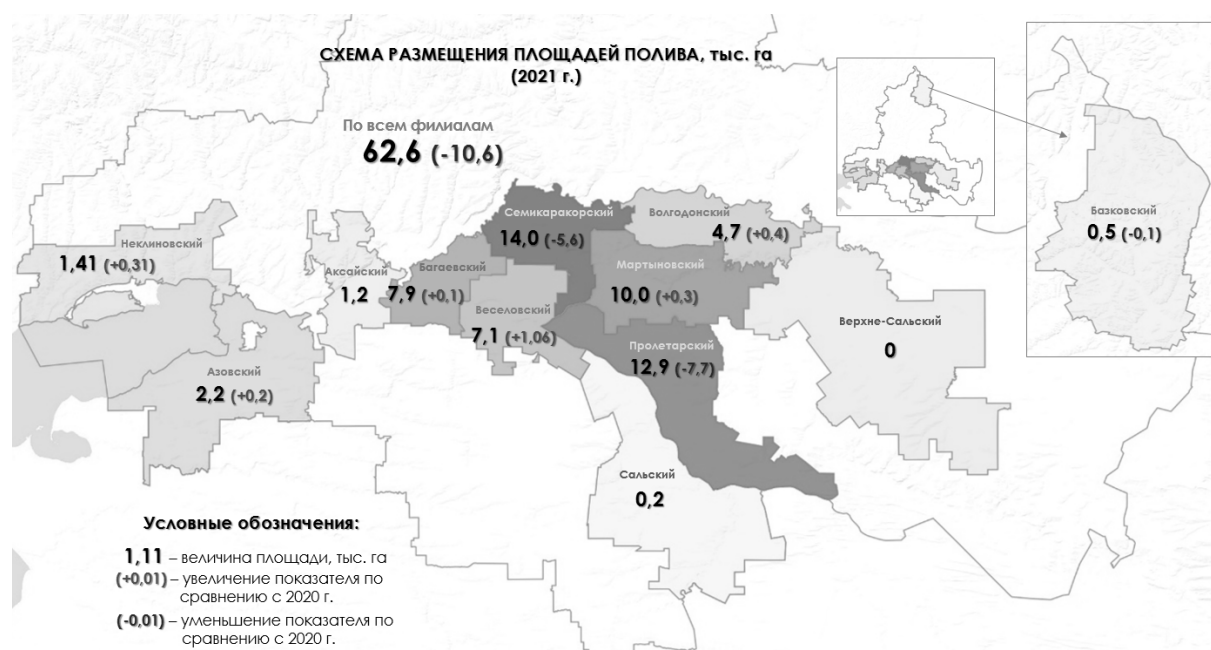
**Рисунок 3 – Разница объемов водопотребления по культурам**

**Figure 3 – Difference in water consumption in crops**

Наибольшая площадь орошения в 2021 г. была отведена под зерновые культуры – 40 тыс. га, что составляет 64 % от всех орошаемых угодий. На их полив выделялось бо-

лее 80 % от общего водопотребления (540 из 660,6 млн м<sup>3</sup>). Наиболее водоемкой культурой, естественно, является рис – на 16,4 тыс. га подается 367,5 млн м<sup>3</sup>.

При рассмотрении сложившейся ситуации с точки зрения расположения орошаемых площадей в Ростовской области отмечено, что наибольшее количество орошаемых угодий сконцентрировано на территории Семикаракорского (14 тыс. га), Пролетарского (13,4 тыс. га) и Мартыновского (10 тыс. га) филиалов ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз», а именно 60 % от всех орошаемых земель региона. При этом в указанных районах отмечено и наибольшее сокращение орошаемых угодий: в Семикаракорском площадь сократилась на 5,6 тыс. га, а в Пролетарском – на 7,7 тыс. га. В остальных филиалах либо отмечено незначительное увеличение площади (на 0,1–1,06 тыс. га), либо орошаемые угодья не изменились никак. В Верхне-Сальском и Донском филиалах в указанный период времени никакого орошения не проводится. Схема размещения площадей полива представлена на рисунке 4.



**Рисунок 4 – Схема размещения орошаемых площадей в 2021 г. (в сравнении с показателями за 2020 г.) по филиалам Ростовмелиоводхоза**

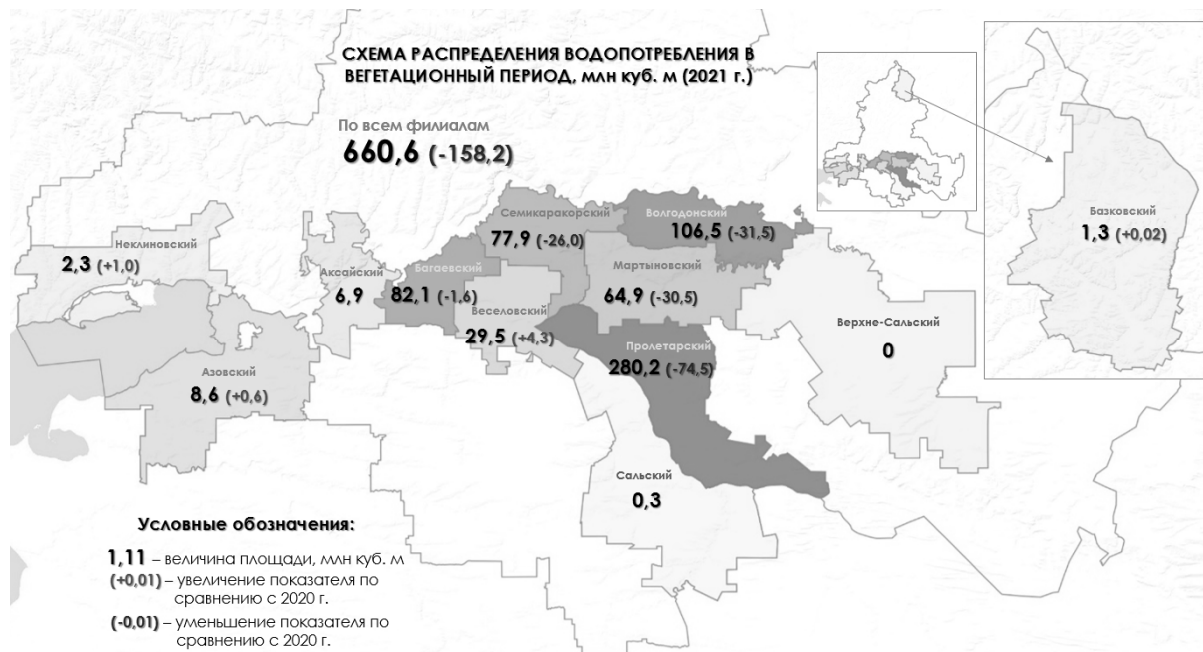
**Figure 4 – Scheme of distribution of irrigated areas in 2021 (in comparison with indicators for 2020) for the branches of the Rostovmeliiovodkhoz**

Наибольшие объемы водопотребления были отмечены в Пролетарском филиале – 280,2 млн м<sup>3</sup>. В Волгодонском, Багаевском, Семикаракорском и Мартыновском объемы составили от 65 до 100 млн м<sup>3</sup>. В этих районах отмечено и наибольшее снижение потребления водных ресурсов. На рисунке 5 представлена схема водораспределения.

**Выводы.** Как видно из полученных результатов, несмотря на значительное уменьшение оросительных норм, сокращения площадей полива в 2021 г. избежать не удалось. В совокупности орошаемая площадь составила 62,6 тыс. га. По сравнению с прошлым годом она сократилась на 10,6 тыс. га. При этом и общий объем водопотребления по всем филиалам ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз» составил 660,6 млн м<sup>3</sup>, что на 158,2 млн м<sup>3</sup> меньше данного показателя в 2020 г.

В связи с тем, что и в дальнейшем природно-климатические условия могут не измениться, единственной возможностью остановить сокращение существующих площадей орошения и начать их расширение является применение водосберегающих

технологий орошения сельскохозяйственных культур и эффективное использование водных ресурсов в условиях маловодья, т. е. необходимо внедрение современной дождевальной техники и капельного орошения, реконструкция водопроводящих сооружений оросительных сетей для уменьшения потерь воды, а также научно обоснованное снижение оросительных норм.



**Рисунок 5 – Схема распределения водопотребления в вегетационный период 2021 г. (в сравнении с показателями за 2020 г.) по филиалам Ростовмелиоводхоза**  
**Figure 5 – Scheme of water consumption distribution during the growing season of 2021 (in comparison with indicators for 2020) for the branches of the Rostovmeliiovodkhoz**

#### Список источников

1. Алексеевский Н. И., Фролова Н. Л. Безопасность водопользования в условиях маловодий // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2011. № 6. С. 6–17.
2. На Дону из-за маловодья вдвое сократились площади орошаемых полей [Электронный ресурс]. URL: <https://agrobook.ru/news/75669/na-donu-iz-za-malovodya-vdvoe-sokratilis-ploshchadi-oroshaemyh-poley> (дата обращения: 21.03.2022).
3. Берлизов Д. Ростовмелиоводхоз: 20 лет – это только начало! [Электронный ресурс]. URL: <https://inform-raduga.ru/about/publish/76271> (дата обращения: 23.03.2022).
4. Площади орошаемых полей сократились из-за маловодья на Дону [Электронный ресурс]. URL: <https://rossaprimavera.ru/news/2b00c124> (дата обращения: 21.03.2022).
5. 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: РосНИИПМ, 2013. 283 с.
6. Методические указания по планированию водопользования на оросительных системах на основании данных ретроспективного анализа и сценарных расчетов в зависимости от лет различной влагообеспеченности / В. Н. Щедрин, А. С. Штанько, О. В. Воєводин, А. Л. Кожанов, С. Л. Жук. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. 61 с.
7. Кузьмичев А. А., Рыжаков А. Н., Мартынов Д. В. Анализ дефицита водных ресурсов и использования мелиорированных земель в Южном федеральном округе // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2021. Т. 11, № 3. С. 19–35. URL:

---

<http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1212> (дата обращения: 21.03.2022). DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-3-19-35.

### References

1. Alekseevskiy N.I., Frolova N.L., 2011. *Bezopasnost vodopol zovaniya v usloviyakh malovodiy* [Safety of water use under low water conditions]. *Vodnoe khozyaystvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie* [Water Management of Russia: Problems, Technologies, Management], no. 6, pp. 6-17. (In Russian).

2. *Na Donu iz-za malovodya vdvoe sokratilis ploshchadi oroshaemykh poley* [In the Don region, the area of irrigated fields were cut by half due to low water], available: <https://agrobook.ru/news/75669/na-donu-iz-za-malovodya-vdvoe-sokratilis-ploshchadi-oroshaemykh-poley> [accessed 21.03.2022]. (In Russian).

3. Berlizov D. *Rostovmeliovodkhoz: 20 let – eto tol ko nachalo!* [Rostovmeliovodkhoz: 20 years is just the beginning!], available: <https://inform-raduga.ru/about/publish/76271> [accessed 23.03.2022]. (In Russian).

4. *Ploshchadi oroshaemykh poley sokratilis iz-za malovodya na Donu* [The areas of irrigated fields have decreased due to low water on the Don], available: <https://rossaprimavera.ru/news/2b00c124> [accessed 21.03.2022]. (In Russian).

5. Shchedrin V.N., Kolganov A.V., Vasiliev S.M., Churaev A.A., 2013. *Orositel nye sistemy Rossii: ot pokoleniya k pokoleniyu: monografiya. V 2 ch. Ch. 1* [Irrigation Systems of Russia: from Generation to Generation: monograph. In 2 parts. Pt. 1]. Novocherkassk, RosNIIPM, 283 p. (In Russian).

6. Shchedrin V.N., Shtanko A.S., Voevodin O.V., Kozhanov A.L., Zhuk S.L., 2015. *Metodicheskie ukazaniya po planirovaniyu vodopol zovaniya na orositel nykh sistemakh na osnovanii dannykh retrospektivnogo analiza i stsenarykh raschetov v zavisimosti ot let razlichnoy vlagooobespechennosti* [Guidelines for Planning Water Use in Irrigation Systems Based on Retrospective Analysis Data and Scenario Calculations Depending on Years of Different Moisture Availability]. Novocherkassk, RosNIIPM, 61 p. (In Russian).

7. Kuzmichev A.A., Ryzhakov A.N., Martynov D.V., 2021. [Analysis of water scarcity resources and the use of reclaimed lands in the Southern Federal District]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 11, no. 3, pp. 19-35, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1212> [accessed 21.03.2022], DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-3-19-35. (In Russian).

---

### *Информация об авторе*

**А. Н. Рыжаков** – научный сотрудник.

### *Information about the author*

**A. N. Ryzhakov** – Researcher.

*Автор несет ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других нарушений в сфере этики научных публикаций.*

*The author is responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism and other ethical violations in scientific publications.*

*Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.*

*The author declares no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 29.06.2022; одобрена после рецензирования 05.07.2022; принята к публикации 11.07.2022.*

*The article was submitted 29.06.2022; approved after reviewing 05.07.2022; accepted for publication 11.07.2022.*

## МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

### RECLAMATION AND LAND CONSERVATION

Научная статья

УДК 631.67.03

#### Оценка качества вод заливов Балка Малая Садковка и Балка Большая Садковка и мероприятия по снижению их воздействия на почвенные процессы

Лидия Михайловна Докучаева<sup>1</sup>, Рита Евгеньевна Юркова<sup>2</sup>,

Сергей Артурович Селицкий<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup>Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

<sup>1</sup>dokuchaeva\_lm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4831-7640>

<sup>2</sup>rita6161@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8275-5834>

<sup>3</sup>ssilja@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4771-4516>

**Аннотация.** Цель: оценить пригодность вод заливов Балка Малая Садковка и Балка Большая Садковка для орошения. **Материалы и методы.** Исследования проводились на территории хозяйства Пролетарского района Ростовской области. Оросительная вода отобрана в двух точках: в заливе Балка Малая Садковка и заливе Балка Большая Садковка. Анализ проб воды проводился по общепринятым методикам, а оценка качества оросительной воды по С. Я. Бездниной и по ирригационному коэффициенту, предложенному Х. Стеблером. **Результаты.** Установлено, что химизм засоления этих вод имеет сульфатно-натриевый характер. Минерализация по сумме солей в заливе Балка Малая Садковка составляет 1437 мг/дм<sup>3</sup>, а в заливе Балка Большая Садковка – 1426 мг/дм<sup>3</sup>. Реакция воды (рН) равнялась соответственно 7,8 и 8,1, что характеризует ее как слабощелочную. Содержание Cl составляет соответственно 3,64 и 3,89 ммоль(экв)/дм<sup>3</sup> (II класс), что указывает на возможность проявления хлоридного засоления почв при поливах такой водой. С учетом наличия в исследуемых водах натрия, хлора и сульфатов (SO<sub>4</sub>) ирригационный коэффициент по Стеблеру составил в заливе Балка Малая Садковка 1,7, в заливе Балка Большая Садковка – 2,3, что указывает на неудовлетворительный ее состав. Это согласуется с данными оценки поливной воды по С. Я. Бездниной. **Выводы.** При использовании исследуемых вод в почвах могут возникнуть процессы хлоридного засоления, натриевого и магниевого осолонцевания, а также содообразования, что ухудшит почвенное плодородие и снизит урожайность возделываемых культур. При применении слабоминерализованных вод необходимо сокращать водные нагрузки на почвы, т. е. уменьшать поливные нормы. Для получения планируемой урожайности возделываемых культур при сохранении почвенного плодородия допускается снижение поливных норм до 20 %. Для предотвращения проявления негативных процессов следует периодически проводить мониторинг свойств почв.

**Ключевые слова:** оросительная вода, минерализация, осолонцевание, содообразование, качество воды, солевой состав, оценка

\*\*\*\*\*

Original article

#### Assessment of water quality in the Balka Malaya Sadkovka and the Balka Bolshaya Sadkovka bays and measures to reduce their impact on soil processes



**Lidiya M. Dokuchayeva<sup>1</sup>, Rita Ye. Yurkova<sup>2</sup>, Sergey A. Selitskiy<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

<sup>1</sup>dokuchaeva\_lm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4831-7640>

<sup>2</sup>rita6161@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8275-5834>

<sup>3</sup>ssilja@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4771-4516>

**Abstract. Purpose:** to assess water suitability of the Balka Malaya Sadkovka and the Bolshaya Sadkovka bays for irrigation. **Materials and methods.** The research was carried out on the territory of farms of Proletarsky district Rostov region. Irrigation water was sampled at two points: in the Balka Malaya Sadkovka Bay and the Balka Bolshaya Sadkovka Bay. The analysis of water samples was carried out according to generally accepted methods, and the assessment of irrigation water quality was carried out according to S. Ya. Bezdina and according to the irrigation coefficient proposed by H. Stebler. **Results.** It has been determined that the chemistry of salinization of these waters has a sulfate-sodium character. Mineralization by the sum of salts in the Balka Malaya Sadkovka Bay is 1437 mg/dm<sup>3</sup>, and in the Bolshaya Sadkovka Bay it is 1426 mg/dm<sup>3</sup>. The water reaction (pH) was 7.8 and 8.1, respectively, which characterizes it as weakly alkaline. The content of Cl is 3.64 and 3.89 mmol(eq)/dm<sup>3</sup>, respectively (class II), which indicates the possibility of chloride salinization of soils during irrigation with such water. Taking into account the presence of sodium, chlorine and sulfates (SO<sub>4</sub>) in the studied waters, the irrigation coefficient according to Stebler was 1.7 in the Balka Malaya Sadkovka Bay, and 2.3 in the Balka Bolshaya Sadkovka Bay, which indicates its unsatisfactory composition. This is in agreement with the data on the irrigation water assessment according to S. Ya. Bezdina. **Conclusions.** When using the studied waters in soils, the processes of chloride salinization, sodium and magnesium solonetzization, as well as soda formation can occur, which will worsen soil fertility and reduce the yield of cultivated crops. When using low-mineralized waters, it is necessary to reduce water loads on soils, i. e., reduce irrigation rates. To obtain the planned yield of cultivated crops while maintaining soil fertility, it is assumed to reduce irrigation rates to 20 %. To prevent negative processes, soil properties should be periodically monitored.

**Keywords:** irrigation water, mineralization, alkalization, soda formation, water quality, salt composition, assessment

**Введение.** Оценка пригодности вод для полива на данный момент является актуальной задачей орошаемого земледелия, так как площади, поливаемые водой плохого качества, постоянно растут. В Ростовской области к началу нового тысячелетия площади орошаемых земель составляли 446 тыс. га, из них более 50 тыс. га орошались водой повышенной минерализации (1,5–3,0 г/дм<sup>3</sup>). Сейчас процент таких земель увеличивается, так как, несмотря на некоторое возрастание орошаемых земель по сравнению с 2010 г., качественное их состояние в целом по России ухудшается [1]. В этом немаловажную роль играет применение для поливов минерализованных вод.

Использование слабоминерализованных вод нередко приводит к засолению почв. Высокая концентрация солей в почве затрудняет поступление влаги в растение, разрушает структуру почвы, ухудшая водно-физические и физико-химические свойства. Поступление токсичных солей в почвенный раствор может вызвать гибель растений из-за нарушения ионного обмена и физиологических функций [2].

Почвы, орошаемые минерализованной водой, сильно уплотняются, а в таких почвах образуются недоокисленные вещества, которые в повышенных концентрациях проявляют токсичность [3].

Это особый случай деградации, и вызван он следующими условиями: при пере-

поливах в верхних гумусированных слоях проявляются анаэробные явления, сопровождаемые глееобразованием на фоне застойно-промывного режима. В таких условиях наряду с проявлением глееобразования при повышении концентрации почвенного раствора за счет солей минерализованных оросительных вод увеличивается подвижность органического вещества, которое выносится за пределы верхних слоев почвенного профиля [4]. Как известно, структурное состояние почв определяется наличием органического вещества, а его потери сопровождаются ухудшением физических свойств почв, а именно: почвы приобретают признаки слитости, уменьшается порозность, фильтрация, возрастает плотность сложения [5–7].

Исследования ученых показывают, что один и тот же химический состав поливных вод по-разному влияет на свойства почв в отдельных почвенно-экологических условиях [8]. Исходя из этого, при оценке пригодности вод для орошения необходимо иметь не только результаты исследования солевого состава поливных вод, но и анализы гранулометрического состава и состава почвенного поглощающего комплекса.

Цель исследований – оценить пригодность вод заливов Балка Малая Садковка и Балка Большая Садковка для орошения.

**Материалы и методы.** Исследования проводились на территории Пролетарского района Ростовской области. Оросительная вода отобрана в двух точках: в заливе Балка Малая Садковка и заливе Балка Большая Садковка.

Для оценки данной воды на предмет использования ее для поливов сельскохозяйственных культур определялся только солевой состав. Анализ отобранных образцов воды в 3-кратной повторности проведен в эколого-аналитической лаборатории по следующим методикам<sup>10, 11, 12, 13, 14, 15, 16</sup>. Оценка качества вод осуществлена двумя методами – по С. Я. Бездновой и ирригационному коэффициенту К, предложенному Х. Стеблером [9, 10].

---

<sup>10</sup>Массовая концентрация гидрокарбонатов и величина щелочности поверхностных вод суши и очищенных сточных вод. Методика выполнения измерений титриметрическим методом [Электронный ресурс]: РД 52.24.493-2008: введ. в действие с 11.01.20. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

<sup>11</sup>Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовых концентраций натрия, калия, лития, стронция в пробах питьевых, природных и сточных вод методом пламенно-эмиссионной спектрометрии [Электронный ресурс]: ПНД Ф 14.1:2:4.138-98: введ. в действие с 15.12.17. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

<sup>12</sup>Массовая концентрация ионов кальция в водах. Методика измерения титриметрическим методом с трилоном Б [Электронный ресурс]: РД 52.24.403-2018: введ. в действие с 01.10.18. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

<sup>13</sup>Жесткость воды. Методика измерений титриметрическим методом с трилоном Б [Электронный ресурс]: РД 52.24.395-2017: введ. в действие с 01.10.18. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

<sup>14</sup>Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации сульфат-ионов в питьевых, поверхностных, подземных и сточных водах гравиметрическим методом [Электронный ресурс]: ПНД Ф 14.1:2:3:4.240-2007: введ. в действие с 27.10.11. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

<sup>15</sup>Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации хлоридов в пробах природных и сточных вод аргентометрическим методом [Электронный ресурс]: ПНД Ф 14.1:2:3:96-97: введ. в действие с 01.02.17. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

<sup>16</sup>Методические рекомендации по применению методики измерений рН проб вод потенциометрическим методом [Электронный ресурс]: ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97: введ. в действие с 01.02.20. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

**Результаты и обсуждение.** Солевой состав обследуемых вод представлен в таблицах 1 и 2.

**Таблица 1 – Солевой состав воды в заливе Балка Малая Садковка**

**Table 1 – Salt composition of water in the Balka Malaya Sadkovka Bay**

Анион			Катион			pH	Σ солей плотный остаток
Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	Ca	Mg	Na + K		
мг/дм <sup>3</sup>						7,8	1437 1646
258,79	645,52	183,09	99,08	82,13	168,13		
ммоль(экв)/дм <sup>3</sup>							
3,64	6,72	3,00	2,48	3,57	7,31		

**Таблица 2 – Солевой состав воды в заливе Балка Большая Садковка**

**Table 2 – Salt composition of water in the Balka Bolshaya Sadkovka Bay**

Анион			Катион			pH	Σ солей плотный остаток
Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	Ca	Mg	Na + K		
мг/дм <sup>3</sup>						8,1	1426 1692
276,51	675,78	194,27	100,73	80,07	98,67		
ммоль(экв)/дм <sup>3</sup>							
3,89	7,03	3,18	2,52	3,34	4,29		

Как видно из данных таблиц 1 и 2, химизм засоления этих вод имеет сульфатно-натриевый характер. Минерализация по сумме солей в заливе Балка Малая Садковка составляет 1437 мг/дм<sup>3</sup>, а в заливе Балка Большая Садковка – 1426 мг/дм<sup>3</sup>. Реакция воды (pH) равнялась соответственно 7,8 и 8,1, что характеризует ее как слабощелочную, использование которой отрицательно будет сказываться на развитии растений и на формировании почвенных процессов.

В целом качество оросительной воды устанавливается комплексно по многим показателям: минерализация, содержание хлора (Cl), гидрокарбонатов (CO<sub>3</sub> и HCO<sub>3</sub>), кальция (Ca), натрия (Na) и магния (Mg).

Оценка качества оросительной воды по степени влияния на почвы представлена в таблице 3. Как видно из данных таблицы 3, по минерализации вода обоих заливов относится к IV классу. Содержание Cl составляет соответственно 3,64 и 3,89 ммоль(экв)/дм<sup>3</sup> (II класс), что указывает на возможность проявления хлоридного засоления почв при поливах такой водой. Негативные процессы, такие как натриевое и магниевое осолонцевание, а также содообразование, могут формироваться при орошении водой II и IV классов (см. таблицу 3).

**Таблица 3 – Оценка качества оросительной воды по воздействию на почвы**

**Table 3 – Assessment of irrigation water quality in terms of its impact on soils**

Минерализация		Оценка воды по степени опасности процесса							
мг/дм <sup>3</sup>	класс	хлоридное засоление		натриевое осолонцевание		магниевое осолонцевание		содообразование	
		Cl	класс	$\frac{Ca}{Na}$	класс	$\frac{Mg}{Mg + Ca}$	класс	(CO <sub>3</sub> + HCO <sub>3</sub> – Ca) + Na + Mg	класс
Залив Балка Малая Садковка									
1646	IV	3,64	II	0,34	IV	0,59	II	1,04	II
Залив Балка Большая Садковка									
1692	IV	3,89	II	0,59	III	0,57	II	1,32	III
Примечание – Концентрация ионов выражена в ммоль(экв)/дм <sup>3</sup> .									

Кроме оценки почв по С. Я. Бездниной нами уточнено качество воды по ирригационным коэффициентам Стеблера (таблица 4).

**Таблица 4 – Оценка качества воды по ирригационному коэффициенту (по Стеблеру)**

**Table 4 – Assessment of water quality by irrigation coefficient (according to Stebler)**

Источник (залив)	Ирригационный коэффициент (К) по Стеблеру					
	$K = \frac{288}{5} Cl$	Оценка	$K = \frac{288}{2} Na + 4 Cl$	Оценка	$K = \frac{288}{10} Na + 5 Cl + 9 SO_4$	Оценка
Балка Малая Садковка	15,8	удовлетворительная	9,9	удовлетворительная	1,7	неудовлетворительная
Балка Большая Садковка	14,8	удовлетворительная	11,9	удовлетворительная	2,3	неудовлетворительная

Примечание – 288 – безразмерный эмпирический коэффициент; Cl, Na, SO<sub>4</sub> – концентрации хлора, натрия и сульфат-иона, ммоль(экв)/дм<sup>3</sup>.

С учетом наличия в исследуемых водах натрия, хлора и сульфатов (SO<sub>4</sub>) ирригационный коэффициент по Стеблеру составил в заливе Балка Малая Садковка 1,7, в заливе Балка Большая Садковка – 2,3, что указывает на неудовлетворительный состав воды. Это согласуется с данными оценки поливной воды по С. Я. Бездниной.

Для более широкого понимания воздействия на плодородие почв и урожайность возделываемых культур существует характеристика классов оросительной воды [9].

Использование для орошения слабоминерализованных вод во многом определяется свойствами почв, а именно гранулометрическим составом, водопроницаемостью, исходным засолением и осолонцеванием, структурным состоянием и плотностью сложения почв, наличием гумуса.

Допустимая минерализация вод при использовании для орошения с учетом свойств почв показана в таблице 5.

**Таблица 5 – Допустимая минерализация вод при использовании их для орошения**  
В г/дм<sup>3</sup>

**Table 5 – Permissible mineralization of waters when used for irrigation**

Почвенные мелиоративные условия	In g/dm <sup>3</sup>	
	Σ солей	Cl-ионы
Тяжелые слабопроницаемые и слабодренируемые почвы при близком залегании грунтовых вод (ГВ) (до 1,5 м)	1,5–2,0	0,15–0,20
Средние по водопроницаемости и дренированности почвы при глубине ГВ 1,5–3,0 м	3,0–4,0	0,40–0,50
Легкие песчаные и супесчаные хорошо дренируемые почвы с глубоким залеганием ГВ (> 3–4 м)	5,0–6,0	0,70–0,80

Из данных таблицы 5 видно, что обследуемые нами воды с минерализацией 1,6 г/дм<sup>3</sup> и содержанием Cl 0,25–0,27 г/дм<sup>3</sup> можно применять на тяжелых слабопроницаемых и слабодренируемых почвах даже при близком залегании грунтовых вод, но при этом следует проводить мониторинг мелиоративного состояния почв, чтобы вовремя провести профилактические мероприятия для недопущения возникновения негативных почвенных процессов. Они включают фосфогипсование, мелиоративные обработки, унавоживание и сидерацию.

При применении слабоминерализованных вод необходимо сокращать водные

нагрузки на почвы, т. е. уменьшать поливные нормы. Для получения планируемой урожайности возделываемых культур при сохранении почвенного плодородия допускается снижение поливных норм до 20 %.

Для почв, орошаемых слабоминерализованными водами, необходимо в севооборот вводить фитомелиоранты. Они не только обеспечивают рассоление и рассолонцевание вторично засоленных почв, но и не допускают проявление этих процессов. Данные культуры обладают средообразующей и средовосстанавливающей способностью.

Для введения в севообороты, орошаемые слабоминерализованной водой, в составе компонентов многолетних кормосмесей рекомендуется использовать костер безостый, ежу сборную, козлятник восточный, тимофееву луговую.

Из однолетних фитомелиорантов наиболее значимыми являются суданская трава, соя, сорго, нут.

В случае наличия засоления и солонцеватости на участках, подлежащих орошению слабоминерализованной водой, следует провести почвенно-мелиоративное обследование для разработки мероприятий по снижению негативных процессов, согласно свойствам почв рассчитать дозы мелиорантов (фосфогипса) и органики, глубину разрыхляемого слоя и т. д.

**Выводы.** Оросительная вода заливов Балка Малая Садковка и Балка Большая Садковка относится к II и IV классам. При ее использовании в почвах могут возникнуть процессы хлоридного засоления, натриевого и магниевого осолонцевания, а также содообразования, что ухудшит почвенное плодородие и снизит урожайность возделываемых культур.

При применении слабоминерализованных вод необходимо сокращать водные нагрузки на почвы, т. е. уменьшать поливные нормы. Для получения планируемой урожайности возделываемых культур при сохранении почвенного плодородия допускается снижение поливных норм до 20 %.

Для предотвращения проявления негативных процессов следует периодически проводить мониторинг свойств почв.

В случае деградации почвенного покрова при орошении слабоминерализованной водой следует провести профилактические мероприятия, включающие фосфогипсование, мелиоративные обработки, унавоживание и сидерацию.

В севообороты на таких полях следует вводить фитомелиоранты. Они не только обеспечивают рассоление и рассолонцевание вторично засоленных почв, но и не допускают проявление этих процессов. Данные культуры обладают средообразующей и средовосстанавливающей способностью.

#### Список источников

1. Липски С. А. Состояние и использование земельных ресурсов России: тенденции текущего десятилетия // Проблемы прогнозирования. 2020. № 4. С. 107–114.

2. Вальков В. Ф., Казеев К. Ш., Колесников С. И. Экология почв: учеб. пособие. Ч. 2. Ростов н/Д.: РГУ, 2004. 54 с.

3. Система мелиоративных мероприятий по регулированию почвенных процессов, способствующих повышению плодородия для различных типов почв и улучшению экологического состояния орошаемых земель / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, В. Ц. Челахов, О. Ю. Шалашова. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2019. 77 с.

4. Базавлук В. А. Инженерное обустройство территорий. Мелиорация: учеб. пособие. М.: Юрайт, 2020. 139 с.

5. Васильев С. М., Домашенко Ю. Е. Ретроспективный анализ изменения поч-

венно-мелиоративных условий орошаемых почв юга Ростовской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 3. С. 17–24.

6. Щедрин В. Н., Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. Гумусное состояние различных типов почв при длительном орошении // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2017. № 4(28). С. 1–19. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=506&id=507> (дата обращения: 10.08.2022).

7. Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. Состояние черноземов южных, орошаемых слабоминерализованной водой // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 4(72). С. 102–107.

8. Влияние мелиорации поливных вод на свойства почв / В. И. Савич, Н. Н. Дубенок, В. Н. Гукалов, Г. Б. Подволоцкая // Международный сельскохозяйственный журнал. 2014. № 5. С. 34–36.

9. Руководство по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, О. Ю. Шалашова, Г. И. Табала; под ред. В. Н. Щедрина. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2017. 137 с.

10. Никаноров А. М. Научные основы мониторинга качества воды. СПб.: Гидрометеиздат, 2005. 577 с.

## References

1. Lipski S.A., 2020. *Sostoyanie i ispol'zovanie zemel'nykh resursov Rossii: tendentsii tekushchego desyatiletiya* [State and use of land resources in Russia: trends of the current decade]. *Problemy prognozirovaniya* [Problems of Forecasting], no. 4, pp. 107-114. (In Russian).

2. Val'kov V.F., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I., 2004. *Ekologiya pochv: uchebnoe posobie* [Soil Ecology: textbook]. Pt. 2, Rostov-on-Don, RGU, 54 p. (In Russian).

3. Shchedrin V.N., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., Chelakhov V.Ts., Shalashova O.Yu., 2019. *Sistema meliorativnykh meropriyatiy po regulirovaniyu pochvennykh protsessov, sposobstvuyushchikh povysheniyu plodorodiya dlya razlichnykh tipov pochv i uluchsheniya ekologicheskogo sostoyaniya oroshaemykh zemel'* [The System of Reclamation Measures to Regulate Soil Processes, Contributing to the Increase in Various Types of Soils Fertility and Improvement in the Ecological State of Irrigated Lands]. Novocherkassk, RosNIIPM, 77 p. (In Russian).

4. Bazavluk V.A., 2020. *Inzhenernoe obustroystvo territoriy. Melioratsiya: uchebnoe posobie* [Engineering Arrangement of Territories. Land Reclamation: textbook]. Moscow, Yurayt Publ., 139 p. (In Russian).

5. Vasiliev S.M., Domashenko Yu.E., 2016. *Retrospektivnyy analiz izmeneniya pochvenno-meliorativnykh usloviy oroshaemykh pochv yuga Rostovskoy oblasti* [Retrospective analysis of changes in soil and reclamation conditions of irrigated soils in the south of Rostov region]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Bull. of Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education], no. 3, pp. 17-24. (In Russian).

6. Shchedrin V.N., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., 2017. [Humus state of various types of soils by prolonged irrigation]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 4(28), pp. 1-19, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=506&id=507> [accessed 10.08.2022]. (In Russian).

7. Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., 2018. *Sostoyanie chernozemov yuzhnykh, oroshaemykh slabomineralizovannoy vodoy* [The state of southern chernozems irrigated with low mineralized water]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 4(72), pp. 102-107. (In Russian).

---

8. Savich V.I., Dubenok N.N., Gukalov V.N., Podvolotskaya G.B., 2014. *Vliyanie melioratsii polivnykh vod na svoystva pochv* [Influence of irrigation water reclamation on soil properties]. *Mezhdunarodnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal* [International Agricultural Journal], no. 5, pp. 34-36. (In Russian).

9. Shchedrin V.N., Balakay G.T., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., Shalashova O.Yu., Tabala G.I., 2017. *Rukovodstvo po kontrolyu i regulirovaniyu pochvennogo plodorodiya oroshaemykh zemel'* [Guidelines for the Control and Regulation of Soil Fertility of Irrigated Lands]. Novocherkassk, RosNIIPM, 137 p. (In Russian).

10. Nikanorov A.M., 2005. *Nauchnye osnovy monitoringa kachestva vody* [Scientific Bases of Water Quality Monitoring]. St. Petersburg, Gidrometeoizdat Publ., 577 p. (In Russian).

---

#### ***Информация об авторах***

**Л. М. Докучаева** – ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук;

**Р. Е. Юркова** – ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук;

**С. А. Селицкий** – старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук.

#### ***Information about the authors***

**L. M. Dokuchayeva** – Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences;

**R. Ye. Yurkova** – Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences;

**S. A. Selitskiy** – Senior Researcher, Candidate of Agricultural Sciences.

*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 19.08.2022; одобрена после рецензирования 22.08.2022; принята к публикации 30.08.2022.*

*The article was submitted 19.08.2022; approved after reviewing 22.08.2022; accepted for publication 30.08.2022.*

Обзорная статья  
УДК 635.64:631.67

### Особенности возделывания томатов открытого грунта на мелиорированных землях

**Ирина Владимировна Гурина**

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,  
Российская Федерация, i-gurina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4045-3480>

**Аннотация. Цель:** изучить современные подходы к определению способов выращивания томатов на мелиорированных землях, а также норм и сроков их посева или посадки. **Обсуждение.** В открытом грунте томат выращивают безрассадным и рассадным способами. Рассадный способ позволяет экономить посевной материал, получать продукцию в более ранние сроки, высаживать рассаду в оптимальные сроки, чтобы избежать поражения весенними заморозками, выращивать томаты на почвах, склонных к образованию корки, создавать оптимальную густоту стояния растений. Недостаток этого способа состоит в повреждении корневых систем растений при посадке, из-за чего снижается их устойчивость. Анализ исследований, посвященных этому вопросу, позволил установить важность подбора оптимальной схемы посева или посадки томатов, от нее зависит площадь питания растений, условия их освещения, устойчивость к поражению болезнями и вредителями, складывающийся водно-воздушный режим, что в комплексе определяет показатели продуктивности, а следовательно, и экономическую эффективность технологии возделывания. Многие исследователи отмечают, что универсальной схемы посева или посадки для открытого грунта не существует. На ее выбор влияют тип почвы, характеристики используемого сорта или гибрида, применяемые при возделывании технические средства, а также выбранный способ орошения. **Выводы.** Анализ многочисленных результатов исследований показал, что универсальные рекомендации по данным вопросам отсутствуют. При разработке технологий возделывания томата оптимальные параметры устанавливаются по результатам исследований.

**Ключевые слова:** томаты, технология возделывания, орошение, урожайность, рассадный способ выращивания, безрассадный способ выращивания, схема посева, схема посадки

\*\*\*\*\*

Review article

### Features of tomato cultivation in open ground on reclaimed land

**Irina V. Gurina**

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,  
Russian Federation, i-gurina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4045-3480>

**Abstract. Purpose:** to study current approaches to determining the tomato growing methods on reclaimed lands, as well as the norms and terms of their sowing or planting. **Discussion.** Tomato is grown in open ground in seedling and seedless cultivation methods. The seedling method allows to save seed, get yield earlier, plant seedlings in reasonable time to avoid damage by spring frosts, grow tomatoes on soils prone to crusting, and create optimal plant density. The disadvantage of this method is the damage of plant root systems during planting, which reduces their stability. An analysis of studies devoted to this issue made it possible to determine the importance of choosing the optimal scheme for sowing or planting tomatoes, as it determines the plant nutrition area, their lighting conditions, resistance to dis-



eases and pests, the emerging water-air regime, which together determines productivity indicators and, consequently, the economic efficiency of cultivation technology. Many researchers note that there is no universal sowing or planting scheme for open ground. Its choice is influenced by the soil type, the characteristics of the variety or hybrid used, the technical means used in cultivation, as well as the chosen method of irrigation. **Conclusions.** An analysis of numerous research results has shown that there are no universal recommendations on these issues. When developing tomato cultivation technologies, the optimal parameters are established on the basis of research results.

**Keywords:** tomatoes, cultivation technology, irrigation, crop yield, seedling growing method, seedless growing method, sowing scheme, planting scheme

**Введение.** В современных условиях томат является одной из широко распространенных и популярных овощных культур в мире. Более половины мирового производства томатов сосредоточено в таких странах, как Китай, Индия, Турция, США, Египет [1]. В нашей стране, по данным Минсельхоза, в открытом грунте выращивается более 2,0 млн т томатов, но эти объемы только наполовину обеспечивают потребности населения. Дефицит покрывается за счет импортной продукции, которая поставляется из Азербайджана, Китая, Марокко и других стран [2]. Увеличение самообеспеченности томатами – актуальная задача современности, ее решение состоит в разработке технологий возделывания томатов открытого грунта, внедрение которых увеличит их производство при эффективном использовании ресурсов, сохранении и повышении плодородия мелиорированных земель. Важным элементом технологии возделывания томатов является посев, включающий определение норм, сроков, способов посева семян и посадки рассады при их культивировании в условиях открытого грунта. В связи с этим цель настоящего исследования состояла в изучении современных подходов к определению способов выращивания томатов на мелиорированных землях, а также норм и сроков их посева или посадки.

**Обсуждение.** В открытом грунте томат выращивают безрассадным и рассадным способами [3–6]. Преимуществами рассадного способа являются: экономия посевного материала, получение продукции в более ранние сроки, что дает больший экономический эффект, высадка рассады в оптимальные сроки, что позволяет избежать поражения весенними заморозками, возможность выращивания на почвах, склонных к образованию корки, создание оптимальной густоты стояния растений [7–9]. Недостаток этого способа – повреждение корневой системы растений при посадке, из-за чего снижается их устойчивость [3, 8]. Приживаемость рассады, выращенной кассетным способом, выше, поскольку при ее пересадке не травмируется корневая система [3].

Получение качественных всходов невозможно без подготовленного посевного материала, прошедшего специальные исследования и обработку и имеющего сертификат соответствия качества [7, 8]. Всхожесть семян, используемых для посева, должна быть не менее 85 %. С целью увеличения всхожести и жизнеспособности семена обрабатывают различными способами: замачивание, термообработка и обработка биопрепаратами, химическое протравливание, физические методы [3, 7, 8, 10, 11].

При возделывании томата в безрассадной культуре посев проводят в подготовленную, влажную почву, прогретую на глубине 5–12 см до плюс 10–12 °С. На юге нашей страны это ориентировочно конец марта – апрель. Глубина заделки семян при детерминантном типе куста составляет от 4 до 5 см, при штамбовом – не более 3 см. Заделка семян на большую или меньшую глубины не рекомендована, так как приводит к гибели всходов вследствие затруднения выхода ростков на поверхность (в первом случае) и пересыхания верхнего слоя почвы (во втором). Норма высева определяется конкретными условиями: используемый сорт (гибрид) томата, схема посева, тип сеял-

ки, качество подготовки почвы. По рекомендациям А. И. Грушанина, Л. В. Есауловой и др. [3, 7, 8], норма высева может составлять 0,2–0,8 кг/га. Для посева рекомендуется использовать сеялки точного высева типа «Гаспардо», «Стенхей», «Моносем» или сеялки с микропроцессорным управлением и контролем высева типа «Клен». Подобные сеялки создают посевное ложе и равномерно распределяют семена и по глубине заделки, и по густоте [3, 7].

Способ посева томатов обуславливается многообразием факторов, условий и технологий возделывания этой овощной культуры. На выбор влияют тип почвы, характеристики используемого сорта или гибрида, применяемые при возделывании технические средства, выбранный способ орошения [3, 7, 8]. Многие авторы указывают на важность подбора оптимальной схемы, поскольку от этого зависит площадь питания растений, условия их освещения, устойчивость к поражению болезнями и вредителями, складывающийся водно-воздушный режим, что в комплексе определяет показатели продуктивности, а следовательно, и экономическую эффективность применяемой технологии возделывания [12–15].

В условиях Краснодарского края рекомендуются схемы посева: 90 + 50; 120 + 60; 110 + 30 см. При этом учитываются колеи трактора и ширина захвата машин и оборудования для уходных работ и уборки [7].

Ряд специалистов отмечают, что при капельном орошении безрассадного томата пригодны одно- и двустрочные схемы посева с шириной междурядий 90, 120, 140, 160, 180 см и расстояниями между растениями 30–50 см. Оптимальная густота стояния – 25–45 тыс. растений на 1 га [3, 8].

В исследованиях П. М. Ахмедовой [13] отмечено, что рост продуктивности определяется густотой стояния растений, при ленточной и однострочной схеме посева он зависит от продуктивности одного гнезда, которая, в свою очередь, складывается из продуктивности каждого растения. Чем меньше в гнезде растений, тем больше сбор с одного растения. При ленточных схемах оптимальное количество растений в одном гнезде – два, при схеме 140 × 30 см – три. В результате исследований влияния схем посева и густоты стояния растений на продуктивность томата сорта Ляна, возделываемого в условиях Дагестана, установлено, что при схеме посева 90 + 50 × 30 см валовой сбор с 1 га площади составил 73,2 т, при посеве по схеме 120 + 40 × 30 см – 86,2 т. Максимальный сбор продукции получили при густоте до 82 тыс. растений на 1 га, когда в одном гнезде было два растения томата. Полевыми опытами была подтверждена нецелесообразность дальнейшего загущения посевов [14]. В результате применения однострочной схемы 140 × 30 см было зафиксировано снижение урожайности томатов до 65 т/га. При данной схеме более благоприятные условия для роста и развития томата складывались при 69 тыс. растений на 1 га. Увеличение загущенности посевов задерживало начало цветения и созревания плодов, но положительно влияло на дружность цветения и созревания, увеличивало содержание сухого вещества на 0,2–0,4 %, суммы сахаров – на 0,26–0,84 %, аскорбиновой кислоты – на 3,3 мг% [13, 14].

В Ростовской области томаты в безрассадной культуре рекомендуется высевать по схемам 120 + 60; 110 + 70; 90 + 50; 100 + 40 см, при этом расстояние между растениями в рядах составляет: на тяжелых высокоплодородных почвах – 20–30 см, на почвах среднего механического состава – 20–25 см, на легких – до 14–18 см. Густота стояния растений варьирует от 50–60 до 80 тыс. шт./га. Эти же схемы посева применяются при механизированной уборке плодов комбайнами, однако расстояния в рядах принимают другие: для растений с компактным кустом малых размеров – до 5–6 см, с компактным кустом средних размеров – от 6–7 до 7–10 см, для растений с длинным и облиственным стеблем: при схемах 120 + 60; 110 + 70 см – 7–10 см, при схемах 90 + 50;

100 + 40 см – 10–13 см. Количество растений на 1 га при этом варьирует от 110–150 до 240–250 тыс. шт. [15].

Р. С. Масный, С. М. Васильев и др. [15] рекомендуют рассчитывать оптимальную густоту стояния растений. Она должна быть для индетерминантных сортов в пределах 30–60 тыс. шт./га, для детерминантных – 35–60 тыс. шт./га, для штамбовых – 40–75 тыс. шт./га. В условиях сухостепной и степной зон Кабардино-Балкарии томаты открытого грунта, выращиваемые для переработки, высевают по ленточной двустрочной схеме 90 + 50 см с расстоянием в ряду 25 см на глубину 2–3 см. Норма высева при посеве отечественными овощными сеялками составляет 3–4 кг/га, сеялками точного высева – 0,5–0,7 кг/га. Оптимальное количество растений – 60–200 тыс. шт./га. При таких значениях условия для роста и развития растений наиболее благоприятны. В связи с этим в фазах семядольных, одного-двух и четырех-пяти настоящих листьев проводят прореживание и последующую прорывку в гнездах [16]. Сроки посева устанавливаются в зависимости от длительности периода вегетации конкретного сорта или гибрида томата и начала наступления безморозного периода. Если продолжительность периода вегетации сорта томата составляет 120 дней, окончание безморозного периода в данной зоне наступает в начале октября, то рекомендуемый срок посева – за 130 дней до наступления заморозков. Проведенными исследованиями были установлены наилучшие показатели продуктивности томата сорта Венета (35 т/га), несколько ниже у сорта Факел (34,9 т/га) [17].

Рассадный способ выращивания томата используется, как правило, для получения ранней продукции. С этой целью высаживают рассаду 60–65-дневного возраста во II–III декаде апреля под пленочное укрытие. Для других целей используют 25–45-дневную рассаду. Для получения продукции в ранние сроки томаты открытого грунта также выращивают рассадой на гряде с использованием пленочного мульчирующего покрытия, что позволяет сберечь влагу в прикорневом слое. Однако такая технология требует дополнительных затрат [3, 7, 8]. Рассада для высадки должна соответствовать следующим требованиям: высота растений – не более 30–35 см, толщина стебля – 0,8–1,0 см, под первой цветочной кистью – не менее 9–10 листьев [7, 15].

Закаленная рассада высаживается рассадопосадочными машинами или вручную, когда нет заморозков, в пасмурные дни или вечером [3, 7, 15].

В Крыму исследовались рост и развитие растений томата при рассадном способе посадки [18]. Установлено, что на рост и развитие рассады, выращиваемой в защищенном грунте, влияли сроки посева, сортовые особенности, микроклимат. За годы исследований более позднее заложение первого соцветия наблюдалось у растений томата Каспар F1. Растениями сорта Свитанок и гибрида Каспар F1 было сформировано на первых трех соцветиях более 20 цветков. Наибольшее количество плодов (12 шт.) сформировал гибрид Полсет F1. В открытый грунт рассаду высаживали по схеме 70 × 30 см рядовым способом посадки в начале второй декады мая. В почвенно-климатических условиях предгорного Крыма более раннее плодоношение (с I–II декады июля) наблюдалось у томатов сорта Ария и гибрида Полсет F1. Наибольшая продуктивность была получена у томата Гектор F1: в среднем за 3 года исследований – 46 т/га [18].

В Калмыкии было изучено влияние различных схем посадки томатов на их продуктивность [19]. Посадки по схемам 140 × 20; 90 + 50 × 40 см положительно повлияли на рост и развитие растений (биометрические показатели были наилучшими). В квадратно-гнездовых схемах 70 × 70; 80 × 80 см растения вытягивались из-за затенения. Наибольшая урожайность была получена при высадке рассады по схеме 140 × 20 см: у индетерминантных сортов Калмыцкий жаростойкий и Новый-1 – 48,6–49,2 т/га, у детерминантных сортов Новичок и Моряна – 45,9–46,7 т/га [19].

На юге Украины исследовали продуктивность томатов при разных схемах высадки рассады: при схеме  $140 \times 20$  см густота стояния растений – 36,4 тыс. шт./га;  $140 \times 15$  см – 47,5 тыс. шт./га;  $152 \times 23$  см – 28,0 тыс. шт./га;  $152 \times 15$  см – 43,4 тыс. шт./га. Установлено, что на капельном орошении при посадке рассады по схемам  $140 \times 15$ ;  $152 \times 15$  см с густотой стояния растений 47,5 и 43,4 тыс. шт./га соответственно в среднем за 2 года исследований с 1 га площади было получено 116–118 т плодов [20].

**Выводы.** Таким образом, результаты изучения многочисленных исследований способов посева и посадки рассады томата, а также норм и сроков посева и посадки на мелиорированных землях показали, что универсальные рекомендации по данным вопросам отсутствуют. При разработке технологии возделывания томата открытого грунта на мелиорированных землях оптимальные параметры данного элемента технологического процесса устанавливаются опытными путями.

#### Список источников

1. World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2021 / FAO. Rome, 2021. 368 p.
2. Эффективность комплексного применения удобрений и капельного орошения при выращивании томата в условиях Московской области / Д. И. Енгальчев, Н. А. Енгальчева, А. М. Меньших, С. С. Пастухова // Орошаемое земледелие. 2019. № 2. С. 15–16. DOI: 10.35809/2618-8279-2019-2-4.
3. Янчук А. Выращивание томата в открытом грунте для потребления в свежем виде // Овощеводство. 2010. № 3. С. 40–44.
4. Соромотина Т. В. Практикум по овощеводству. Пермь: Прокрость, 2016. 305 с.
5. Иванченко Т. В. Выращивание томатов в Нижнем Поволжье // Фермер. Поволжье. 2019. № 3(80). С. 42–46.
6. Sensory traits and consumer's perceived quality of traditional and modern fresh market tomato varieties: A study in three European countries / F. Sinesio, M. Cammareri, V. Cottet, L. Fontanet, M. Jost, E. Moneta, S. Palombieri, M. Reparato, R. Romero del Castillo, E. Saggia Civitelli, P. Spigno, A. Vitiello, B. Navez, J. Casals, M. Causse, A. Granell, S. Grandillo // Foods. 2021. № 10(11). 2521. <https://doi.org/10.3390/foods10112521>.
7. Грушанин А. И., Есаулова Л. В., Бут Н. Н. Технология выращивания томата в открытом грунте на Кубани: рекомендации / под общ. ред. С. В. Гаркуша. Краснодар, 2016. 37 с.
8. Туманян А. Ф., Ха Тхи Тхань Диеп. Агротехника возделывания томатов в аридной зоне // Научно-агрономический журнал. 2010. № 1–2(87). С. 38–42.
9. Современные технологические приемы возделывания овощных культур: науч. обзор / Г. Т. Балакай, Л. А. Воеводина, А. Н. Бабичев, В. А. Кулыгин, Н. И. Балакай, М. В. Евтухов. Новочеркасск, 2011. 102 с.
10. Кузьменко В. И., Яровой Г. И. Влияние предпосевной обработки семян томата на их посевные качества и пораженность болезнями // Овощи России. 2015. № 1(26). С. 60–63.
11. Влияние обработки лазером на посевные качества семян и урожай томатов / Е. П. Киселев, В. И. Зайков, В. И. Чернышев, Н. С. Аликина // Овощи России. 2013. № 2(19). С. 42–46.
12. Шибзухова З. С., Шахмурзова А. В. Влияние густоты посадки и уровня минерального питания на биометрические показатели растений томата // Инновационные технологии отечественной селекции и семеноводства: сб. тез. по материалам II Науч.-практ. конф. молодых ученых Всерос. форума по селекции и семеноводству. Краснодар, 2018. С. 217–219.
13. Ахмедова П. М. Влияние схем посева семян и густоты стояния растений на

продуктивность и среднюю массу плодов скороспелого сорта томата Ляна // Овощи России. 2014. № 4(25). С. 68–71.

14. Ахмедова П. М. Площадь листовой поверхности и продуктивность фотосинтеза у скороспелых сортов томата // Овощи России. 2013. № 4(21). С. 54–57.

15. Рекомендации по технологии возделывания овощных культур в открытом и закрытом грунтах для условий Ростовской области / Р. С. Масный, С. М. Васильев, А. Н. Бабичев, В. А. Монастырский, В. Иг. Ольгаренко, Д. П. Сидаренко, А. А. Бабенко. Новочеркасск: РосНИИППМ, 2021. 56 с.

16. Шибзухов З. С., Езаов А. К. Агротехника выращивания томата в условиях КБР // NovaInfo. 2016. № 57. С. 108–113.

17. Езаов А. К., Мирзоева З. М., Шибзухов З. С. Продуктивность различных сортов томата в условиях степной зоны КБР // NovaInfo. 2016. № 54. С. 72–76.

18. Кеньо И. М. Агробиологическая оценка раннеспелых сортов и гибридов томата при рассадном способе выращивания в условиях Предгорного Крыма // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 5(55). С. 66–67.

19. Оконов М. М., Батыров В. А., Убушаева С. В. Влияние густоты стояния на рост, развитие и продуктивность томата в условиях Нижнего Поволжья // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2016. № 4(14). С. 13–20.

20. Сидякина Е. В., Шангарь А. С. Влияние схемы посадки рассады на урожайность плодов томата в условиях капельного орошения Юга Украины // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2015. № 2(58). С. 75–78.

## References

1. World Food and Agriculture - Statistical Yearbook 2021. FAO, Rome, 2021, 368 p.  
2. Engalychev D.I., Engalycheva N.A., Men'shikh A.M., Pastukhova S.S., 2019. *Effektivnost kompleksnogo primeneniya udobreniy i kapel nogo orosheniya pri vyrashchivaniy tomata v usloviyakh Moskovskoy oblasti* [The effectiveness of the integrated application of fertilizers and drip irrigation when growing tomatoes in Moscow region]. *Oroshaemoe zemledelie* [Irrigated Agriculture], no. 2, pp. 15-16, DOI: 10.35809/2618-8279-2019-2-4. (In Russian).

3. Yanchuk A., 2010. *Vyrashchivanie tomata v otkrytom grunte dlya potrebleniya v svezhem vide* [Cultivation of tomato in open ground for fresh consumption]. *Ovoshchevodstvo* [Vegetable Growing], no. 3, pp. 40-44. (In Russian).

4. Soromotina T.V., 2016. *Praktikum po ovoshchevodstvu* [Workshop on Vegetable Growing]. Perm, Prokrost' Publ., 305 p. (In Russian).

5. Ivanchenko T.V., 2019. *Vyrashchivanie tomatov v Nizhnem Povolzh'e* [Growing tomatoes in the Lower Volga region]. *Fermer. Povolzh'e* [Farmer. Volga], no. 3(80), pp. 42-46. (In Russian).

6. Sinesio F., Cammareri M., Cottet V., Fontanet L., Jost M., Moneta E., Palombieri S., Pepparaio M., Romero del Castillo R., Saggia Civitelli E., Spigno P., Vitiello A., Navez B., Casals J., Causse M., Granell A., Grandillo S., 2021. Sensory traits and consumer's perceived quality of traditional and modern fresh market tomato varieties: A study in three European countries. *Foods*, no. 10(11), 2521, <https://doi.org/10.3390/foods10112521>.

7. Grushanin A.I., Esaulova L.V., But N.N., 2016. *Tekhnologiya vyrashchivaniya tomata v otkrytom grunte na Kubani: rekomendatsii* [Technology for Growing Tomatoes in the Open Ground in the Kuban. Recommendations]. Krasnodar, 37 p. (In Russian).

8. Tumanyan A.F., Ha Thi Thanh Diep, 2010. *Agrotekhnika vozdelevaniya tomatov v aridnoy zone* [Agrotechnics of cultivation of tomatoes in the arid zone]. *Nauchno-agronomicheskii zhurnal* [Scientific and Agronomic Journal], no. 1-2(87), pp. 38-42. (In Russian).

9. Balakay G.T., Voevodina L.A., Babichev A.N., Kulygin V.A., Balakai N.I., Evtukhov M.V., 2011. *Sovremennye tekhnologicheskie priemy vozdeliyvaniya ovoshchnykh kul tur: nauchnyy obzor* [Modern Technological Methods of Vegetable Crops Cultivation: Scientific Review]. Novocherkassk, 102 p. (In Russian).

10. Kuzmenko V.I., Yarovoy G.I., 2015. *Vliyanie predposevnoy obrabotki semyan tomatov na ikh posevnye kachestva i porazhennost boleznyami* [Influence of pre-sowing treatment of tomato seeds on their sowing qualities and diseases damages]. *Ovoshchi Rossii* [Vegetable Crops of Russia], no. 1(26), pp. 60-63. (In Russian).

11. Kiselev E.P., Zaikov V.I., Chernyshev V.I., Alikina N.S., 2013. *Vliyanie obrabotki lazerom na posevnye kachestva semyan i urozhay tomatov* [Effect of laser treatment on sowing qualities of seeds and tomato yield]. *Ovoshchi Rossii* [Vegetable Crops of Russia], no. 2(19), pp. 42-46. (In Russian).

12. Shibzukhova Z.S., Shakhmurzova A.V., 2018. *Vliyanie gustoty posadki i urovnya mineralnogo pitaniya na biometricheskie pokazateli rasteniy tomatov* [Influence of planting density and level of mineral nutrition on the biometric indicators of tomato plants]. *Innovatsionnye tekhnologii otechestvennoy seleksii i semenovodstva: sbornik tezisov po materialam II Nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh Vserossiyskogo foruma po seleksii i semenovodstvu* [Innovative Technologies of Domestic Breeding and Seed Production: Proc. of II Scientific-Practical Conference of Young Scientists of All-Russian Forum on Selection and Seed Production]. Krasnodar, pp. 217-219. (In Russian).

13. Akhmedova P.M., 2014. *Vliyanie skhem poseva semyan i gustoty stoyaniya rasteniy na produktivnost i srednyuyu massu plodov skorospelogo sorta tomatov Lyana* [Influence of sowing schemes and plant density on productivity and average fruit weight of the early-ripening tomato cultivar Lyana]. *Ovoshchi Rossii* [Vegetable Crops of Russia], no. 4(25), pp. 68-71. (In Russian).

14. Akhmedova P.M., 2013. *Ploshchad listovoy poverkhnosti i produktivnost fotosinteza u skorospelykh sortov tomatov* [Leaf area duration and photosynthesis yield in early maturing tomato varieties]. *Ovoshchi Rossii* [Vegetables of Russia], no. 4(21), pp. 54-57. (In Russian).

15. Masny R.S., Vasiliev S.M., Babichev A.N., Monastyrsky V.A., Olgarenko V.Ig., Sidarenko D.P., Babenko A.A., 2021. *Rekomendatsii po tekhnologii vozdeliyvaniya ovoshchnykh kul tur v otkrytom i zakrytom gruntakh dlya usloviy Rostovskoy oblasti* [Recommendations on the technology of cultivation of vegetable crops in open and closed soils for the conditions of the Rostov region]. Novocherkassk, RosNIIPM, 56 p. (In Russian).

16. Shibzukhov Z.S., Ezaov A.K., 2016. *Agrotekhnika vyrashchivaniya tomatov v usloviyakh KBR* [Agrotechnics of growing tomato under the conditions of the KBR]. *NovaInfo* [NovaInfo], no. 57, pp. 108-113. (In Russian).

17. Ezaov A.K., Mirzoeva Z.M., Shibzukhov Z.S., 2016. *Produktivnost razlichnykh sortov tomatov v usloviyakh stepnoy zony KBR* [Productivity of various tomato varieties under the conditions of the steppe zone of the KBR]. *NovaInfo* [NovaInfo], no. 54, pp. 72-76. (In Russian).

18. Kenyo I.M., 2015. *Agrobiologicheskaya otsenka rannespelykh sortov i gibridov tomatov pri rassadnom sposobe vyrashchivaniya v usloviyakh Predgornogo Kryma* [Agrobiological assessment of early ripening varieties and hybrids of tomato with seedling cultivation under the conditions of the Piedmont Crimea]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Orenburg State Agrarian University], no. 5(55), pp. 66-67. (In Russian).

19. Okonov M.M., Batyrov V.A., Ubushaeva S.V., 2016. *Vliyanie gustoty stoyaniya na rost, razvitie i produktivnost tomatov v usloviyakh Nizhnego Povolzhya* [The effect of plant density on the growth, development and productivity of tomato under the conditions of the Lower Volga region]. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo agrarnogo univer-*

---

*siteta im. V. M. Kokova* [Bulletin of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V. M. Kokov], no. 4(14), pp. 13-20. (In Russian).

20. Sidiyakina E.V., Shangar A.S., 2015. *Vliyanie skhemy posadki rassady na urozhaynost plodov tomata v usloviyakh kapel nogo orosheniya Yuga Ukrainy* [Influence of the seedling planting scheme on the yield of tomato fruits under drip irrigation in the South of Ukraine]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 2(58), pp. 75-78. (In Russian).

---

***Информация об авторе***

**И. В. Гурина** – ведущий научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, доцент.

***Information about the author***

**I. V. Gurina** – Leading Researcher, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor.

*Автор несет ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других нарушений в сфере этики научных публикаций.*

*The author is responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism and other ethical violations in scientific publications.*

*Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.*

*The author declares no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 05.07.2022; одобрена после рецензирования 11.07.2022; принята к публикации 15.07.2022.*

*The article was submitted 05.07.2022; approved after reviewing 11.07.2022; accepted for publication 15.07.2022.*

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И  
ЭКСПЛУАТАЦИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ**  
**DESIGN, CONSTRUCTION AND OPERATION  
OF RECLAMATION SYSTEMS**

---

Обзорная статья  
УДК 631.61

**Анализ устройств для проведения культуртехнических работ  
по удалению древесно-кустарниковой растительности  
на землях сельскохозяйственного назначения**

Аркадий Павлович Васильченко<sup>1</sup>, Александр Евгеньевич Шепелев<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,  
Российская Федерация

<sup>1</sup>Var79@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9556-4260>

<sup>2</sup>oamsrosniipm@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5941-3254>

**Аннотация.** Цель: анализ устройств для проведения культуртехнических работ по удалению древесно-кустарниковой растительности на землях сельскохозяйственного назначения. **Обсуждение.** В настоящее время, когда культуртехнические работы в течение ряда лет либо не проводились вообще, либо проводились в неполном объеме, произошло значительное сокращение земель сельскохозяйственного назначения. Так, площадь орошаемых земель в Российской Федерации сократилась по сравнению с 1991 г. на 1520 тыс. га, или на 25 %, осушаемых – на 640 тыс. га, или на 15 %. Объем площадей для проведения работ по удалению древесно-кустарниковой растительности на сегодняшний день такой, что необходимо внедрение высокопроизводительной и современной техники в рабочие процессы, связанные с выполнением механизированных работ по удалению с массива срубленных веток и деревьев с минимальным нанесением ущерба окружающей природной среде. Для борьбы с древесно-кустарниковой растительностью на землях сельскохозяйственного назначения применяют технологии дискового и роторного измельчения посредством внедрения механизированных устройств (мульчеров). **Выводы.** Мульчеры бывают как навесные, так и самоходные. В навесном и самоходном мульчере исполнительные органы аналогичны по устройству. Технические средства (мульчеры) для удаления кустарника и мелколесья подразделяются на машины для удаления надземной части растительности путем ее срезания или измельчения и машины для удаления растительности с корневой системой или пней с корнями. Мульчеры можно разделить по типу привода рабочего органа на механические и гидравлические. Агрегаты с механическим приводом дешевле, но уступают гидравлическому по надежности. Анализ устройств для проведения культуртехнических работ по удалению древесно-кустарниковой растительности на землях сельскохозяйственного назначения показывает, что для выбора эффективных технических средств, подходящих по технико-эксплуатационным свойствам для качественного выполнения мероприятий, требуется проведение дальнейших исследований.

**Ключевые слова:** устройство, земли сельскохозяйственного назначения, древесно-кустарниковая растительность, культуртехнические работы, мульчер, привод

\*\*\*\*\*

Review article

**Analysis of land clearing equipment  
for trees and shrubs removal on agricultural land**



**Arkadiy P. Vasilchenko<sup>1</sup>, Alexander E. Shepelev<sup>2</sup>**

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

<sup>1</sup>Vap79@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9556-4260>

<sup>2</sup>oamsrosniipm@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5941-3254>

**Abstract. Purpose:** analysis of land clearing equipment for tree and shrub vegetation removal on agricultural land. **Discussion.** At present, when land clearing either has not been carried out at all for a number of years, or has been carried out incompletely, there has been a significant reduction in agricultural land. Thus, compared to 1991, the area of irrigated land in the Russian Federation has decreased by 1520 thousand hectares, or 25 %, and drained land – by 640 thousand hectares, or 15 %. Now the total acreage for trees and shrubs removal is such that it is necessary to introduce highly efficient and modern equipment into work processes related to the performance of mechanized work to remove cut branches and trees from an area with minimal damage to the natural environment. Disk and rotary shredding technologies to fight with tree and shrub vegetation on agricultural land are used through the introduction of mechanized devices (mulchers). **Conclusions.** Mulchers are both mounted and self-propelled. In a mounted and self-propelled mulcher, the actuating units are similar in design. The technical means (mulchers) for removing shrubs and scrubs are divided into machines for removing the aboveground part of vegetation by cutting or crushing it and machines for removing vegetation with a root system or stumps with roots. Mulchers can be divided according to the type of the drive of the working body into mechanical and hydraulic. Mechanically driven units are cheaper, but inferior to hydraulic ones in terms of reliability. An analysis of land clearing equipment for trees and shrubs removal on agricultural land shows that further research is required to select effective technical means that are suitable in terms of technical and operational properties for the qualitative action implementation.

**Keywords:** equipment, agricultural land, trees and shrubs, land clearing, mulcher, drive

**Введение.** В настоящее время, когда культуртехнические работы в течение ряда лет либо не проводились вообще, либо проводились в неполном объеме, большинство мелиоративных сооружений и земель заросли различного рода древесной и кустарниковой растительностью. Вследствие этого площадь орошаемых земель в Российской Федерации сократилась по сравнению с 1991 г. на 1520 тыс. га, или на 25 %, осушаемых – на 640 тыс. га, или на 15 %. Более чем на половине площади мелиорируемых земель мелиоративное состояние ухудшилось [1].

Объем работ по удалению древесно-кустарниковой растительности на сегодняшний день такой, что необходим целый парк технических средств для их выполнения, а эффективное производство работ в свою очередь возможно только при оптимизации этого парка. Таким образом, задача оптимизации парка машин для удаления древесно-кустарниковой растительности на сегодняшний день является актуальной и требует незамедлительного решения [2, 3].

Вследствие кризисного положения в мелиоративном машиностроении, а также из-за того, что значительная часть заводов по производству мелиоративной техники оказалась в ближнем зарубежье, для проведения культуртехнических работ по удалению древесно-кустарниковой растительности на землях сельскохозяйственного назначения, а это первоочередная операция в технологических процессах эксплуатационных работ, применяют в лучшем случае средства малой механизации (бензопилы и т. д.), а иногда и вовсе производят рубки кустарника вручную с привлечением большого количества людей.

Таким образом, фактически парка машин для удаления древесно-кустарниковой растительности в мелиоративном комплексе нет, поэтому в ближайшие годы с учетом важности технологической операции очистки сооружений от нежелательной кустарниковой и древесной растительности формирование и оптимизация парка такого рода техники является приоритетным направлением в развитии агропромышленного комплекса Российской Федерации.

**Обсуждение.** В мировой практике для удаления древесно-кустарниковой растительности с земель сельскохозяйственного назначения применяют технологии дискового и роторного измельчения посредством внедрения механизированных устройств (мульчеров). Как видно из названия, основным рабочим органом машин, работающих по дисковой технологии, является дисковая фреза с закрепленными на ней зубьями из твердосплавного материала (рисунки 1 и 2), а рабочим устройством роторного измельчителя является тяжелый металлический (стальной) ротор с установленными на нем подвижными молотками (ножами) или неподвижными резцами (рисунки 3 и 4) [4–7].



**Рисунок 1 – Навесной мульчер дискового измельчения с приводом от вала отбора мощности ([https://topmulcher.ru/wp-content/uploads/2018/08/IMG\\_8334.jpg](https://topmulcher.ru/wp-content/uploads/2018/08/IMG_8334.jpg))**

**Figure 1 – Mounted PTO-driven disc mulcher ([https://topmulcher.ru/wp-content/uploads/2018/08/IMG\\_8334.jpg](https://topmulcher.ru/wp-content/uploads/2018/08/IMG_8334.jpg))**

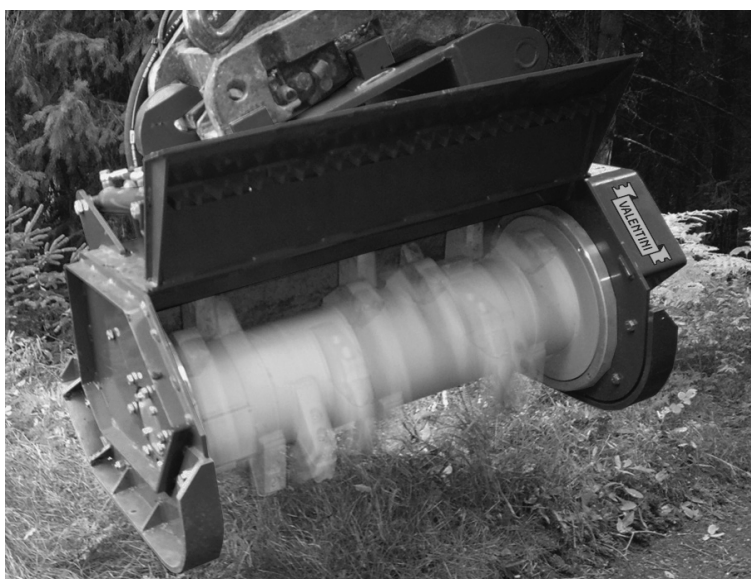


**Рисунок 2 – Навесной мульчер дискового измельчения с приводом от гидравлики экскаватора ([https://lesprominform.ru/uploads/images/lpi70/diskovyy\\_avesnoy\\_izmelychitely.jpg](https://lesprominform.ru/uploads/images/lpi70/diskovyy_avesnoy_izmelychitely.jpg))**

**Figure 2 – Mounted hydraulically driven by excavator disc mulcher ([https://lesprominform.ru/uploads/images/lpi70/diskovyy\\_avesnoy\\_izmelychitely.jpg](https://lesprominform.ru/uploads/images/lpi70/diskovyy_avesnoy_izmelychitely.jpg))**



**Рисунок 3 – Навесной мульчер роторного измельчения с приводом от вала отбора мощности**  
([https://kompanialesna.pl/1326-large\\_default/mulczer-lesny-ventura-tfmf-200.jpg](https://kompanialesna.pl/1326-large_default/mulczer-lesny-ventura-tfmf-200.jpg))  
**Figure 3 – Mounted PTO-driven rotary mulcher**  
([https://kompanialesna.pl/1326-large\\_default/mulczer-lesny-ventura-tfmf-200.jpg](https://kompanialesna.pl/1326-large_default/mulczer-lesny-ventura-tfmf-200.jpg))



**Рисунок 4 – Навесной мульчер роторного измельчения с приводом от гидравлики экскаватора**  
(<https://valentini-group.ru/assets/images/products/197/volpe.jpg>)  
**Figure 4 – Mounted hydraulically driven by excavator rotary mulcher**

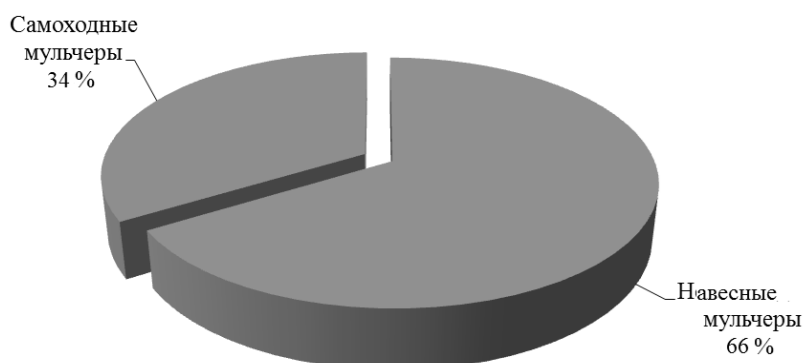
В зависимости от возможности использования на различных видах шасси мульчеры устанавливаются [8–10]:

- на трактора, привод при этом осуществляется от вала отбора мощности;
- фронтальные погрузчики, в этом случае привод осуществляется от гидравлики погрузчика;
- экскаваторы, привод при этом осуществляется от гидравлики экскаватора;
- самоходные мульчеры, работающие на собственном шасси (рисунок 5).



**Рисунок 5 – Самоходный колесный мульчер**  
(<http://mulcherplus.ru/assets/images/resources/25/dscn1932.jpg>)  
**Figure 5 – Self-propelled wheeled mulcher**  
(<http://mulcherplus.ru/assets/images/resources/25/dscn1932.jpg>)

Следует отметить, что самоходные мульчеры значительно дороже, чем навесные, и применяются при небольших объемах мульчирования. В связи с этим объем оборудования для измельчения древесно-кустарниковой растительности в России в виде навесных мульчеров почти в два раза выше, чем оборудования на собственном шасси (рисунок 6) [8].



**Рисунок 6 – Применение мульчеров в Российской Федерации в зависимости от возможности установки на различные виды шасси**  
**Figure 6 – The use of mulchers in the Russian Federation, depending on the possibility of installation on various types of chassis**

По типу привода мульчеры для удаления древесно-кустарниковой растительности классифицируют [8–10]:

- от вала отбора мощности трактора;
- гидравлической системы трактора, погрузчика либо экскаватора, на котором установлен мульчер;

- собственного дизеля (данные модификации дороги и имеют значительный вес).

К мульчерам часто относят и некоторые модели грунтовых фрез (так называемые ротаторы), разработанные специально для работы с погружением ротора в грунт (рисунок 7) [11, 12].

Грунтовые мульчеры позволяют измельчать корни и пни, разрыхлять почву. Некоторые универсальные фрезы могут работать и как мульчер, измельчая стоящие дере-

вья, и как грунтовая фреза, измельчая пни и корни. Грунтовые фрезы конструктивно более сложные по сравнению с мульчерами для измельчения древесно-кустарниковой растительности, поскольку абразивность грунта (почвы) и наличие камней предъявляют повышенные требования к износостойкости и надежности всех компонентов и конструкций данной техники [11, 12].



**Рисунок 7 – Навесной грунтовый мульчер с приводом от вала отбора мощности трактора ([http://www.specserver.com/ads\\_upload/files/20130930095810.JPG](http://www.specserver.com/ads_upload/files/20130930095810.JPG))**

**Figure 7 – Mounted soil mulcher driven by the tractor PTO ([http://www.specserver.com/ads\\_upload/files/20130930095810.JPG](http://www.specserver.com/ads_upload/files/20130930095810.JPG))**

Мульчеры с функцией сбора щепы называют харвестерами биомассы из-за их способности одновременно выполнять несколько производственных операций.

Мульчеры, использующие мощность трактора с гидравлической подачей, в большинстве случаев применяют для переработки растительности. Рабочим органом также является ротор. На входе устройства установлены ролики гидравлической подачи. Ролики затягивают древесно-кустарниковую растительность внутрь, без ее предварительного разбора. Причем ветви и древесину небольших диаметров (до 8–10 см) они могут перерабатывать при движении трактора со скоростью больше, чем у классических мульчеров. В России такие мульчеры практически не встречаются [13, 14].

Технические средства для удаления кустарника и мелколесья подразделяются на машины для удаления надземной части растительности путем ее срезания или измельчения и машины для удаления растительности с корневой системой или пней с корнями. На землях сельскохозяйственного назначения целесообразно применять машины первой группы, так как удаление растительности с корневой системой и корчевка пней нарушают экологическую обстановку, что в свою очередь требует проведения дополнительных работ [12].

#### **Выводы**

1 Для борьбы с древесно-кустарниковой растительностью на землях сельскохозяйственного назначения применяют технологии дискового и роторного измельчения посредством внедрения механизированных устройств (мульчеров).

2 Мульчеры бывают как навесные, так и самоходные. В навесном и самоходном мульчере исполнительные органы аналогичны по устройству.

3 Технические средства (мульчеры) для удаления кустарника и мелколесья подразделяются на машины для удаления надземной части растительности путем ее среза-

ния или измельчения и машины для удаления растительности с корневой системой или пней с корнями.

4 Мульчеры можно разделить по типу привода рабочего органа на механические и гидравлические. Агрегаты с механическим приводом дешевле, но уступают гидравлическому по надежности.

5 Анализ устройств для проведения культуртехнических работ по удалению древесно-кустарниковой растительности на землях сельскохозяйственного назначения показывает, что для выбора эффективных технических средств, подходящих по технико-эксплуатационным свойствам для качественного выполнения мероприятий, требуется проведение дальнейших исследований.

### Список источников

1. Современные технологии и машины для мелиорации и рекультивации земель: крат. курс лекций / сост.: Ф. К. Абдразаков; ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». Саратов, 2014. 130 с.

2. Технологические схемы удаления древесно-кустарниковой растительности при проведении культуртехнических работ / С. М. Васильев, Г. Г. Гулюк, Ю. Е. Домашенко, Л. А. Митяева, М. А. Ляшков // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2018. № 4(32). С. 126–145. URL: [http://www.rosniipm-sm.ru/dl\\_files/udb\\_files/udb4-rec957-field12.pdf](http://www.rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb4-rec957-field12.pdf) (дата обращения: 14.03.2022). DOI: 10.31774/2222-1816-2018-4-126-145.

3. Звягинцев В. Ю., Пряничникова А. В., Долматов С. Н. Перспективы применения мульчеров на расчистке лесных площадей // Лесной и химический комплексы – проблемы и решения: сб. тр. Всерос. науч.-практ. конф., 18–19 сент. 2020 г. / ФГБОУ ВО «СибГУ им. М. Ф. Решетнева». Красноярск, 2020. С. 139–142.

4. Тикачев В. Мульчеры и измельчители пней. Мобильные машины специального назначения для измельчения древесины [Электронный ресурс]. URL: <https://lesprom-inform.ru/articles.html?id=1329> (дата обращения: 25.02.2022).

5. Адамов Д. В. Анализ машин для борьбы с древесно-кустарниковой растительностью и концепции их развития // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3, № 7–1(18–1). С. 43–46.

6. Покутнев В. А. Мульчеры // Сборник трудов Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В. Г. Шухова, 1–20 мая 2017 г. Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2017. С. 355–358.

7. Мульчер – лесные мульчеры, измельчители травы, веток, дерева // World Lux Realty [Электронный ресурс]. URL: <http://www.worldluxrealty.com/node/2876> (дата обращения: 17.02.2022).

8. Малюков С. В., Аксенов А. А., Малюкова М. А. Классификация мульчеров // Воронежский научно-технический вестник. 2020. Т. 4, № 4(34). С. 44–50. DOI: 10.34220/2311-8873-2021-4-4-44-50.

9. Мульчеры для экскаваторов [Электронный ресурс]. URL: <https://galotrax.ru/produkcziya/navesnoe-oborudovanie-dlya-ekskavatorov/mulcheryi-dlya-ekskavatorov> (дата обращения: 23.02.2022).

10. Мульчеры с гидравлическим приводом для экскаваторов, фронтальных и мини-погрузчиков [Электронный ресурс]. URL: <https://uralmachine.ru/catalog/forest/mulcheri/mulchery-hydraulic-drive> (дата обращения: 23.02.2022).

11. Малюков С. В., Панявина Е. А., Аксенов А. А. Анализ конструкций мульчеров и ротоваторов // Лесотехнический журнал. 2019. Т. 9, № 1(33). С. 159–167. DOI: 10.12737/article\_5c9201714914a3.76705297.

12. Аксенов А. А., Малюков С. В., Гнусов М. А. Мульчеры и измельчители пней // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2, № 2–2(7–2). С. 10–14.

13. Колесников П. Г., Рогова Е. А., Моисеев Г. Д. Моделирование нагруженности ротора лесного мульчера // Машиностроение: новые концепции и технологии: сб. ст. Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых СибГУ им. М. Ф. Решетнева / СибГУ им. М. Ф. Решетнева. Красноярск, 2019. С. 185–188.

14. Соболева А. В., Фурманов Д. И. Оборудование роторного кустореза // Семьдесят четвертая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием: сб. материалов конф. Ярославль, 2021. С. 406–408.

## References

1. Abdrazakov F.K., 2014. *Sovremennyye tekhnologii i mashiny dlya melioratsii i reku-l'tivatsii zemel': krat. kurs lektsiy* [Modern Technologies and Machines for Land Reclamation and Reclamation: Short Course of Lectures]. Saratov State Agrarian University, Saratov, 130 p. (In Russian).

2. Vasiliev S.M., Gulyuk G.G., Domashenko Yu.E., Mityaeva L.A., Lyashkov M.A., 2018. [Technological schemes of tree and shrubbery vegetation removal of trees and shrubs while carrying out land clearance operations]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 4(32), pp. 126-145, available: [http://www.rosniipm-sm.ru/dl\\_files/udb\\_files/udb4-rec957-field12.pdf](http://www.rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb4-rec957-field12.pdf) [accessed 14.03.2022], DOI: 10.31774/2222-1816-2018-4-126-145. (In Russian).

3. Zvyagintsev V.Yu., Pryanichnikova A.V., Dolmatov S.N., 2020. *Perspektivy primeneniya mul'cherov na raschistke lesnykh ploshchadey* [Prospects for the use of mulchers in clearing forest areas]. *Lesnoy i khimicheskoy kompleksy – problemy i resheniya: sb. tr. Vseros. nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Forest and Chemical Complexes – Problems and Solutions: Proc. of All-Russian Scientific-Practical Conference]. SibGU named after M.F. Reshetnev, Krasnoyarsk, pp. 139-142. (In Russian).

4. Tikachev V. *Mul'chery i izmel'chiteli pney. Mobil'nye mashiny spetsial'nogo naznacheniya dlya izmel'cheniya drevesiny* [Mulchers and stump grinders. Mobile special-purpose machines for wood shredding], available: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=1329> [accessed 25.02.2022]. (In Russian).

5. Adamov D.V., 2015. *Analiz mashin dlya bor'by s drevesno-kustarnikovoy rastitel'nost'yu i kontseptsii ikh razvitiya* [Analysis of machines to fight with tree and shrub vegetation and the concept of their development] *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika* [Actual Directions of Scientific Research of the XXI Century: Theory and Practice], vol. 3, no. 7-1(18-1), pp. 43-46. (In Russian).

6. Pokutnev V.A., 2017. *Mulchery* [Mulchers]. *Sbornik trudov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii molodykh uchenykh BGTU im. V. G. Shukhova* [Proc. of the International Scientific and Technical Conference of Young Scientists of BSTU named after V.G. Shukhov]. Belgorod, Publ. House of BSTU named after V.G. Shukhov], pp. 355-358. (In Russian).

7. *Mul'cher – lesnye mul'chery, izmel'chiteli travy, vetok, dereva* [Mulcher – forest mulchers, grinders of grass, branches, wood]. World Lux Realty, available: <http://www.worldlux-realty.com/node/2876> [accessed 17.02.2022]. (In Russian).

8. Malyukov S.V., Aksekov A.A., Malyukova M.A., 2020. *Klassifikatsiya mul'cherov* [Classification of mulchers]. *Voronezhskiy nauchno-tekhnicheskyy vestnik* [Voronezh Scientific and Technical Bulletin], vol. 4, no. 4(34), pp. 44-50, DOI: 10.34220/2311-8873-2021-4-44-50. (In Russian).

9. *Mul'chery dlya ekskavatorov* [Mulchers for excavators], available: <https://galo-trax.ru/produkcziya/navesnoe-oborudovanie-dlya-ekskavatorov/mulcheryi-dlya-ekskavatorov> [accessed 23.02.2022]. (In Russian).

10. *Mul'chery s gidravlicheskim privodom dlya ekskavatorov, frontal'nykh i mini-pogruzchikov* [Hydraulically driven mulchers for excavators, frontal and mini-loaders], available: <https://uralmachine.ru/catalog/forest/mulcheri/mulchery-hydraulic-drive> [accessed 23.02.2022]. (In Russian).

11. Malyukov S.V., Panyavina E.A., Aksenov A.A., 2019. *Analiz konstruksiy mul'chero-rov i rotovatorov* [Constructions analysis of mulchers and rotary tillers]. *Lesotekhnicheskij zhurnal* [Forestry Journal], vol. 9, no. 1(33), pp. 159-167, DOI: 10.12737/article\_5c9201714914a3.76705297. (In Russian).

12. Aksenov A.A., Malyukov S.V., Gnusov M.A., 2014. *Mul'chery i izmel'chiteli pney* [Mulchers and stump grinders]. *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika* [Actual Directions of Scientific Research of the XXI Century: Theory and Practice], vol. 2, no. 2-2(7-2), pp. 10-14. (In Russian).

13. Kolesnikov P.G., Rogova E.A., Moiseev G.D., 2019. *Modelirovanie nagruzhennosti rotora lesnogo mul'chera* [Simulation of rotor loading forest mulcher]. *Mashinostroenie: novye kontseptsii i tekhnologii: sb. st. Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh SibGU im. M. F. Reshetneva* [Engineering: New Concepts and Technologies: Proc. of All-Russian Scientific-Practical Conference of Students, Graduate Students and Young Scientists of the Siberian State University named after M.F. Reshetnev]. Krasnoyarsk, pp. 185-188. (In Russian).

14. Soboleva A.V., Furmanov D.I., 2021. *Oborudovanie rotornogo kustoreza* [Rotary brush cutter equipment]. *Sem'desyat chetvertaya vserossiyskaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya studentov, magistrantov i aspirantov vysshikh uchebnykh zavedeniy s mezhdunarodnym uchastiem: sb. materialov konf.* [Proc. of the 74<sup>th</sup> All-Russian Scientific and Technical Conference of Students, Undergraduates and Graduate Students of Higher Educational Institutions with International Participation]. Yaroslavl', pp. 406-408. (In Russian).

---

#### ***Информация об авторах***

**А. П. Васильченко** – научный сотрудник, кандидат технических наук;

**А. Е. Шепелев** – ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук.

#### ***Information about the authors***

**A. P. Vasilchenko** – Researcher, Candidate of Technical Sciences;

**A. E. Shepelev** – Leading Researcher, Candidate of Technical Sciences.

*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 25.08.2022; одобрена после рецензирования 01.09.2022; принята к публикации 09.09.2022.*

*The article was submitted 25.08.2022; approved after reviewing 01.09.2022; accepted for publication 09.09.2022.*