

ISSN 2313-2248

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

Научно-практический журнал

Выпуск № 1(89)/2023

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 № 1(89)/2023

Январь – март 2023 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.**

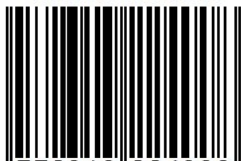
Подписано в печать 31.03.2023. Формат 60×84/8.

Усл. печ. л. 25,12. Тираж 500 экз. Заказ № 7

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 02.05.2023

Свободная цена

© ФГБНУ «РосНИИПМ», 2023

СОДЕРЖАНИЕ

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Широкова Ю. И., Палуашова Г. К., Садиев Ф. Ф., Кодиров Д. Т. Экономическая и экологическая оценка эффективности промывки засоленных почв при различных технологиях	7–17
Масный Р. С., Докучаева Л. М., Юркова Р. Е., Селицкий С. А. Влияние штаммов клубеньковых бактерий на развитие и урожайность сои	18–25
Бабичев А. Н., Бабенко А. А., Баева А. М. Рост и развитие растений винограда столовых сортов первого года жизни при поливе системами капельного орошения в условиях Республики Крым	26–35
Балакай Г. Т., Гурина И. В., Тагиров Ф. Г. Суммарное водопотребление томатов открытого грунта при возделывании рассадным и безрассадным способами	36–45
Алейник В. В., Слюсарев В. Н. Особенности функционирования почвенного поглощающего комплекса чернозема выщелоченного Кубани при выращивании люцерны	46–54
Селицкий С. А., Недоцукова Ю. И. Рост и развитие сортов хлопчатника на орошаемых землях Ростовской области	55–62
Каракулов Ф. А. Натурные обследования длительно эксплуатируемого канала Петровско-Анастасиевской оросительной системы	63–69
Ялалова Г. Х. Проблемы водообеспеченности и гарантии водной безопасности орошения Крыма	70–79
Баев О. А., Шевченко А. В. О реконструкции Усть-Маньчских рыбоходных каналов	80–90
Дымов А. Н. Особенности привлечения инвестиций в развитие орошения и орошаемого земледелия	91–98
Тищенко А. П., Тагиров Ф. Г. Особенности орошения в Крыму	99–106
Сидаренко Д. П. Особенности питания картофеля весенней посадки на орошаемых землях	107–114
Гловацкий О. Я., Эргашев Р. Р., Насырова Н. Р., Рустамов Ш. Р., Рашидов Ж. И., Газарян А. С. Технологические режимы лопастного насоса с новыми элементами проточной части	115–125
Пономаренко Т. С., Рыжаков А. Н. Современное состояние гидрологической сети Черноморского побережья	126–135
Власов М. В., Куприянова С. В. Оценка качества дренажных вод с осушительных систем Приволжского федерального округа	136–144
Пунинский В. С. Совершенствование технологических процессов биомелиорации и окультуривания малопродуктивных почв, переувлажненных и деградированных земель с созданием комбинированных агрегатов	145–158
Шевченко А. В., Шкура В. Н. Расчет и конструирование выходных участков (оголовков) рыбоходных и рыбоходно-нерестовых каналов	159–169
Икрамов Р. К., Гаппаров С. М., Джумаев З. Т., Утаев А. А. Методы прогнозирования уровней грунтовых вод и засоления почв на орошаемых землях	170–178
Гарбуз А. Ю. К вопросу надежности и ремонта бетонных облицовок оросительных каналов	179–187

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Бабичев А. Н., Котляров Д. Ю., Бабенко А. А. Продуктивность капусты белокочанной в зависимости от режима орошения при капельном способе полива..... 188–195

Воеводина Л. А., Абраменко И. П. Показатели оценки эффективности использования водных ресурсов федеральными учреждениями мелиоративной отрасли..... 196–206

ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО, ГИДРАВЛИКА И ИНЖЕНЕРНАЯ ГИДРОЛОГИЯ

Талалаева В. Ф., Додонов А. А. Оценка эксплуатационной надежности каналов с покрытием из бетононаполняемых материалов..... 207–216

CONTENT

THE ROLE OF LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT IN ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

Shirokova Yu. I., Paluashova G. K., Sadiev F. F., Kodirov D. T. Economic and ecologic assessments of saline soil leaching efficiency using various technologies.....	7–17
Masnyi R. S., Dokuchayeva L. M., Yurkova R. Ye., Selitskiy S. A. Influence of nodule bacteria strains on soybean development and yield	18–25
Babichev A. N., Babenko A. A., Baeva A. M. Growth and development of table grape plants of the first year of life when irrigated by drip irrigation systems in the Republic of Crimea	26–35
Balakay G. T., Gurina I. V., Tagirov F. G. Consumptive water use of open ground tomatoes by seedling and direct methods of cultivation.....	36–45
Aleynik V. V., Slyusarev V. N. Features of the functioning of soil absorption complex of leached chernozem in Kuban when growing alfalfa	46–54
Selitskiy S. A., Nedotsukova Ju. I. Growth and development of cotton varieties on irrigated lands of Rostov region	55–62
Karakulov F. A. Field surveys of a long-term operated canal of the Petrovsko-Anastasievskaya irrigation system	63–69
Yalalova G. Kh. Issues of water supply and water security guarantees for irrigation of the Crimea	70–79
Baev O. A., Shevchenko A. V. On reconstruction of the Ust-Manych fish passage channels	80–90
Dymov A. N. Features of attracting investment in irrigation and irrigated agriculture development.....	91–98
Tishchenko A. P., Tagirov F. G. Irrigation features in the Crimea	99–106
Sidarenko D. P. Features of spring planting potatoes nutrition on irrigated lands	107–114
Glovatskiy O. Ya., Ergashev R. R., Nasyrova N. R., Rustamov Sh. R., Rashidov J. I., Gazaryan A. S. Operating schedule of the impeller pump with flow part new elements.....	115–125
Ponomarenko T. S., Ryzhakov A. N. The current state of the hydrological network of the Black Sea coast	126–135
Vlasov M. V., Kupriyanova S. V. Assessment of drainage water quality from drainage systems of the Volga Federal District	136–144
Puninsky V. S. Improvement of bioreclamation and cultivation technological processes of unproductive soils, waterlogged and degraded lands with the formation of combination machine units.....	145–158
Shevchenko A. V., Shkura V. N. Calculation and design of output sections (heads) of fish passage and fish passage and spawning channels	159–169
Ikramov R. K., Gapparov S. M., Djumaev Z. T., Utaev A. A. Methods for predicting water table and soil salinization on irrigated lands	170–178
Garbuz A. Yu. On issue of reliability and repair of concrete lining of irrigation canals.....	179–187

LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

- Babichev A. N., Kotlyarov D. Y., Babenko A. A.** The white cabbage productivity depending on the irrigation regime during drip irrigation 188–195
- Voyevodina L. A., Abramenko I. P.** Indicators for assessing the efficiency of water resources use by federal institutions in the reclamation industry..... 196–206

HYDRAULIC ENGINEERING, HYDRAULICS AND ENGINEERING HYDROLOGY

- Talalaeva V. F., Dodonov A. A.** Assessing the operational reliability of canals with concrete-filled coatings 207–216

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

THE ROLE OF LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT IN ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

Научная статья
УДК 631.445.52:330

Экономическая и экологическая оценка эффективности промывки засоленных почв при различных технологиях

**Юлия Илларионовна Широкова¹, Гаухарай Калбаевна Палуашова²,
Фархад Фатуллаевич Садиев³, Дилшод Тохирович Кодиров⁴**

^{1, 2, 3, 4} Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем, Карасу-4/11,
Ташкент, Республика Узбекистан

¹yulia.i.shirokova@gmail.com

²gavhar2005@rambler.ru

³fsf7711@mail.ru

⁴qdt1004@umail.uz

Аннотация. Цель: установить эффективность и стоимость рассоления почвы промывкой при различных технологиях подачи и воздействия воды, показать прибыль фермера, основанную на прибавке урожая хлопка-сырца. **Материалы.** Используются результаты экспериментальных промывок засоленных почв в различных почвенно-мелиоративных условиях Сырдарьинской области Узбекистана. Применяемые технологии рассоления почв: промывка по чекам и бороздам, опреснение почвы осадками при глубоком рыхлении и с опрыскиванием почвы препаратом «Биосолвент». Используются данные о нормативных и фактических затратах труда и ГСМ для проведения промывки, эмпирическая зависимость, отражающая влияние степени засоленности почвы на урожай, сведения о закупочной цене и стоимости уборки 1 кг хлопка-сырца. **Методы:** анализ и статистическая обработка результатов полевых исследований; расчет и сопоставительный анализ удельных затрат воды, стоимости промывки, прибавки урожая и прибыли фермера. **Результаты.** Установлены: фактические удельные затраты воды, необходимые для снижения засоленности почв на 1 дСм/м; стоимость рассоления почв с учетом подготовки и промывки земель; прибыль фермера от рассоления почв при разных технологиях промывки. Выявлено, что (при подаче воды около 4000 м³/га) промывка почв легкого мехсостава по бороздам в 1,5 раза эффективнее, чем промывка среднесуглинистых почв по чекам. При этом за счет того, что стоимость промывки по бороздам на 3624 руб./га меньше, а прибавка урожая хлопка на 1,2 ц/га больше, прибыль фермера на 9312 руб./га выше. При невозможности подачи достаточного количества воды в зону аэрации, связанной с дефицитом водных ресурсов, при необеспеченности оттока промывных (грунтовых) вод с поля промывка по чекам неэффективна, а финансовая прибыль фермера от ее проведения – невысока. Установлено, что на фоне глубокого рыхления почвы происходит эффективное опреснение ее атмосферными осадками, это способствует получению фермером прибыли без вложения средств в проведение промывки засоленных земель.

Ключевые слова: промывка засоленных земель по чекам и бороздам, оценка эффективности, затраты воды, труда и топлива, рассоление почвы осадками

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия» (г. Новочеркасск, 28 февраля 2023 г.).

Для цитирования: Экономическая и экологическая оценка эффективности промывки засоленных почв при различных технологиях / Ю. И. Широкова, Г. К. Палуашова, Ф. Ф. Садиев, Д. Т. Кодиров // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 1(89). С. 7–17.

Original article

Economic and ecologic assessments of saline soil leaching efficiency using various technologies

Yulia I. Shirokova¹, Gauharay K. Paluashova², Farkhod F. Sadiev³, Dilshod T. Kodirov⁴
^{1, 2, 3, 4}Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems, Karasu-4/11, Tashkent, Republic of Uzbekistan

¹yulia.i.shirokova@gmail.com

²gavhar2005@rambler.ru

³fsf7711@mail.ru

⁴qdt1004@umail.uz

Abstract. Purpose: to determine the soil desalinization efficiency and cost by leaching under various technologies of water supply and impact, to show the farmer's profit based on the increase in the yield of raw cotton. **Materials.** The results of experimental leaching of saline soils in various soil-reclamation conditions of the Syrdarya region of Uzbekistan are used. Soil desalinization technologies applied are: check and furrow leaching, soil desalination with precipitation during subsoil loosening and Biosolvent spraying. Data on the standard and actual labor and fuel costs and POL for leaching, an empirical dependence reflecting the effect of soil salinity on the yield, information on the purchase price and the cost of harvesting 1 kg of raw cotton were used. **Methods:** analysis and statistical processing of field research results; calculation and comparative analysis of the unit costs of water, the cost of leaching, the increase in yield and the farmer's profit. **Results.** Established: actual specific water consumption required to reduce soil salinity by 1 dS/m; the cost of soil desalination, taking into account land preparation and leaching; farmer's profit from soil desalinization with different leaching technologies. It was found that (with a water supply of about 4000 m³/ha) light texture soil leaching along the furrows is 1.5 times more effective than leaching medium loamy soils along checks. At the same time, due to the fact that the cost of flushing along the furrows is 3624 rubles/ha less, and the increase in cotton yield is 1.2 q/ha more, the farmer's profit is 9312 rubles/ha higher. If it is impossible to supply a sufficient amount of water to the aeration zone associated with water resources shortage, if the outflow of leaching (ground) water from the field is not ensured, check leaching is ineffective, and the financial profit of the farmer from its implementation is low. If it is impossible to supply a sufficient amount of water to the aeration zone associated with a shortage of water resources, if the outflow of leaching (ground) water from the field is not ensured, leaching by checks is ineffective: the farmer's financial profit from its implementation is low. It has been determined that against the background of deep soil loosening, its effective desalination by atmospheric precipitation takes place, which contributes to the farmer's profit without investing in the saline lands leaching.

Keywords: saline soil leaching along checks and furrows, efficiency assessment, water, labor and fuel costs, soil desalinization by precipitation

Evaluation of the research results: the main provisions of the article were reported at the All-Russian scientific and practical conference "The role of land reclamation and water management in ensuring the sustainable development of agriculture" (Novocherkassk, February 28, 2023).

For citation: Shirokova Yu. I., Paluashova G. K., Sadiev F. F., Kodirov D. T. Economic and ecologic assessments of saline soil leaching efficiency using various technologies. *Ways of increasing the efficiency of irrigated agriculture*. 2023;1(89):7–17. (In Russ.).

Введение. В Узбекистане распространено засоление почв на 45,3 % площади орошаемых земель, или на 1948 тыс. га. При этом площади земель со средней и сильной степенью засоления составляют 17,3 %.

Накопление солей в верхнем слое почвы (сезонное засоление) на поле обычно происходит к концу вегетации при недостаточной подаче воды на орошение хлопчатника и близком залегании соленых грунтовых вод. Осадки, выпадающие в осенне-зимний и весенний периоды, обычно не могут обеспечить достаточное рассоление почвы, поэтому требуется обязательное проведение промывки.

Одним из основных методов борьбы с сезонным засолением почв является их промывка. В республике обычно применяют две основные технологии промывки: по чекам и по бороздам. В отдельных регионах, где распространено засоление почв (Бухарская, Хорезмская, Сырдарьинская и Джизакская области и Республика Каракалпакстан – РК), в зимне-весенний период проводится массовая промывка засоленных земель, на которую затрачивается более 25 % годового водозабора областей и РК. Промывка позволяет получить всходы и обеспечить урожай хлопчатника. Чаще всего промывка земель проводится слоем воды в специально подготовленных огороженных чеках размером 20 × 50 м нормами нетто: 2,5 тыс. м³/га – для слабозасоленных земель, 4,0 тыс. м³/га – для средnezасоленных земель и 6,0 тыс. м³/га – для сильнозасоленных земель.

Данная технология имеет свои недостатки: требуются значительные затраты воды и труда, уплотняется и ухудшается структура почвы, а также вымываются питательные элементы из промываемого слоя почвы. В то же время при малых количествах доступной воды (дефиците) и при близком расположении грунтовых вод такая технология малоэффективна, так как затраты труда не всегда соответствуют достигнутым результатам рассоления почв.

Из практики исследуемых промывок засоленных почв было установлено, что даже при полном соблюдении всех технологических приемов подготовки земель и распределения воды промывка по чекам была неэффективна из-за неудовлетворительной работы дренажных (водоотводящих) систем. Соли, перемещенные с промывной водой в близкорасположенные грунтовые воды, за счет испарения вновь возвращаются в корнеобитаемый слой к началу первого полива.

Проведенный анализ многих расчетных зависимостей для определения промывных норм и сопоставление экспериментальных и расчетных данных подтвердили достаточную надежность формулы А. Е. Нерозина [1], которая учитывает:

- механический состав почв через полевую влагоемкость, объемную массу;
- исходную влажность почвы;
- исходное и конечное засоление почвы через количество солей, подлежащих вымыву;
- уровень залегания грунтовых вод через коэффициент K вытеснения солей, определенный опытным путем.

Отсутствие качественной работы дренажа не позволяет создать нисходящий гидравлический поток влаги. При близком залегании грунтовых вод на заполнение свободной емкости среднесуглинистых почвогрунтов потребуется 2100 м³/га. Примерно такой же объем воды понадобится для вытеснения раствора солей.

Если не имеется никакого оттока воды (грунтовые воды «подпирают» поле), то и

промывка становится неэффективной. При этом может опресниться только верхний слой засоленной почвы.

Виды промывок разного типа хорошо описаны в книге В. Р. Волобуева [2]. При отсутствии дренажа, но при глубоком расположении грунтовых вод проводятся промывки с размещением промывной воды в пределах свободной капиллярной водоемкости (рисунок 1). «При таких промывках солевой запас почвенно-грунтовой толщи не изменяется и происходит лишь перемещение солей по почвенно-грунтовому профилю». Для этих промывок Н. А. Качинский предложил очень удачный термин «осаживание солей» (1937 г.). Такие промывки вымывают соли в свободную емкость только промываемой толщи и соседних участков («сухой дренаж»).

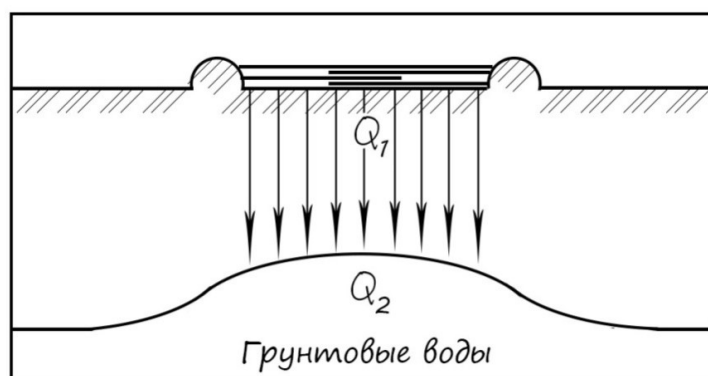


Рисунок 1 – Промывки с водоотводом в собственную капиллярную и некапиллярную водоемкость почвогрунтов [2]

Figure 1 – Leaching with drainage into its own capillary and non-capillary water capacity of soils [2]

Именно такие промывки и проводятся на основной территории Узбекистана в зимне-весенний период, лишь с той разницей, что зачастую из-за близкого расположения грунтовых вод они малоэффективны.

О промывном действии атмосферных осадков опубликован целый ряд работ [2–6].

В. Р. Волобуев, проанализировав опытные материалы об опреснении почв атмосферными осадками, считал, что эта технология «является одной из основных предпосылок возможности повторного освоения земель, оставленных в длительный перелог вследствие вторичного засоления». Автор отмечает, что «в определенных грунтовых и климатических условиях выщелачивание атмосферными осадками может носить и устойчивый характер» [2].

В международной теории регулирования солевого режима почвы основополагающей концепцией является метод снижения засоленности почвы во время вегетации под конкретную культуру, по принципу промывного режима орошения (LR – leaching requirement, LF – leaching fraction), с учетом минерализации используемой для орошения воды. При этом должен быть обязательно обеспечен дренаж [5–10]. В этих же источниках для успешной промывки почвы от солей упоминается важность скорости инфильтрации воды в почву, которая не должна быть слишком маленькой или слишком высокой. Также в качестве варианта упомянута возможность промывки почвы осадками [5, 6] и целесообразность специального рыхления почв для усиления инфильтрации.

Методика ФАО для расчета норм промывки учитывает: электрическую проводимость насыщенного почвенного экстракта EC_e (фактическую и допустимую), объем дренажного стока, электрическую проводимость ирригационной и дренажной воды,

влажность почвы, процент насыщения, глубину опресняемого слоя. Формула баланса может применяться для промывки в момент орошения и содержит потребность в воде культур. Для каждой культуры предполагается самостоятельный расчет норм промывки с учетом их солеустойчивости, а также заданных потерь урожая от засоленности. Если промывные нормы рассчитаны для проведения промывки в невегетационный период, то величина потребности в воде для полива сельхозкультур приравнивается к нулю [8]. Сопоставление норм промывки, рассчитанных двумя методами (по западной и отечественной методике), показало расхождение: по отечественной методике необходимое количество воды в большинстве случаев в 2–4 раза выше, чем по западной [11].

Проведение массовых промывок без соответствующей подготовки земель (такой как вспашка, хорошая планировка и непременно очистка дренажа) приводит к абсолютно бесполезным (даже вредным!) затратам труда и воды. Промывка на участках, не имеющих оттока, абсолютно неэффективна.

На основе проведения многолетних исследований, посвященных промывке засоленных земель, и изучения ее эффективности авторы данной статьи задались вопросами об экологичности и цене промывки по чекам при малых подачах воды и близком расположении грунтовых вод. Были исследованы и оценены также альтернативные способы промывки: по бороздам и с помощью атмосферных осадков.

Материалы и методы. В статье использованы материалы по экспериментальным промывкам в Сырдарьинской области, выполненным коллективом Лаборатории почвенных исследований и мелиоративных процессов НИИИВП в различные годы. Это данные о почвенно-мелиоративных условиях и результаты полевых экспериментальных исследований (изменения содержания солей в почве, общих и удельных затрат воды при промывках засоленных почв) при разных технологиях проведения промывок, сведения о нормативных и фактических затратах труда и стоимости горючего для проведения промывки и сопутствующих мероприятий. Использована технологическая карта к промывке почвы Министерства сельского хозяйства Узбекистана 2019 г. при самоотечной подаче воды с пересчетом стоимости ГСМ и рабочей силы в цены 2022 г., фактические финансовые затраты на глубокое рыхление почвы и опрыскивание ее препаратом «Биосолвент», усилителем выщелачивания солей. Для удобства понимания цен читателями, расчетные стоимости приведены в рублях. Эмпирическая зависимость прибавки урожая от снижения засоленности почвы опубликована нами ранее [12]. Закупочные цены на хлопок-сырец за 2022 г. и стоимость уборки дополнительного урожая взяты из официальных источников. Методы: статистическая обработка результатов исследований, расчет и сопоставительный анализ затрат.

Результаты исследований и обсуждение. Результаты полного расчета эффективности промывки по показателям: снижение засоленности почв, общие и удельные затраты воды, прибавка и стоимость дополнительного урожая, затраты на его уборку и др., приводятся в таблице 1. Как отмечено выше, стоимость мероприятий по рассолению почв (промывка по чекам, промывка по бороздам, глубокое рыхление почв, и в т. ч. с применением «Биосолвента») рассчитана по ценам, принятым в официальных источниках, и по фактическим затратам.

Из данных таблицы 1 следует, что на эффективность в виде выщелачивания солей оказывают влияние: дренированность участка (обеспечение оттока промывных вод за счет наличия дренажа или высокой инфильтрации почв), исходное засоление почвы. Основное значение имеют: сложение почвенного профиля, положение грунтовых вод (емкость для промывной воды) и объем поданной на промывку воды.

Таблица 1 – Эффективность и экономическая оценка промывки засоленных земель для опреснения слоя почвы 70 см в различных условиях

Характеристика объекта промывки в Сырдарьинской области	Засоление почвы по E_{ce} , дСм/м***		Уменьшение засоления по E_{ce}		Затраты воды, м ³ /га	Удельные затраты воды, м ³ /га, на 1 дСм/м	Стоимость промывки, руб./га	Удельные затраты, руб., на 1 дСм/м засоления почвы	Прибавка урожая, ц/га	Прибыль фермера с 1 га**	Разница: прибыль – затраты	Затраты на уборку	Чистая прибыль фермера
	до промывки	после промывки	дСм/м	% к исходному									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Опыт 1. Почвы среднесуглинистые. УГВ 2,5 м, промывка по чекам 50 × 50 м ($n = 6^*$), хорошо развитый дренаж	6,6	3,4	3,2	48	3700	1162	4195	1317	5,6	30939	26744	5555	21189
Опыт 2. Почвы – легкие суглинки с супесью, УГВ 2,0 м, промывка по чекам 20 × 40 ($n = 7$), обеспеченный дренаж	9,9	1,7	8,2	83	6000	729	4195	510	14,2	79086	74891	14200	60691
Опыт 3. То же, промывка по бороздам 200 м ($n = 14$)	5,4	1,5	3,9	73	4000	1028	571	147	6,8	37872	37301	6800	30501

Продолжение таблицы 1
 Table 1 continued

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Опыт 4. Однородные легко- и среднесуглинистые почвы, УГВ 2,0 м, промывка по чекам 20 × 20 (n = 5)	8,3	6,0	2,3	28	2000	855	4195	1793	4,0	22238	18043	3993	14050
Опыт 5. То же, но с обработкой почвы препаратом «Бисол-вент» (n = 5)	8,5	5,5	3,0	35	2000	671	8084	2713	5,2	29006	20922	5208	15714
Опыт 6. Рассоление слоя 0–30 см средних и легкосуглинистых почв с помощью осадков по фону глубокого рыхления (n = 5)	15,7	7,6	8,1	52	3020	373	2615 (рыхление)	323	10,6	59259	56644	10640	46004
Опыт 7. То же, но с обработкой почвы препаратом «Бисол-вент» (n = 5)	11,9	5,3	6,6	55	3020	458	6504 (рыхление + препарат)	985	11,5	64049	57545	11500	46045
*Число точек контроля засоления. ** При закупочной цене за 1 т 10025000 сумов, или 55694 руб. (https://www.agro.uz/ru/). *** Показатель оценки засоления по классификации ФАО. <i>E_{сe}</i> – электрическая проводимость насыщенного почвенного экстракта (почвенного раствора при ППВ), измеряется в мСм/см = дСм/м = 1000 См/см. При <i>E_{сe}</i> менее 2 дСм/м почвы незасоленные; от 2 до 4 – слабозасоленные; от 4 до 8 – средnezасоленные; от 8 до 16 – сильнозасоленные; при <i>E_{сe}</i> более 16 дСм/м – очень сильнозасоленные.													

При сравнении промывки по чекам (опыт 1) и промывки по бороздам (опыт 3) на фоне почти одинаковых значений исходного засоления почвы и объема поданной на промывку воды выявлено следующее (таблица 1). По количеству вымытых солей на легких почвах (легкий суглинок и супесь) эффективность промывки по бороздам в 1,5 раза выше, чем по чекам на среднесуглинистых почвах. Преимущество промывки по бороздам видно также по показателям: стоимость промывки меньше на 3624 руб./га, большая прибавка урожая хлопка (1,2 ц/га) и, соответственно, прибыль фермера больше на 9312 руб./га.

Аналогично при сравнении эффективности промывки опытов 2 и 4 (промывка по чекам с завышенным и заниженным количеством воды) выявлено, что при сильном засолении почвы (8–9 дСм/м) более эффективна промывка нормой 6000 м³/га, а промывка с подачей воды только одним тактом 2000 м³/га невыгодна. При меньшем объеме затраченной воды (в 3 раза в опыте 4, чем в опыте 2) рассоление почвы также было меньше в 3 раза и вымыто солей соответственно 28 и 83 % от исходного содержания. При этом стоимость подготовки земель к промывке в этих опытах была одинаковой.

В итоге потенциальная прибавка урожая хлопка в опыте 2 составила 14,2 ц/га, в опыте 4 всего 5 ц/га, а прибыль фермера соответственно 60691 и 14050 руб./га. Таким образом, при дефиците водных ресурсов или невозможности обеспечения оттока промывных вод промывка земель малыми нормами (2000 м³/га), которые лишь заполняют зону аэрации и не приводят к вытеснению солей, менее эффективна, чем промывка с подачей воды в два-три такта. Эффективность ее в 3 раза ниже по фактическим данным о выщелачивании солей и в 4 раза ниже по финансовой прибыли фермера.

В таблице 1 также приводятся результаты опытов по рассолению заброшенных земель осадками (опыты 5 и 6) [13]. Из данных опытов видно, что 302 мм осадков (3020 м³/га воды) способны снизить засоление почв с 16 до 8 дСм/м при затратах средств только на глубокое рыхление почвы (опыт 5). Экономический расчет показал, что проведенное глубокое рыхление почвы при наличии атмосферных осадков и оросительной воды в период вегетации способствует получению фермером прибыли в размере 46004 руб./га без вложения средств в промывку засоленных земель по другой технологии.

Рассоление заброшенных земель осадками имеет преимущества с точки зрения экологии почвы, так как, по наблюдениям авторов, технология промывки большим слоем воды приводит к нарушению структуры: «сплыванию» и уплотнению почвы, интенсивному вымыву питательных элементов из корнеобитаемого слоя растений, а при дождевании этого не происходит.

Выводы. Эффективность промывки среднесуглинистых засоленных почв по чекам при затратах воды до 4 тыс. м³/га невысока: 48 % от исходного содержания солей (опыт 1). Промывка легкосуглинистых и супесчаных почв эффективна как по чекам, так и по бороздам с подачей воды соответственно 6,0 и 4,0 тыс. м³/га. При этом удельные затраты воды на промывку по бороздам в 1,41 раза выше.

Стоимость промывки по чекам составляет 775 тыс. сумов/га, или 4195 руб./га. Выбирая эту технологию, необходимо оценивать возможность опреснения почв, которая обусловлена: наличием воды и емкости зоны аэрации для заполнения водой, обеспечением отведения промывной воды, включая фильтрационные свойства почвогрунтов.

Исследованием авторов установлена возможность опреснения почв атмосферными осадками по фону глубокого рыхления (изменение засоления почвы на 53–55 %)

при нулевых затратах воды. Но при этом значительны затраты на глубокое рыхление почвы, которое сохраняет воздействие на почву 3 года.

Из приведенных материалов следует, что наиболее перспективным способом борьбы с засолением представляется промывка по бороздам. При этом затраты труда на подготовку земель составляют всего 343 руб./га, что в 12 раз меньше, чем при промывке по чекам. Также экономически выгодна технология опреснения почвы атмосферными осадками.

Таким образом, с экологической и экономической точки зрения при дефиците водных ресурсов и недостаточной дренированности территории предпочтительными технологиями рассоления земель являются промывки по бороздам (при среднем засолении используемых почв, до 8 дСм/м).

Список источников

1. Нерозин А. Е. Мелиорация засоленных орошаемых земель Узбекистана. Ташкент, 1974. 104 с.
2. Волобуев В. Р. Промывка засоленных почв. Баку: Азернешр, 1945. 20 с.
3. Турабеков Б. Повышение эффективности освоения сильнозасоленных гипсоносных почв Джизакской степи: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.02. Ташкент, 1990. 25 с.
4. Новикова А. В., Ладных В. Я., Кривоносова Г. М. Рекомендации по промывке дождеванием в комплексе с другими приемами рассоления и повышения плодородия засоленных почв зоны Краснознаменной оросительной системы. Харьков, 1981. 14 с.
5. Bresler E., McNeal B. L., Carter D. L. Management // Saline and Sodic Soils. Advanced Series in Agricultural Sciences. 1982. Vol. 10. P. 166–211. https://doi.org/10.1007/978-3-642-68324-4_3.
6. Leaching effect of rainfall on soil under four-year saline water irrigation / G. Cucci, G. Lacolla, M. A. Mastro, G. Caranfa // Soil & Water Res. 2016. 11(3). P. 181–189. DOI: 10.17221/20/2015-SWR.
7. Tanji K. K., Kielen N. C. Agricultural Drainage Water Management in Arid and Semi-Arid Areas. FAO Irrigation and Drainage Paper 61 / Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 2002. 188 p.
8. Пособие к ВНТП 01-98 «Оросительные системы с использованием сточных вод и животноводческих стоков» [Электронный ресурс]. М., 1998. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data1/46/46696/index.htm> (дата обращения: 01.02.2023).
9. Rai R. K., Singh V. P., Upadhyay A. Estimating irrigation design parameters // Planning and Evaluation of Irrigation Projects. 2017. P. 243–282. DOI: 10.1016/B978-0-12-811748-4.00006-6.
10. Kara T., Willardson L. S. Leaching requirements to prevent soil salinization // Journal of Applied Sciences. 2006. Vol. 6, iss. 7. P. 1481–1489. DOI: 10.3923/jas.2006.1481.1489.
11. Широкова Ю. И., Худайбергенов И. Т., Ражабов А. А. О различии отечественных и зарубежных подходов к расчету промывных норм // Проблема управления водных ресурсов в бассейне Аральского моря: междунар. конф. / АУЗУИВР. 2000.
12. Исследование препарата «Биосольвент» для промывки засоленных почв и вегетативного орошения Сырдарьинской области / Ю. И. Широкова, Ф. Ф. Садиев, Г. К. Палуашова, Н. Ш. Шарафутдинова, И. А. Худойназаров, А. С. Тураев // AGRO ILM. 2019. 1(57). С. 59–60. (На узб. яз.).
13. Desalination of degraded soils by atmospheric precipitation and Biosolvent for

saving water resources / Yu. I. Shirokova, G. K. Paluashova, F. F. Sadiev, J. P. A. Lamers, D. T. Kodirov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. 1112. 012130. DOI: 10.1088/1755-1315/1112/1/012130.

References

1. Nerozin A.E., 1974. *Melioratsiya zasolennykh oroshaemykh zemel' Uzbekistana* [Land Reclamation of Saline Irrigated Lands in Uzbekistan]. Tashkent, 104 p. (In Russian).
2. Volobuev V.R., 1945. *Promyvka zasolennykh pochv* [Flushing Saline Soils]. Baku, Azerneshr Publ., 20 p. (In Russian).
3. Turabekov B., 1990. *Povyshenie effektivnosti osvoeniya sil'nozasolennykh gipsonosnykh pochv Dzhizakskoy stepi. Avtoreferat diss. kand. s.-kh. nauk* [Increasing the efficiency of the development of highly saline gypsum-bearing soils of the Jizzakh steppe. Abstract of cand. agri. sci. diss.]. Tashkent, 25 p. (In Russian).
4. Novikova A.V., Ladnykh V.Ya., Krivonosova G.M., 1981. *Rekomendatsii po promyvke dozhdevaniem v komplekse s drugimi priemami rassoleniya i povysheniya plodorodiya zasolennykh pochv zony Krasnoznamenskoy orositel'noy sistemy* [Recommendations for Flushing by Sprinkling in Combination with Other Methods of Desalinization and Increasing the Fertility of Saline Soils in the Zone of the Krasnoznamensk Irrigation System]. Kharkov, 14 p. (In Russian).
5. Bresler E., McNeal B.L., Carter D.L., 1982. Management. Saline and Sodic Soils. Advanced Series in Agricultural Sciences, vol. 10, pp. 166-211, https://doi.org/10.1007/978-3-642-68324-4_3.
6. Cucci G., Lacolla G., Mastro M.A., Caranfa G., 2016. Leaching effect of rainfall on soil under four-year saline water irrigation. *Soil & Water Res.*, 11(3), pp. 181-189, DOI: 10.17221/20/2015-SWR.
7. Tanji K.K., Kielen N.C., 2002. Agricultural Drainage Water Management in Arid and Semi-Arid Areas. FAO Irrigation and Drainage Paper 61. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 188 p.
8. *Posobie k VNTP 01-98 "Orositel'nye sistemy s ispol'zovaniem stochnykh vod i zivotnovodcheskikh stokov"* [Manual to VNTP 01-98 "Irrigation systems using wastewater and livestock effluents"]. Moscow, 1998, available: <https://files.stroyinf.ru/Data1/46/46696/index.htm> [accessed 01.02.2023]. (In Russian).
9. Rai R.K., Singh V.P., Upadhyay A., 2017. Estimating irrigation design parameters. *Planning and Evaluation of Irrigation Projects*, pp. 243-282, DOI: 10.1016/B978-0-12-811748-4.00006-6.
10. Kara T., Willardson L.S., 2006. Leaching requirements to prevent soil salinization. *Journal of Applied Sciences*, vol. 6, iss. 7, pp. 1481-1489, DOI: 10.3923/jas.2006.1481.1489.
11. Shirokova Yu.I., Khudaibergenov I.T., Razhabov A.A., 2000. *O razlichii otechestvennykh i zarubezhnykh podkhodov k raschetu promyvnykh norm* [On the difference between domestic and foreign approaches to the calculation of leaching norms]. *Problema upravleniya vodnykh resursov v bassejne Aral'skogo morya: mezhdunar. konf.* [Problem of Water Resources Management in the Aral Sea Basin: International Conference]. AuzUIVR.
12. Shirokova Yu.I., Sadiev F.F., Paluashova G.K., Sharafutdinova N.Sh., Khudoynazarov I.A., Turaev A.S., 2019. *Issledovanie preparata "Biosol'vent" dlya promyvki zasolennykh pochv i vegetativnogo orosheniya Syrdar'inskoy oblasti* [Study of the "Biosolvent" preparation for saline soils washing and vegetative irrigation of the Syrdarya region]. *AGRO ILM*, 1(57), pp. 59-60. (In Uzbek).

13. Shirokova Yu.I., Paluashova G.K., Sadiev F.F., Lamers J.P.A., Kodirov D.T., 2022. Desalinization of degraded soils by atmospheric precipitation and Biosolvent for saving water resources. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1112, 012130, DOI: 10.1088/1755-1315/1112/1/012130.

Информация об авторах

Ю. И. Широкова – ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник;

Г. К. Палуашова – заведующая лабораторией, доктор философии (PhD) технических наук, старший научный сотрудник;

Ф. Ф. Садиев – старший научный сотрудник, доктор философии (PhD) технических наук;

Д. Т. Кодиров – младший научный сотрудник, аспирант.

Information about the authors

Yu. I. Shirokova – Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher;

G. K. Paluashova – Head of the Laboratory, Doctor of Philosophy (PhD) of Technical Sciences, Senior Researcher;

F. F. Sadiev – Senior Researcher, Doctor of Philosophy (PhD) of Technical Sciences;

D. T. Kodirov – 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 20.02.2023; одобрена после рецензирования 02.03.2023; принята к публикации 21.03.2023.

The article was submitted 20.02.2023; approved after reviewing 02.03.2023; accepted for publication 21.03.2023.

Научная статья
УДК 633.34

Влияние штаммов клубеньковых бактерий на развитие и урожайность сои

**Роман Степанович Масный¹, Лидия Михайловна Докучаева²,
Рита Евгеньевна Юркова³, Сергей Артурович Селицкий⁴**

^{1,2,3,4}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

¹rosniipm@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0254-738X>

²dokuchaeva_lm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4831-7640>

³rita6161@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8275-5834>

⁴ssilja@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4771-4516>

Аннотация. Цель: изучить влияние новых штаммов клубеньковых бактерий 835, 733, 644 на развитие и урожайность сои в условиях орошения на лугово-черноземных почвах Ростовской области. **Материалы и методы.** Полевые исследования проведены на лугово-черноземных почвах Ростовской области в условиях орошения в 2020–2022 гг. согласно схеме опытов. Полевые опыты проведены в соответствии с общепринятыми методиками с учетом зональных особенностей. **Результаты.** Установлено, что из изучаемых штаммов 835, 733, 640 наиболее эффективным по влиянию на рост, формирование площади листовой поверхности, накопление сухой надземной биомассы и урожайность сои сорта Риана является штамм 835. Эти величины в среднем за 3 года соответственно составили 116,5 см, 84,6 тыс. м²/га, 16,2 и 4,72 т/га. Эффективность штаммов 733 и 640 ниже по сравнению со штаммом 835 в среднем на 16 и 23 % соответственно. **Выводы:** для агроклиматической подзоны Ростовской области рекомендуются к использованию с целью обработки семян сои все изученные штаммы – 835, 733 и 640.

Ключевые слова: соя, орошение, инокуляция, штаммы клубеньковых бактерий, урожайность

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия» (г. Новочеркасск, 28 февраля 2023 г.).

Для цитирования: Влияние штаммов клубеньковых бактерий на развитие и урожайность сои / Р. С. Масный, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, С. А. Селицкий // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 1(89). С. 18–25.

Original article

Influence of nodule bacteria strains on soybean development and yield

Roman S. Masnyi¹, Lidiya M. Dokuchayeva², Rita Ye. Yurkova³, Sergey A. Selitskiy⁴

^{1,2,3,4}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

¹rosniipm@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0254-738X>

²dokuchaeva_lm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4831-7640>

³rita6161@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8275-5834>

⁴ssilja@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4771-4516>

Abstract. Purpose: to study the influence of new strains of nodule bacteria 835, 733, 644 on soybean development and yield under irrigation on meadow-chernozem soils Rostov region. **Materials and methods.** Field studies were carried out on meadow-chernozem soils in Rostov region under irrigation conditions in 2020–2022 in accordance with the experimental scheme. Field experiments were carried out in accordance with generally accepted methods, taking into account zonal features. **Results.** It has been determined that of the studied strains 835, 733, 640, strain 835 is the most effective in influencing growth, leaf area duration formation, dry above-ground biomass accumulation and soybean variety Riana yield. These values amounted to 116.5 cm, 84.6 thousand m²/ha, 16.2 and 4.72 t/ha, on average over 3 years, respectively. The efficiency of strains 733 and 640 is lower compared to strain 835 by an average of 16 and 23 %, respectively. **Conclusions:** for the agro-climatic subzone of Rostov region, all studied strains – 835, 733 and 640 are recommended for use in soybean seed treatment.

Keywords: soybean, irrigation, inoculation, nodule bacteria strains, yield

Evaluation of the research results: the main provisions of the article were reported at the All-Russian scientific and practical conference “The role of land reclamation and water management in ensuring the sustainable development of agriculture” (Novocherkassk, February 28, 2023).

For citation: Masnyi R. S., Dokuchayeva L. M., Yurkova R. Ye., Selitskiy S. A. Influence of nodule bacteria strains on soybean development and yield. *Ways of increasing the efficiency of irrigated agriculture*. 2023;1(89):18–25. (In Russ.).

Введение. Важную роль в формировании урожая сои играют клубеньковые бактерии, вступающие в симбиоз с растением [1–3]. Многими исследованиями доказывается снижение роли применения азотных удобрений на сое при высоком уровне симбиотической азотфиксации на фоне обработки штаммами клубеньковых бактерий [4–6].

Эффективность используемых штаммов клубеньковых бактерий во многом определяется почвенно-климатическими условиями и сортом сои. Эти факторы необходимо учитывать при исследованиях [4].

Применение штаммов оптимизирует минеральное питание почв, сокращает использование промышленных азотных удобрений, повышает болезнестойчивость и регулирует стрессовые ситуации погодных условий [7, 8].

Эффективность воздействия бактериальных препаратов определяется не только почвенно-климатическими условиями и возделываемым сортом сои, но и присутствием азотфиксирующих микроорганизмов в почве, способных переработать органику в азот [9, 10]. Исходя из этого, изучение влияния штаммов на развитие сои при определенных факторах является обязательным условием.

Цель исследований – изучить влияние новых штаммов клубеньковых бактерий 835, 733, 640 на развитие и урожайность сои в условиях орошения на лугово-черноземных почвах Ростовской области.

Материалы и методы. Согласно агроклиматическому районированию территории Ростовской области для года со средней влагообеспеченностью вегетационного периода сои исследования проводились в подзоне В [11]. Годы исследований характеризовались следующими погодными условиями за вегетационный период:

- 2020 г.: ГТК = 0,41 (год засушливый), сумма (Σ) активных температур t выше 10 °C – 3320,3 °C;

- 2021 г.: ГТК = 1,14 (влажный), Σ активных t выше 10 °C – 3440,2 °C;

- 2022 г.: ГТК = 0,52 (засушливый), Σ активных t выше 10 °C – 3648,7 °C.

Лугово-черноземные почвы характеризуются благоприятными показателями для возделывания сои.

Схема опыта: вариант 1 – контроль (без инокуляции); вариант 2 – инокуляция штаммом 835, вариант 3 – инокуляция штаммом 733; вариант 4 – инокуляция штаммом 640. Норма высева семян 500 тыс. шт./га, посев широкорядный – 70 см. Сорт сои СК Риана (среднеранний). Штаммы предоставлены Санкт-Петербургским ВНИИСХН. Обработка семян инокулянтами выполнялась в день посева непосредственно в поле. Для поливов использовалась дождевальная машина Valley. Поливная норма составляла от 430 до 450 м³/га в годы исследований. Полевые опыты проведены в соответствии с общепринятыми методиками с учетом зональных особенностей^{1, 2}. Статистическая обработка данных проведена по методике Б. А. Доспехова¹.

Результаты и обсуждение. Влияние исследуемых штаммов клубеньковых бактерий на линейный рост сои представлено в таблице 1, из данных которой видны различия этого показателя как по годам, так и по вариантам опыта (таблица 1).

Таблица 1 – Линейный рост сои к фазе налива бобов при инокуляции различными штаммами (данные 2020–2022 гг.)

В см

Table 1 – Linear growth of soybeans to the phase of bean filling when inoculated with various strains (data 2020–2022)

In cm

Вариант	Линейный рост			Среднее за 3 года
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	
1 Контроль	110,0	105,5	116,5	110,7
2 Штамм 835	115,6	110,3	123,5	116,5
3 Штамм 733	113,0	108,4	121,0	114,1
4 Штамм 640	111,8	107,5	120,5	113,3

Наибольший рост сои отмечен по всем вариантам опыта в 2022 г. В этот год к фазе налива бобов рост сои составил в лучшем варианте со штаммом 835 123,5 см, а со штаммами 733 и 640 соответственно 121,0 и 120,5 см, что свидетельствует об одинаковом их воздействии на данный показатель. Аналогичные результаты получены в 2020 и 2021 гг., но высота растений в эти годы была ниже. Это подтвердили результаты измерений линейного роста в среднем за 3 года. Наибольшая высота растений сои наблюдалась в варианте со штаммом 835, в котором растения были на 5,8 см выше, чем на контроле.

Все штаммы оказывают положительное влияние на развитие листовой поверхности (рисунок 1).

Наибольшая листовая поверхность образовалась в варианте, в котором семена сои обрабатывались штаммом 835. В среднем за 3 года она составила 84,6 тыс. м²/га, что на 8 % выше, чем на контроле. В вариантах со штаммами 733 и 640 это увеличение составило всего соответственно 6 и 4 %.

Штаммы оказали определенное влияние и на накопление сухой надземной био-

¹Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Кн. по требованию, 2012. 352 с.

²Зональные системы земледелия Ростовской области (на период 2013–2020 гг.). В 3 ч. Ч. 1 / А. П. Авдеенко [и др.]; М-во сел. хоз-ва и продовольствия Рост. обл. Ростов н/Д., 2012. 233 с.

массы растений сои (рисунок 2). Наибольшее ее количество, как и в представленных выше показателях, сформировалось в 2022 г., и лучшим вариантом был штамм 835.

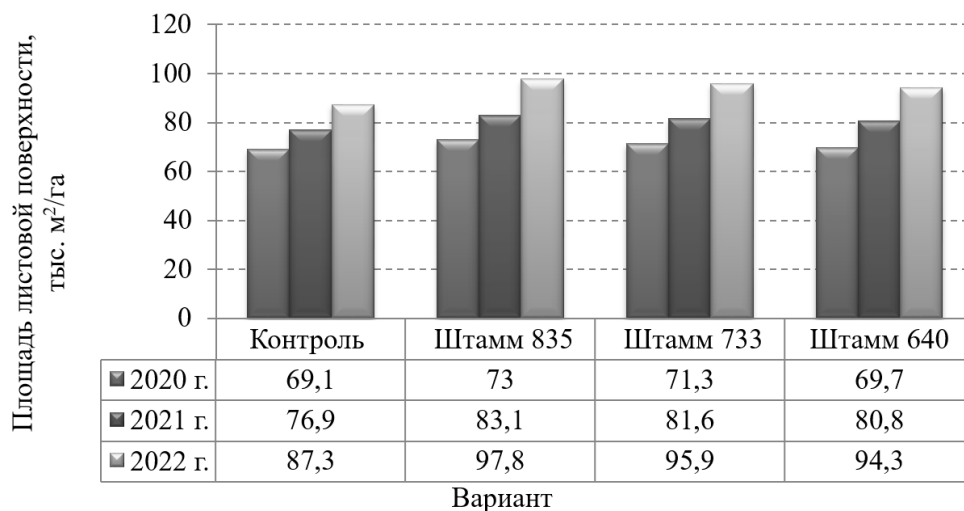


Рисунок 1 – Площадь листовой поверхности сои к фазе налива бобов (данные 2020–2022 гг.)

Figure 1 – Soybean leaf surface area to the bean filling phase (2020–2022 data)

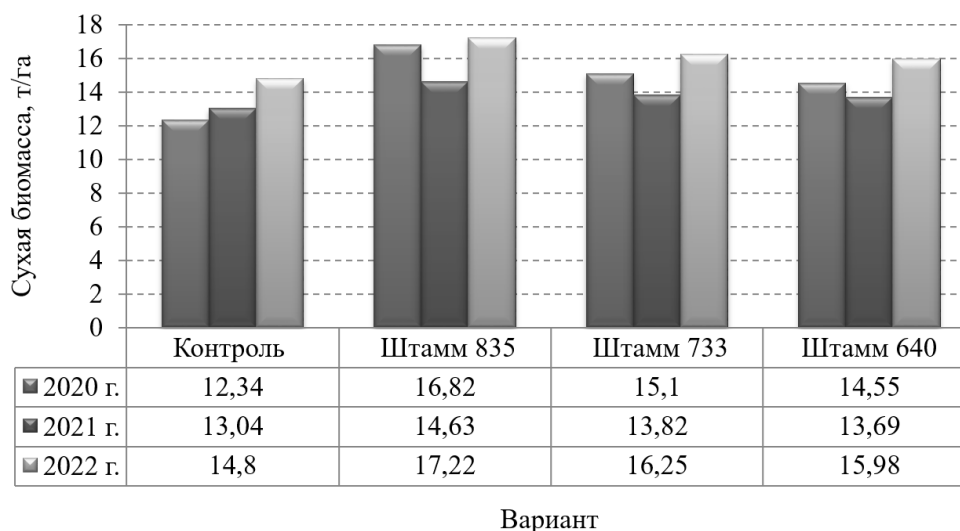


Рисунок 2 – Накопление сухой надземной биомассы растений сои к фазе налива бобов (данные 2020–2022 гг.)

Figure 2 – Accumulation of soybean dry aboveground biomass to bean filling phase (2020–2022 data)

В среднем за 3 года накопление сухой биомассы к фазе налива бобов в лучшем варианте (штамм 835) составило 16,2 т/га, что на 21 % выше показателя контрольного варианта. Штаммы 733 и 640 менее активны по воздействию на накопление сухой биомассы, но практически равнозначны.

Это подтвердили расчеты НСР₀₅ урожайности сои по 3 годам исследований, в данных имеются различия по всем штаммам в сравнении с контролем, но нет разницы в полученной урожайности при обработке семян сои штаммами 733 и 640 (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность сои за 2020–2022 гг. при обработке различными штаммами

В т/га

Table 2 – Soybean yield for 2020–2022 when processing with various strains

In t/ha

Вариант	2020 г.		2021 г.		2022 г.	
	Урожайность	Прибавка	Урожайность	Прибавка	Урожайность	Прибавка
1 Контроль	3,05	–	4,59	–	4,12	–
2 Штамм 835	3,65	0,60	5,66	1,07	4,86	0,74
3 Штамм 733	3,69	0,64	5,29	0,70	4,61	0,49
4 Штамм 640	3,61	0,56	5,19	0,60	4,53	0,41
НСР ₀₅		0,12		0,31		0,23

В среднем за 3 года получена урожайность 3,92 т/га на контроле и 4,72 т/га при обработке семян сои штаммом 835, который был наиболее эффективным по влиянию на рост, развитие и урожайность сои (рисунок 3).

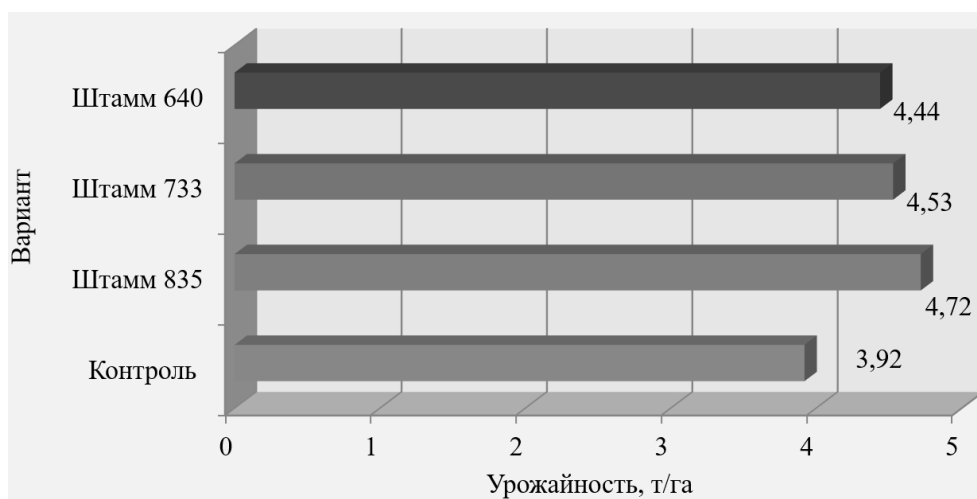


Рисунок 3 – Урожайность сои при обработке различными штаммами в среднем за 2020–2022 г.

Figure 3 – Soybean yield during processing with various strains on average for 2020–2022

Несколько меньшее влияние на развитие сои оказали штаммы 733 и 640.

Выводы. Изучаемые штаммы клубеньковых бактерий 835, 733 и 640 в данных почвенно-климатических условиях (подзоны В) при возделывании сои (сорт СК Риана) на фоне орошения показали положительное влияние на линейный рост, формирование площади листовой поверхности, накопление сухой надземной биомассы и в целом на урожайность. В среднем за 3 года она соответственно составила 4,72; 4,53 и 4,44 т/га. Наиболее результативным в данных условиях является штамм 835.

Список источников

1. Бегун С. А., Тильба В. А. Способы, приемы изучения и отбора эффективных штаммов клубеньковых бактерий сои. Методы аналитической селекции. Благовещенск, 2005. 205 с.

2. Крутило Д. В. Эффективность штаммов *Bradyrhizobium japonicum* на фоне местной популяции ризобий сои // Вестник Алтайского государственного университета. 2014. № 4(114). С. 42–47.

3. Башкатов А. Я., Минченко Ж. Н., Солосенков П. А. Инновационные взгляды на современную технологию возделывания сои в Курской области: практ. рук. Курск: Призма, 2019. 44 с.

4. Васильченков А. Г., Акулов А. С. Поиск высокоэффективных инокулянтов для перспективных сортообразцов сои // Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 4(32). С. 66–70.

5. Тильба В. А., Шабалдас О. Г. Использование биологического азота как средства биологизации системы земледелия // Вестник АПК Ставрополя. 2015. № 2. С. 96–100.

6. Масный Р. С., Юркова Р. Е., Докучаева Л. М. Эффективность штаммов клубеньковых бактерий при возделывании сои в условиях орошения // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2022. Т. 12, № 1. С. 49–62. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1260> (дата обращения: 22.01.2023). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-1-49-62>.

7. Влияние различных штаммов *Rhizobium japonicum* (Kircher) Buchanan на урожайность сои / Р. Д. Магомедов, Н. Г. Цехмейструк, В. А. Шелякин, С. С. Рябуха, С. В. Дидович // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2011. Вып. 2(148–149). С. 159–162.

8. Influence of diazotrophic bacteria on nodulation, nitrogen fixation, growth promotion and yield traits in five cultivars of chickpea / S. Gopalakrishnan, V. Srinivas, A. Vemula, S. Saminani, A. Rathore // Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. 2018. Vol. 15. P. 35–42. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2018.05.006>.

9. Новиков М. Н. Биологические приемы эффективного использования азота почвы, удобрений, симбиотической азотфиксации в полевых агроценозах // Агрехимия. 2020. № 8. С. 60–69. DOI: 10.31857/S0002188120080086.

10. Басиева М. Х., Габуев В. Т. Эффективность промышленных штаммов клубеньковых бактерий на посевах сои // Перспективы развития АПК в современных условиях: материалы 9-й Междунар. науч.-практ. конф., г. Владикавказ, 20–24 апр. 2020 г. / ФГБОУ ВО Горский ГАУ. Владикавказ, 2020. С. 41–43.

11. Районирование территории Ростовской области по агроклиматическим подзонам для перспективных сортов сои различных групп спелости / Г. Т. Балакай, С. А. Селицкий, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2020. № 3(39). С. 52–67. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1138> (дата обращения: 15.01.2023). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-52-67.

References

1. Begun S.A., Tilba V.A., 2005. *Sposoby, priemy izucheniya i otbora effektivnykh shtammov kluben'kovykh bakterii soi. Metody analiticheskoi selektsii* [Methods and Techniques for Studying and Selecting Effective Strains of Soybean Nodule Bacteria. Methods of Analytical Selection]. Blagoveshchensk, 205 p. (In Russian).

2. Krutilo D.V., 2014. *Effektivnost shtammov Bradyrhizobium japonicum na fone mestnoy populyatsii rizobiy soi* [Effectiveness of *Bradyrhizobium japonicum* strains against

the background of local populations of soybean rhizobia]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Altai State Agricultural University], no. 4(114), pp. 42-47. (In Russian).

3. Bashkatov A.Ya., Minchenko Zh.N., Solosenkov P.A., 2019. *Innovacionnyye vzglyady na sovremennuyu tekhnologiyu vozdeleyvaniya soi v Kurskoj oblasti: prakticheskoe rukovodstvo* [Innovative Views on Modern Soybean Cultivation Technology in Kursk Region: a practical guide]. Kursk, Prism Publ., 44 p. (In Russian).

4. Vasilchenkov A.G., Akulov A.S., 2019. *Poisk vysokoeffektivnykh inokulyantov dlya perspektivnykh sortoobraztsov soi* [Search for highly effective inoculants for promising soybean varieties]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury* [Grain Legumes and Cereals], no. 4(32), pp. 66-70. (In Russian).

5. Tilba V.A., Shabaldas O.G., 2015. *Ispolzovanie biologicheskogo azota kak sredstva biologizatsii sistemy zemledeliya* [The use of biological nitrogen as a means of biologization of agriculture]. *Vestnik APK Stavropolya* [Bulletin of the APK of Stavropol], no. 2, pp. 96-100. (In Russian).

6. Masny R.S., Yurkova R.E., Dokuchaeva L.M., 2022. [Efficiency of strains of nodule bacteria in soybeans cultivation under irrigation conditions]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 12, no. 1, pp. 49-62, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1260> [accessed 22.01.2023], <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-1-49-62>. (In Russian).

7. Magomedov R.D., Tsekhmeistruk N.G., Shelyakin V.A., Ryabukha S.S., Dido-vich S.V., 2011. *Vliyanie razlichnykh shtammov Rhizobium japonicum (Kircher) Buchanan na urozhaynost' soi* [The influence of various strains Rhizobium japonicum (Kircher) Buchanan on soybean yield]. *Maslichnye kul'tury. Nauchno-tekhnicheskij byulleten' Vse-rossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur* [Oil Crops. Scientific and Technical Bulletin of All-Russian Scientific Research Institute of Oil Crops], iss. 2(148-149), pp. 159-162. (In Russian).

8. Gopalakrishnan S., Srinivas V., Vemula A., Saminani S., Rathore A., 2018. Influence of diazotrophic bacteria on nodulation, nitrogen fixation, growth promotion and yield traits in five cultivars of chickpea. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, vol. 15, pp. 35-42, <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2018.05.006>.

9. Novikov M.N., 2020. *Biologicheskkiye priemy effektivnogo ispol'zovaniya azota pochvy, udobreniy, simbioticheskoy azotfikatsii v polevykh agrotsenozakh* [Biological methods of effective use of soil nitrogen, fertilizers, symbiotic nitrogen fixation in field agrocenoses]. *Agrokimiya* [Agrochemistry], no. 8, pp. 60-69, DOI: 10.31857/S0002188120080086. (In Russian).

10. Basieva M.Kh., Gabuev V.T., 2020. *Effektivnost' promyshlennykh shtammov klubben'kovykh bakteriy na posevakh soi* [Efficiency of industrial strains of nodule bacteria on soybean crops]. *Perspektivy razvitiya APK v sovremennykh usloviyakh: materialy 9-y Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Prospects for the Development of Agro-Industrial Complex under Modern Conditions: Proc. of the 9th International Scientific-Practical Conference]. Gorsky State Agrarian University, Vladikavkaz, pp. 41-43. (In Russian).

11. Balakay G.T., Selitsky S.A., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., 2020. [Rostov Region territory zoning on agro-climate subzones for perspective soy varieties of various maturity groups]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 3(39), pp. 52-67, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1138> [accessed 15.01.2023], DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-52-67. (In Russian).

Информация об авторах

Р. С. Масный – временно исполняющий обязанности директора, кандидат военных наук;

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

R. S. Masnyi – Acting Director, Candidate of Military Sciences;

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 10.02.2023; одобрена после рецензирования 10.02.2023; принята к публикации 27.02.2023.

The article was submitted 10.02.2023; approved after reviewing 10.02.2023; accepted for publication 27.02.2023.

Научная статья

УДК 634.8.03:631.674.6

Рост и развитие растений винограда столовых сортов первого года жизни при поливе системами капельного орошения в условиях Республики Крым

**Александр Николаевич Бабичев¹, Алексей Александрович Бабенко²,
Анна Михайловна Баева³**

^{1, 2, 3}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

¹BabichevAN2006@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1146-7530>

²al.al.1980@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7582-4907>

³anya-im-1-2@ya.ru

Аннотация. Цель: изучение роста и развития винограда первого года жизни при поливе системами капельного орошения в условиях Республики Крым. **Материалы и методы.** Полевые исследования проводились в с. Павловка Белогорского района Республики Крым. Саженцы высажены 25 ноября 2021 г. по схеме посадки $1,7 \times 1,0$ м. Расчетная норма удобрений вносилась на планируемую урожайность 20 т/га. Полив системами капельного орошения проводился с поддержанием влажности почвы в слое 0,6 м выше 75–80 % НВ в течение всей вегетации. Уход за растениями проводился по рекомендациям научных учреждений Республики Крым. Учет урожая на опытных делянках проводится вручную в поле. Почва опытного участка представлена черноземом солонцеватым тяжело- и среднесуглинистым с низкой оструктуренностью, характеризуется низкой обеспеченностью гумусом, нитраты практически отсутствуют. Обеспеченность подвижным фосфором низкая, а подвижным калием очень высокая. Интенсивность впитывания 1,25 мм/мин (~ 75 мм/ч), интенсивность фильтрации 0,53 мм/мин (~ 32 мм/ч). Вегетационный период 2022 г. характеризовался как влажный (ГТК = 1,375). **Результаты.** Анализ полученных данных выявил, что наибольшие показатели высоты растений были получены у сортов Спорт, Подарок Ирине и Байконур и составили соответственно 105,5; 89,5 и 86,5 см. Идентичные показатели были получены и по вызреванию лозы. Чистая продуктивность фотосинтеза листьев варьировала от 0,48 у сорта Хелена до 1,58 г/(м²·сут) у сорта Спорт. **Выводы.** Проведенные исследования позволили установить, что по своим морфологическим особенностям наиболее развитыми в первый год жизни в данных природно-климатических условиях оказались сорта столового винограда Спорт, Подарок Ирине, Байконур и Забава. Оросительная норма во влажный год (ГТК = 1,375) составила 570 м³/га при суммарном водопотреблении 3830 м³/га.

Ключевые слова: виноград, капельное орошение, водопотребление виноградников, сорта винограда, морфологические особенности сортов винограда

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия» (г. Новочеркасск, 28 февраля 2023 г.).

Для цитирования: Бабичев А. Н., Бабенко А. А., Баева А. М. Рост и развитие растений винограда столовых сортов первого года жизни при поливе системами капельного

орошения в условиях Республики Крым // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 1(89). С. 26–35.

Original article

Growth and development of table grape plants of the first year of life when irrigated by drip irrigation systems in the Republic of Crimea

Aleksandr N. Babichev¹, Alexey A. Babenko², Anna M. Baeva³

^{1, 2, 3}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novochoerkassk, Russian Federation

¹BabichevAN2006@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1146-7530>

²al.al.1980@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7582-4907>

³anya-im-1-2@ya.ru

Abstract. Purpose: to study the growth and development of grapes of the first year of life when irrigated with drip irrigation systems in the conditions of the Republic of Crimea. **Materials and methods.** Field research was carried out in the village Pavlovka, Belogorsky district, Republic of Crimea. The seedlings were planted on November 25, 2021 according to a planting pattern of 1.7 × 1.0 m. The calculated fertilizer rate was applied for a planned yield of 20 t/ha. Watering with drip irrigation systems was carried out with keeping soil moisture in a layer of 0.6 m above 75–80 % the minimum water capacity during the entire growing season. Plant care was carried out according to the recommendations of scientific institutions of the Republic of Crimea. Yield inventory on experimental plots is carried out manually in the field. The soil of the experimental plot is represented by solonchic heavy and medium loamy chernozem with low structure, characterized by a low supply of humus and nitrates are practically absent. The availability of mobile phosphorus is low, and that of mobile potassium is very high. Absorption rate is 1.25 mm/min (~ 75 mm/h), filtration rate 0.53 mm/min (~ 32 mm/h). The growing season of 2022 was characterized as wet (hydrothermal index = 1.375). **Results.** Analysis of the data obtained revealed that the highest plant height indicators were obtained in the varieties Sport, Gift to Irina and Baikonur and amounted to 105.5, 89.5 and 86.5 cm respectively. Identical indicators were obtained for the vine maturing. The net productivity of leaf photosynthesis varied from 0.48 in the Helena variety to 1.58 g/(m²·day) in the Sport variety. **Conclusions.** The conducted studies made it possible to determine that, according to their morphological features, the table grape varieties Sport, Gift to Irina, Baikonur and Amusement turned out to be the most developed in the first year of life in these natural and climatic conditions. Irrigation rate in a wet year (hydrothermal index = 1.375) was 570 m³/ha with a total water consumption of 3830 m³/ha.

Keywords: grapes, drip irrigation, water consumption of vineyards, grape varieties, morphological features of grape varieties

Evaluation of the research results: the main provisions of the article were reported at the All-Russian scientific and practical conference “The role of land reclamation and water management in ensuring the sustainable development of agriculture” (Novochoerkassk, February 28, 2023).

For citation: Babichev A. N., Babenko A. A., Baeva A. M. Growth and development of table grape plants of the first year of life when irrigated by drip irrigation systems in the Republic of Crimea. *Ways of increasing the efficiency of irrigated agriculture*. 2023;1(89): 26–35. (In Russ.).

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ
THE ROLE OF LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT
IN ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

Введение. Основные посадки винограда расположены на юге нашей страны: Республика Дагестан, Краснодарский и Ставропольский края, Волгоградская, Астраханская и Ростовская области и другие регионы. Также одним из перспективных регионов нашей страны для расширения площадей виноградных растений является Республика Крым, где в настоящее время имеется 18,3 тыс. га виноградников, из них более 16 тыс. га плодоносящих.

По экспертной оценке, площади плантаций винограда возможно увеличить до 150 тыс. га, из них в степной зоне Республики Крым на 50–60 тыс. га, в южнобережной зоне на 10 тыс. га и в предгорной около 80 тыс. га.

Одной из основных проблем Республики Крым, несмотря на запуск Северо-Крымского канала, остается недостаток как оросительной, так и питьевой воды. Капельное орошение является одним из экономных видов орошения, и поэтому подбор наиболее продуктивных сортов, отзывчивых на данный способ орошения в условиях Республики Крым, актуален.

Материалы и методы. Полевые исследования проводились в с. Павловка Белогорского района Республики Крым. Закладка полевых опытов и наблюдения проведены с использованием методик Б. А. Доспехова [1, 2], В. Н. Плешакова [3], Т. Н. Кононенко [4] и других общепринятых методик постановки и проведения полевых опытов [5–8].

Саженьцы высажены 25 ноября 2021 г. на площади 0,1375 га. Схема посадки: ширина междурядий 1,7 м, расстояние в ряду между кустами 1,0 м, площадь под одним кустом 1,7 м². Вносилась расчетная норма удобрений на планируемую урожайность 20 т/га. Полив системами капельного орошения проводился с поддержанием влажности почвы в слое 0,6 м выше 75–80 % НВ в течение всей вегетации. Уход за растениями – по рекомендациям научных учреждений Республики Крым [9–12]. Учет урожая на учетных делянках проводится вручную в поле.

Почва опытного участка представлена черноземом солонцеватым тяжело- и среднесуглинистым с низкой оструктуренностью, характеризуется низкой обеспеченностью гумусом, нитраты практически отсутствуют. Обеспеченность подвижным фосфором низкая, а подвижным калием очень высокая. Интенсивность впитывания 1,25 мм/мин (~ 75 мм/ч), интенсивность фильтрации 0,53 мм/мин (~ 32 мм/ч). Вегетационный период 2022 г. характеризовался как влажный (ГТК = 1,375). Схема расположения сортов столового винограда на опытном участке с. Павловка Белогорского района Республики Крым представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Расположение сортов на опытном участке

Table 1 – Arrangement of varieties on the experimental plot

Номер ряда	Наименование сорта	Количество растений в ряду, шт.
1	2	3
1	Подарок Ирине	31
2	Подарок Ирине	4
	Анюта	35
	Спорт	12
3	Дубовский розовый	31
	Спорт	20
4	Забава	36
	Спорт	12

Продолжение таблицы 1

Table 1 continued

1	2	3
5	Памяти учителя	42
	Анюта	7
6	Заря Несветая	42
	Забава	7
	Подарок Ирине	3
7	Ася	50
	Подарок Ирине	2
8	Фавор	51
9	Фавор	9
	Гурман	42
10	Подарок Несветая	32
	Дубовский розовый	20
11	Дубовский розовый	1
	Байконур	30
	Брависсимо	17
	Красавчик	4
12	Ландыш	17
	Эффект	13
	Кишмиш белый	33
13	Бананас	14
	Красавчик	10
	Румейка	29
14	Кишмиш Цымус	15
	Хелена	14
15	Хелена	7

Результаты и обсуждения. У большинства сортов сельскохозяйственных культур морфологические показатели отличаются друг от друга, так, высота растений зависит, прежде всего, от генетически заложенных морфологических особенностей сорта, а также от агроклиматических условий, пищевого и водного режимов и от многих других факторов. Нами были изучены особенности вегетативного развития столовых сортов винограда в условиях капельного орошения Республики Крым (таблица 2). Наибольшие показатели высоты растений и вызревания лозы были получены у сортов Спорт, Подарок Ирине и Байконур. Высота составила соответственно 105,5; 89,5 и 86,5 см. Такие же показатели были получены и по вызреванию лозы.

Нами была определена площадь листовой поверхности сортов столового винограда первого года жизни, которая непосредственно влияет на вызревание лозы. Чем больше площадь листовой поверхности, тем больше аккумулируется солнечной энергии и, как следствие, повышается вызревание виноградной лозы. Как видно из приведенных в таблице 2 данных, высота растений повлияла на данный показатель, у тех же сортов эти показатели были выше и составили 0,80; 0,68 и 0,66 м² на одно растение.

Таблица 2 – Показатели роста и развития растений винограда столовых сортов первого года жизни, Республика Крым, Белогорский район, 2022 г.
Table 2 – Indicators of growth and development of table grapes varieties of the first year of life, the Republic of Crimea, Belogorsky district, 2022

Наименование сорта	Высота, см		Вызревание побега, см	Площадь листовой поверхности, м ²		Чистая продуктивность фотосинтеза, г/(м ² ·сут)		
	1 растение	среднее		1 растение	среднее	1 растение	среднее	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Анюта	43	54	32,7	41,0	0,33	0,41	0,64	0,81
	65		49,4		0,49		0,97	
Ася	42	45	31,9	34,2	0,32	0,34	0,63	0,67
	48		36,5		0,36		0,72	
Байконур	81	86,5	61,6	65,7	0,62	0,66	1,21	1,30
	92		69,9		0,70		1,38	
Бананас	42	38,5	31,9	29,3	0,32	0,29	0,63	0,58
	35		26,6		0,27		0,52	
Брависсимо	66	68	50,2	51,7	0,50	0,52	0,99	1,02
	70		53,2		0,53		1,05	
Гурман	50	42,5	38,0	32,3	0,38	0,32	0,75	0,64
	35		26,6		0,27		0,52	
Дубовский розовый	72	64	54,7	48,6	0,55	0,49	1,08	0,96
	56		42,6		0,43		0,84	
Забава	74	67	56,2	50,9	0,56	0,51	1,11	1,00
	60		45,6		0,46		0,90	
Заря Несветая	60	59	45,6	44,8	0,46	0,45	0,90	0,88
	58		44,1		0,44		0,87	
Красавчик	50	46,5	38,0	35,3	0,38	0,35	0,75	0,70
	43		32,7		0,33		0,64	
Кишмиш белый	61	63	46,4	47,9	0,46	0,48	0,91	0,94
	65		49,4		0,49		0,97	

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ
THE ROLE OF LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT
IN ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

Продолжение таблицы 2

Table 2 continued

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кишмиш Цыбус	41	49,5	31,2	37,6	0,31	0,38	0,61	0,74
	58		44,1		0,44		0,87	
Ландыш	50	49,5	38,0	37,6	0,38	0,38	0,75	0,74
	49		37,2		0,37		0,73	
Памяти Учителя	25	26	19,0	19,8	0,19	0,20	0,37	0,39
	27		20,5		0,21		0,40	
Подарок Ирине	96	89,5	73,0	68,0	0,73	0,68	1,44	1,34
	83		63,1		0,63		1,24	
Подарок Несветая	33	29,5	25,1	22,4	0,25	0,22	0,49	0,44
	26		19,8		0,20		0,39	
Румейка	61	51,5	46,4	39,1	0,46	0,39	0,91	0,77
	42		31,9		0,32		0,63	
Спорт	106	105,5	80,6	80,2	0,81	0,80	1,59	1,58
	105		79,8		0,80		1,57	
Фавор	63	58,5	47,9	44,5	0,48	0,44	0,94	0,88
	54		41,0		0,41		0,81	
Хелена	22	32	16,7	24,3	0,17	0,24	0,33	0,48
	42		31,9		0,32		0,63	
Эффект	31	35,5	23,6	27,0	0,24	0,27	0,46	0,53
	40		30,4		0,30		0,60	

Чистая продуктивность фотосинтеза – показатель, характеризующий количество общей сухой биомассы, образованной растениями в течение 1 сут, в расчете на 1 м² листовой поверхности. Среднюю продуктивность фотосинтеза листьев за день вегетации можно определить путем деления массы лозы на показатель фотосинтетического потенциала растений столового винограда. В целом данный показатель варьировал от 0,48 у сорта Хелена до 1,58 г/(м²·сут) у сорта Спорт.

Также нами были проанализированы показатели водопотребления виноградников столовых сортов в условиях Республики Крым (таблица 3). Из литературных источников установлено, что для приживаемости саженцев необходимо подавать не более 30 м³/га за один полив в период вегетации при оросительной норме не выше 600 м³/га [13–15].

Таблица 3 – Водопотребление виноградников столовых сортов в условиях Республики Крым

Table 3 – Water consumption of table varieties vineyards under conditions of Republic of Crimea

Осадки, мм	Поливная норма, м ³ /га	Число поливов, шт.	Оросительная норма, м ³ /га	Суммарное водопотребление без учета использования влаги из почвы, м ³ /га
326	30	19	570	3830

Анализ данных таблицы 3 показал, что за период вегетации было проведено 19 поливов поливной нормой 30 м³/га, оросительная норма была равна 570 м³/га, при этом суммарное водопотребление составило без учета использования влаги из почвы 3830 м³/га.

Выводы. Проведенные исследования позволили установить, что по своим морфологическим особенностям наиболее развитыми в первый год жизни в данных природно-климатических условиях оказались сорта столового винограда Спорт, Подарок Ирине, Байконур и Забава. Оросительная норма во влажный год (ГТК = 1,375) составила 570 м³/га при суммарном водопотреблении 3830 м³/га.

Список источников

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 352 с.
2. Доспехов Б. А., Васильев И. П., Туликов А. М. Практикум по земледелию. М.: Агропромиздат, 1987. 383 с.
3. Плешаков В. Н. Методика полевого опыта в условиях орошения. Волгоград: ВНИИОЗ, 1983. 148 с.
4. Кононенко Т. Н. Методика проведения полевых опытов в условиях орошения. Ставрополь: СКУС, 1993. 130 с.
5. Методические рекомендации по агротехническим исследованиям в виноградарстве Украины / под ред. А. М. Авидзба. Ялта: ИВиВ «Магарач», 2004. 264 с.
6. Дикань А. П. Методика быстрого определения плодоношения центральных почек у винограда // Доклады ВАСХНИЛ. 1978. № 5. С. 19–20.
7. Каюмов М. К. Программирование продуктивности полевых культур. М.: Росагропромиздат, 1989. С. 346–368.
8. Методические рекомендации ВАСХНИЛ по постановке опытов и проведению исследований по программированию урожая полевых культур. М.: Колос, 1978. 64 с.

9. Капельное орошение виноградников в южных регионах России [Электронный ресурс]. URL: <http:asprus.ru/blog/kapelnoe-oroshenie-vinograda-v-yuzhnykh-regionakh-rossii/> (дата обращения: 31.01.2023).

10. Капельный полив на винограднике – его плюсы и минусы [Электронный ресурс]. URL: <https:dzen.ru/media/vinogradsamara/kapelnyi-poliv-na-vinogradnike--ego-plusy-i-minusy-60ddf2cf5824e6095a3bbf4e> (дата обращения: 30.01.2023).

11. Орошение виноградника: нормы, способы, особенности [Электронный ресурс]. URL: <https:www.neo-agriservis.ru/articles/tekhnologii-vyraschivaniya-selskokhozyaystvennykh-kultur/oroshenie-vinogradnika-normy/> (дата обращения: 27.01.2023).

12. Капельный полив винограда: как часто нужно поливать виноградную лозу? [Электронный ресурс]. URL: <https:kapelni-poliv.ru/articles/kapelnyj-poliv-vinograda-kak-chasto-nuzhno-polivat-vinogradnyu-lozu/> (дата обращения: 30.01.2023).

13. Удобрение виноградников: виды, сроки, дозы и нормы внесения / В. А. Монастырский, А. Н. Бабичев, А. А. Бабенко, А. П. Тищенко // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2022. Т. 12, № 4. С. 265–285. URL: <http:www.rosniipm-sm.ru/article?n=1325> (дата обращения: 27.01.2023). DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-4-265-285.

14. Дифференцированные оросительные нормы сельскохозяйственных культур для почвенно-климатических условий Республики Крым / А. Н. Бабичев, В. И. Ляшевский, В. А. Монастырский, В. И. Ольгаренко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2017. № 4(68). С. 133–137.

15. Бабичев А. Н., Бабенко А. А. Анализ использования дифференцированного подхода при орошении сельскохозяйственных культур // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2020. № 4(40). С. 182–204. URL: <http:www.rosniipm-sm.ru/article?n=1166> (дата обращения: 31.01.2023). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-4-182-204.

References

1. Dospikhov B.A., 1985. *Metodika polevogo opyta* [Methods of Field Experience]. Moscow, Agropromizdat Publ., 352 p. (In Russian).

2. Dospikhov B.A., Vasiliev I.P., Tulikov A.M., 1987. *Praktikum po zemledeliyu* [Workshop on Agriculture]. Moscow, Agropromizdat Publ., 383 p. (In Russian).

3. Pleshakov V.N., 1983. *Metodika polevogo opyta v usloviyakh orosheniya* [Technique of Field Experience in Irrigation]. Volgograd, VNIIOZ, 148 p. (In Russian).

4. Kononenko T.N., 1993. *Metodika provedeniya polevykh opytov v usloviyakh orosheniya* [Methods of Conducting Field Experiments under Irrigation]. Stavropol, SKUS, 130 p. (In Russian).

5. *Metodicheskie rekomendatsii po agrotekhnicheskim issledovaniyam v vinogradarstve Ukrainy* [Guidelines for Agrotechnical Research in Viticulture in Ukraine]. Yalta, IViV “Magarach”, 2004, 264 p. (In Russian).

6. Dikan A.P., 1978. *Metodika bystrogo opredeleniya plodonosheniya tsentral'nykh pochk u vinograda* [A method for quick determining the fruiting of the central buds in grapes]. *Doklady VASKhNIL* [Reports of the All-Union Agricultural Academy of Agricultural Sciences], no. 5, pp. 19-20. (In Russian).

7. Kayumov M.K., 1989. *Programmirovaniye produktivnosti polevykh kul'tur* [Programming the Productivity of Field Crops]. Moscow, Rosagropromizdat Publ., pp. 346-368. (In Russian).

8. *Metodicheskie rekomendatsii VASKhNIL po postanovke opytov i provedeniyu issledovaniy po programmirovaniyu urozhaya polevykh kul'tur* [Carrying out Experiments and Conducting Research on Programming Yields of Field Crops: methodological recommendations of VASKhNIL]. Moscow, Kolos Publ., 1978, 64 p. (In Russian).

9. *Kapel'noe oroshenie vinogradnikov v yuzhnykh regionakh Rossii* [Drip irrigation of vineyards in the southern regions of Russia], available: <http://asprus.ru/blog/kapelnoe-oroshenie-vinograda-v-yuzhnyx-regionax-rossii/> [accessed 31.01.2023]. (In Russian).

10. *Kapel'nyy poliv na vinogradnike – yego plyusy i minusy* [Drip irrigation in the vineyard – Its pros and cons], available: <https://zen.ru/media/vinogradsamara/kapelnyi-poliv-na-vinogradnike--ego-plyusy-i-minusy-60ddf2cf5824e6095a3bbf4e> [accessed 30.01.2023]. (In Russian).

11. *Oroshenie vinogradnika: normy, sposoby, osobennosti* [Vineyard irrigation: norms, methods, features], available: <https://www.neo-agriservis.ru/articles/tekhnologii-vyraschivaniya-selskokhozyaystvennykh-kul'tur/oroshenie-vinogradnika-normy/> [accessed 27.01.2023]. (In Russian).

12. *Kapel'nyy poliv vinograda: kak chasto nuzhno polivat' vinogradnyuyu lozu?* [Drip irrigation of grapes: how often should the vine be watered?], available: <https://kapelni-poliv.ru/articles/kapelnyj-poliv-vinograda-kak-chasto-nuzhno-polivat-vinogradnyuyu-lozu/> [accessed 30.01.2023]. (In Russian).

13. Monastyrsky V.A., Babichev A.N., Babenko A.A., Tishchenko A.P., 2022. [Vineyard fertilizer: types, terms, doses and application rates]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 12, no. 4, pp. 265-285, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1325> [accessed 27.01.2023], DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-4-265-285. (In Russian).

14. Babichev A.N., Lyashevsky V.I., Monastyrsky V.A., Olgarenko V.I., 2017. *Differentsirovannyye orositel'nye normy sel'skokhozyaystvennykh kul'tur dlya pochvenno-klimaticheskikh usloviy Respubliki Krym* [Differentiated irrigation norms of agricultural crops for soil and climatic conditions of the Republic of Crimea]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 4(68), pp. 133-137. (In Russian).

15. Babichev A.N., Babenko A.A., 2020. [Analysis of using differentiated approach when irrigating agricultural crops]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 4(40), pp. 182-204, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1166> [accessed 31.01.2023], DOI: 10.31774/2222-1816-2020-4-182-204. (In Russian).

Информация об авторах

А. Н. Бабичев – ведущий научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук;

А. А. Бабенко – младший научный сотрудник;

А. М. Баева – научный сотрудник.

Information about the authors

A. N. Babichev – Leading Researcher, Doctor of Agricultural Sciences;

A. A. Babenko – Junior Researcher;

A. M. Baeva – Researcher.

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 1(89).

Ways of increasing the efficiency of irrigated agriculture. 2023. № 1(89).

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

THE ROLE OF LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT
IN ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

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 14.02.2023; одобрена после рецензирования 15.02.2023; принята к публикации 22.02.2023.

The article was submitted 14.02.2023; approved after reviewing 15.02.2023; accepted for publication 22.02.2023.

Научная статья
УДК 635.64:631.671

**Суммарное водопотребление томатов открытого грунта
при возделывании рассадным и безрассадным способами**

**Георгий Трифионович Балакай¹, Ирина Владимировна Гурина²,
Федор Геннадьевич Тагиров³**

^{1, 2}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

³Крымский филиал Российского научно-исследовательского института проблем
мелиорации, Симферополь, Российская Федерация

¹balakaygt@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8021-6853>

²i-gurina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4045-3480>

³ftagirov@yandex.ru

Аннотация. Цель: изучить суммарное водопотребление томатов открытого грунта при разных способах возделывания. **Материалы и методы.** Исследования проводились на опытном участке в Белогорском районе Крыма на томатах сорта Новинка Приднестровья. Полевой опыт включал четыре варианта. Почвенный покров участка – черноземы предгорные, средне- и высокообеспеченные гумусом. Вегетационный период 2022 г. был влажным. Исследования проводились в соответствии с общепринятыми методиками. **Результаты и обсуждение.** Высадка рассады и посев семян в открытый грунт проводились 1 мая 2022 г. Рассадку высаживали с нормой высадки 57,1 тыс. шт./га, семена высевались с шириной междурядий 0,7 м нормой 3–4 кг/га с формированием после всходов густоты стояния 57,1 тыс. растений на 1 га. Поливы во всех вариантах проводились капельным орошением с поддержанием влажности почвы не ниже 80 % наименьшей влагоемкости в слое 0,6 м. Полученные значения суммарного водопотребления по вариантам опыта варьировали от 6326 до 6345 м³/га. Наиболее эффективное использование влаги на создание 1 т продукции было установлено при рассадном способе выращивания с использованием рассады, выращенной в кассетах. В этом же варианте отмечалась и самая высокая биологическая урожайность томатов – 102,7 т/га. При разных способах возделывания в структуре суммарного водопотребления томатов преобладали осадки (66,5–66,7 %), затем оросительная норма (30,7–30,8 %). На долю продуктивной почвенной влаги, использованной растениями для формирования урожая, приходилось от 2,5 до 2,8 % от суммарного водопотребления. **Выводы.** В результате проведенных исследований определены значения суммарного водопотребления при рассадном и безрассадном способах выращивания томатов. Эффективность использования влаги растениями определялась как складывающимися климатическими условиями, так и способами возделывания. Полученные результаты не являются окончательными, исследования будут продолжены.

Ключевые слова: томаты, рассадный способ выращивания, безрассадный способ выращивания, орошение, суммарное водопотребление, оросительная норма, коэффициент водопотребления, структура суммарного водопотребления, урожайность

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия» (г. Новочеркасск, 28 февраля 2023 г.).

Для цитирования: Балакай Г. Т., Гурина И. В., Тагиров Ф. Г. Суммарное водопотребление томатов открытого грунта при возделывании рассадным и безрассадным способами // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 1(89). С. 36–45.

Original article

Consumptive water use of open ground tomatoes by seedling and direct methods of cultivation

Georgiy T. Balakay¹, Irina V. Gurina², Fedor G. Tagirov³

^{1,2}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

³Crimean Branch of the Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Simferopol, Russian Federation

¹balakaygt@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8021-6853>

²i-gurina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4045-3480>

³ftagirov@yandex.ru

Abstract. Purpose: to study the consumptive water use of open ground tomatoes with different cultivation methods. **Materials and methods.** The studies were carried out on an experimental plot in Belogorsk region of the Crimea on tomatoes of the Novinka variety of Transnistria. The field experience included four options. The soil cover of the site is piedmont chernozems, medium and highly supplied with humus. The growing season of 2022 was wet. The studies were carried out in accordance with generally accepted methods. **Results and discussion.** Planting seedlings and sowing seeds in open ground were carried out on May 1, 2022. Seedlings were planted with a planting rate of 57.1 thousand plants/ha, seeds were sown with a row spacing of 0.7 m at a rate of 3–4 kg/ha with the formation of a standing density of 57.1 thousand plants per 1 ha after germination. Irrigation in all variants was carried out by drip irrigation with maintenance of soil moisture not lower than 80% of minimum water capacity in a layer of 0.6 m. The obtained values of the consumptive water use for the variants of the experiment varied from 6326 to 6345 m³/ha. The most efficient use of moisture for the creation of 1 ton of products was found at the seedling method using seedlings grown in cassettes. In the same variant, the highest biological yield of tomatoes was noted – 102.7 t/ha. With different cultivation methods, precipitation (66.5–66.7 %) prevailed in the structure of the consumptive water use of tomatoes, followed by irrigation rate (30.7–30.8 %). The share of productive soil moisture used by plants to form a crop accounted for 2.5 to 2.8 % of the consumptive water use. **Conclusions.** As a result of the research, the values of the consumption water use were determined for seedling and direct methods of growing tomatoes. The efficiency of moisture use by plants was determined both by the prevailing climatic conditions and by the methods of cultivation. The results obtained are not final, research will be continued.

Keywords: tomatoes, seedling growing method, direct growing method, irrigation, consumptive water use, irrigation rate, evapotranspiration ratio, consumptive water use structure, yield

Evaluation of the research results: the main provisions of the article were reported at the All-Russian scientific and practical conference “The role of land reclamation and water management in ensuring the sustainable development of agriculture” (Novocherkassk, February 28, 2023).

For citation: Balakay G. T., Gurina I. V., Tagirov F. G. Consumptive water use of

open ground tomatoes by seedling and direct methods of cultivation. *Ways of increasing the efficiency of irrigated agriculture*. 2023;1(89):36–45. (In Russ.).

Введение. Мировой тренд на здоровое питание, неотъемлемой частью которого являются овощи, вызвал увеличение спроса на овощные культуры, в т. ч. и на томаты. Мировые объемы их производства с 2016 по 2020 г. увеличились на 9,5 млн т. Расширяются площади, отводимые под томаты: с 2016 по 2020 г. их рост составил 0,25 млн га. Очевидно, что удовлетворит растущий спрос увеличение объемов производства. Аналогичная ситуация наблюдается и в нашей стране, где растущий спрос удовлетворяется в основном за счет импорта из таких стран, как Азербайджан, Турция и др. [1–4]. Для решения проблемы повышения самообеспеченности овощной продукцией необходимы разработка и внедрение современных ресурсосберегающих технологий возделывания.

Как известно, культура томатов требовательна к водному режиму почвы, поэтому во многих регионах нашей страны получение высоких устойчивых урожаев невозможно без орошения [5–8]. При нарастающем дефиците водных ресурсов, прогрессирующем маловодье наиболее перспективны ресурсосберегающие способы поливов, к числу которых относится и капельное орошение [9–14]. Следует отметить, что в настоящее время капельное орошение активно применяется в сельскохозяйственном производстве как наиболее прогрессивный способ полива, способствующий более эффективному использованию оросительной воды, существенному повышению продуктивности возделываемых культур за счет создания оптимального водного, питательного и воздушного режимов почвы [15, 16].

В связи с вышеизложенным цель исследований состояла в изучении суммарного водопотребления томатов открытого грунта при их возделывании рассадным и безрассадным способами.

Материалы и методы. Полевые исследования проводились в Крымском филиале Российского НИИ проблем мелиорации на опытном участке, расположенном в Белогорском районе Республики Крым. Полевой опыт включал четыре варианта:

- 1) высадка рассады, выращенной в горшках;
- 2) высадка рассады, выращенной в кассетах;
- 3) высадка рассады, выращенной в теплицах разбросом семян с заделкой в почву;
- 4) посев семян в открытый грунт.

Почвенный покров участка – черноземы предгорные, средне- и высокообеспеченные гумусом: его содержание в слое 0–30 см составило 4,5 %, в слое 30–60 см – 6,0 %. Результаты анализов почвенных образцов, отобранных по слоям 0–30 и 30–60 см, показали, что по гранулометрическому составу почвы представлены суглинком тяжелым и суглинком средним соответственно. В слое 0–30 см содержание физической глины составило 45,4 %, а в слое 30–60 см – 44,8 %. Почвы можно охарактеризовать как сильно уплотненные: плотность сложения в слое 0–100 см составила 1,35 т/м³. Наименьшая влагоемкость в слое 0–60 см – 30 %, в слое 0–100 см – 28,5 %.

Анализ климатических условий 2022 г. позволил установить, что значения среднесуточных температур воздуха в июне находились в пределах климатической нормы, в мае, июле, августе и сентябре были на 1,6; 1,3; 1,2 и 2,2 °С соответственно меньше среднегодовой величины (таблица 1).

Осадки по месяцам вегетационного периода выпадали неравномерно: в июне их выпало в 2,7 раза, в августе – в 4,4 раза больше нормы. Обеспеченность осадками в мае была в пределах климатической нормы – 64 мм. Самым засушливым месяцем за период наблюдений был июль. В этом месяце осадков выпало в 2,1 раза меньше средней мно-

голетней величины. В целом сумма выпавших за период вегетации атмосферных осадков составила 446,3 мм, в т. ч. эффективных – 421,7 мм, что в 1,9 раза превысило среднюю многолетнюю величину.

Таблица 1 – Метеорологические показатели в сравнении со среднесуточными данными, метеостанция в г. Белогорске

Table 1 – Meteorological indicators in comparison with long-term averages data weather station in Belogorsk

Показатель	Год	Месяц					Среднее/ сумма
		5	6	7	8	9	
Среднесуточная температура воздуха, °С	2022	14,2	20,1	21,8	22,8	16,8	19,1
	Средние многолетние данные	15,8	20,3	23,1	24,0	19,0	20,4
Осадки, мм	2022	64,0	172,0	22,3	148,4	39,6	Σ446,3
	Средние многолетние данные	62,0	63,0	47,0	34,0	28,0	Σ234
Относительная влажность воздуха, %	2022	70,0	73,0	68,0	75,0	67,0	70,6
	Средние многолетние данные	74,0	73,0	65,0	60,0	64,0	67,2

Показатели относительной влажности воздуха в мае были на 4 % ниже средней многолетней величины, в июне находились в пределах климатической нормы. Июль, сентябрь и особенно август характеризовались повышенными значениями относительной влажности воздуха (таблица 1).

Оценка климатических условий периода вегетации выполнялась с использованием гидротермического коэффициента (ГТК) Селянинова. В результате проведенных расчетов ГТК в 2022 г. составил 1,43, что позволило охарактеризовать вегетационный период года как влажный.

Исследования проводились в соответствии с общепринятыми апробированными методиками [17–20].

Результаты и обсуждение. Посев на рассаду производился в первой декаде марта 2022 г., высадка рассады и посев семян в открытый грунт – 1 мая 2022 г. (рисунки 1 и 2). Рассаду высаживали с нормой высадки 57,1 тыс. шт./га, семена высевались с шириной междурядий 0,7 м нормой 3–4 кг/га с формированием после всходов густоты стояния 57,1 тыс. растений на 1 га. Рассада для высадки соответствовала следующим требованиям: высота растений не превышала 35 см, толщина стебля была не более 0,8–1 см, под первой цветочной кистью было сформировано не менее 9–10 листьев.

Опыт проводился на томатах сорта Новинка Приднестровья. Сорт Новинка Приднестровья включен в Госреестр по Северо-Кавказскому региону и Крыму для выращивания в открытом грунте. Рекомендован для механизированной уборки и консервной промышленности. Этот сорт является среднеранним. Созревание плодов наступает на 104–130-й день после полных всходов. Растение детерминантное, сильнооблиственное, высотой 40–80 см. Лист среднего размера, крупный, зеленый. Соцветие простое, короткое, в нем пять-шесть цветов. Первое соцветие закладывается над шестым-седьмым листом, последующие – через один-два листа. Плод цилиндрический, гладкий, с гранями, мелкий и среднего размера – 36–56 г. Окраска незрелого плода зеленовато-белесая, зрелого – красная. Вкусовые качества хорошие. Содержание сухого вещества составляет 4,7–5,9 %, общего сахара – 2,7–3,1 %. Характеризуется дружным созреванием.



Рисунок 1 – Посев на рассаду (автор фото Ф. Г. Тагиров)
Figure 1 – Sowing for seedlings (photo by F. G. Tagirov)



Рисунок 2 – Высадка рассады на опытные делянки (автор фото Ф. Г. Тагиров)
Figure 2 – Planting seedlings on experimental plots (photo by F. G. Tagirov)

Поливы во всех вариантах опыта проводились капельным орошением с поддержанием влажности почвы не ниже 80 % наименьшей влагоемкости в слое 0,6 м. Миним-

ральные удобрения рассчитывались на планируемую урожайность и во всех вариантах вносились нормой $N_{210}P_{30}K_{290}$ кг д. в./га.

В таблице 2 приведены результаты расчетов суммарного водопотребления и коэффициента водопотребления по вариантам опыта. Суммарное водопотребление рассчитывалось методом водного баланса [20]. При его определении учитывались использованные растениями продуктивные запасы почвенной влаги, сумма выпавших осадков, а также оросительная норма. Полученные значения суммарного водопотребления по вариантам опыта варьировали от 6326 до 6345 м³/га.

Таблица 2 – Суммарное водопотребление томатов открытого грунта по вариантам полевого опыта, 2022 г.

Table 2 – Consumptive water use of open ground tomatoes by field experience options, 2022

Вариант опыта	Используемый продуктивный запас влаги из почвы, м ³ /га	Сумма осадков, м ³ /га	Оросительная норма, м ³ /га	Суммарное водопотребление, м ³ /га	Урожайность, т/га	Коэффициент водопотребления, м ³ /т
1	175	4217	1950	6342	100,9	62,9
2	178	4217	1950	6345	102,7	61,8
3	171	4217	1950	6338	97,3	65,2
4	159	4217	1950	6326	99,7	63,5

Наиболее высокая биологическая урожайность томатов отмечалась при рассадном способе выращивания в варианте 2 – 102,7 т/га, что на 3,0 т/га превысило урожайность при безрассадном выращивании. Среди вариантов опыта с рассадным способом выращивания наиболее низкие значения биологической урожайности плодов были в варианте 3, в котором высаживали рассаду, выращенную в теплице разбросом семян с заделкой в почву.

Наиболее эффективное использование влаги на создание 1 т продукции было установлено при рассадном выращивании в варианте 2, в котором высаживалась рассада, выращенная в кассетах. Здесь значение коэффициента водопотребления было минимальным – 61,8 м³/т. Несколько выше его значение было в варианте 1 (62,9 м³/т), в котором высаживали рассаду, выращенную в горшках. При безрассадном выращивании для формирования 1 т продукции потребовалось 63,5 м³ воды. Наибольшее значение коэффициента водопотребления было установлено в варианте 3, в котором использовалась рассада, выращенная в теплице разбросом семян с заделкой в почву.

В процессе исследований нами рассматривалась структура суммарного водопотребления, анализ которой позволил определить долю участия осадков, используемой продуктивной влаги и оросительной нормы. При разных способах возделывания в структуре суммарного водопотребления томатов преобладали осадки (66,5–66,7 %), затем оросительная норма (30,7–30,8 %). На долю продуктивной почвенной влаги, использованной растениями для формирования урожая, приходилось от 2,5 до 2,8 % суммарного водопотребления.

Выводы. Таким образом, в результате проведенных исследований определены значения суммарного водопотребления при рассадном и безрассадном способах выращивания томатов. В структуре суммарного водопотребления при разных способах выращивания преобладали осадки, затем оросительная норма и продуктивные запасы почвенной влаги. Эффективность использования влаги растениями томатов определя-

лась как складывающимися климатическими условиями, так и способами возделывания. Полученные результаты полевых опытов не являются окончательными, исследования будут продолжены.

Список источников

1. Tomato Market – Growth, Trends, COVID-19 Impact and Forecasts (2022–2027) [Electronic resource]. 2022. 120 p. URL: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5552574/tomato-market-growth-trends-covid-19-impact#product—toc> (date of access: 15.02.2023).

2. World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2021 / FAO. Rome, 2021. 368 p. <https://doi.org/10.4060/cb4477en>.

3. Чайковский А. Основные тренды обеспечения населения овощной продукцией // Наука и инновации. 2021. № 3(217). С. 51–56.

4. Об импорте томатов в Россию в 2015–2021 гг. // Агровестник [Электронный ресурс]. 2022. URL: <https://agrovesti.net/lib/industries/vegetables/ob-importe-tomatov-v-rossiyu-v-2015-2021-gg.html> (дата обращения: 17.02.2023).

5. Водный режим томата при капельном орошении и дождевании в засушливой зоне Астраханской области / Л. П. Ионова, А. С. Бабакова, Р. А. Арсланова, Н. Д. Смашевский // Астраханский вестник экологического образования. 2018. № 5(47). С. 83–89.

6. Анишко М. Ю., Губина Л. В., Роменская О. Н. Продуктивность томата в открытом грунте в условиях Северного Прикаспия // Проблемы развития АПК региона. 2021. № 1(45). С. 6–11. DOI: 10.52671/20790996_2021_1_6.

7. Калмыкова Е. В. Водообеспеченность – определяющий фактор эффективного развития культуры томат // Орошаемое земледелие. 2020. № 2. С. 42–45. DOI: 10.35809/2618-8279-2020-2-9.

8. Орошение томатов открытого грунта: обзор ресурсосберегающих подходов / И. В. Гурина, А. Н. Бабичев, Ф. Г. Тагиров, А. П. Тищенко // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2022. Т. 12, № 3. С. 176–192. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1300> (дата обращения: 17.02.2023). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-3-176-192>.

9. 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.

10. Ахмедов А. Д., Джамалетдинова Е. Э., Засимов А. Е. Продуктивность овощных культур при капельном поливе в условиях Волго-Донского междуречья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее образование. 2018. № 1(49). С. 161–167.

11. Курбанов С. А., Магомедова Д. С., Джамбулатова А. З. Режим орошения томатов при капельном орошении в равнинной зоне Дагестана // Фундаментальная наука и технологии – перспективные разработки: материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф. 2018. С. 94–97.

12. Ходяков Е. А. Особенности режима орошения овощных культур, выращиваемых на юге России // Таврический вестник аграрной науки. 2017. № 4(12). С. 122–132.

13. Комплексные научные исследования ресурсосберегающих приемов повышения продуктивности томата / Е. В. Калмыкова, А. А. Новиков, Н. Ю. Петров, О. В. Калмыкова // Вестник РУДН. Серия: Агрономия и животноводство. 2019. Т. 14, № 4. С. 329–346. <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2019-14-4-329-346>.

14. Оптимальный режим орошения и питания томатов / Н. В. Тютюма, Т. В. Мухортова, Н. И. Кудряшова, А. П. Солодовников // Фермер. Поволжье. 2018, сент. С. 36–41.

15. Зволинский В. П. Капельное орошение: достоинства и проблемы // Техника и оборудование для села. 2011. № 9. С. 12–14.

16. Меньших А. М. Капельное орошение как элемент ресурсосберегающего овощеводства // Орошаемое земледелие. 2015. № 2. С. 15–16.

17. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Альянс, 2014. 351 с.

18. Шевченко П. Д., Ольгаренко Г. В., Иванова Н. А. Практическое руководство по методике проведения опытов на степных агроландшафтах. Новочеркасск, 2001. 114 с.

19. Плешаков В. Н. Методика полевого опыта в условиях орошения: рекомендации. Волгоград: ВНИИОЗ, 1983. 149 с.

20. Мелиорация и водное хозяйство. Орошение: справочник / под ред. Б. Б. Шумакова. М.: Колос, 1999. 432 с.

References

1. Tomato Market – Growth, Trends, COVID-19 Impact and Forecasts (2022–2027). 2022, 120 p., available: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5552574/tomato-market-growth-trends-covid-19-impact#product--toc> [accessed 15.02.2023].

2. World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2021. FAO, Rome, 2021, 368 p., <https://doi.org/10.4060/cb4477en>.

3. Tchaikovsky A., 2021. *Osnovnye trendy obespecheniya naseleniya ovoshchnoy produktsiyey* [Main trends in providing the population with vegetable products]. *Nauka i innovatsii* [Science and Innovations], no. 3(217), pp. 51-56. (In Russian).

4. *Ob importe tomatov v Rossiyu v 2015–2021 gg.* [On the import of tomatoes to Russia in 2015–2021]. *Agrovestnik* [Agrovestnik]. 2022, available: <https://agrovesti.net/lib/industries/vegetables/ob-importe-tomatov-v-rossiyu-v-2015-2021-gg.html> [accessed 17.02.2023]. (In Russian).

5. Ionova L.P., Babakova A.S., Arslanova R.A., Smashevsky N.D., 2018. *Vodnyy rezhim tomata pri kapel'nom orosenii i dozhddevanii v zasushlivoy zone Astrakhanskoy oblasti* [Water regime of tomato under drip irrigation and sprinkling in the arid zone of the Astrakhan region]. *Astrakhanskiy vestnik ekologicheskogo obrazovaniya* [Astrakhan Bulletin of Ecological Education], no. 5(47), pp. 83-89. (In Russian).

6. Anishko M.Yu., Gubina L.V., Romenskaya O.N., 2021. *Produktivnost' tomata v otkrytom grunte v usloviyakh Severnogo Prikaspiya* [Productivity of tomato in the open ground in the conditions of the Northern Caspian Sea]. *Problemy razvitiya APK regiona* [Development Problems of Regional Agro-Industrial Complex], no. 1(45), pp. 6-11, DOI: 10.52671/20790996_2021_1_6. (In Russian).

7. Kalmykova E.V., 2020. *Vodoobespechennost' – opredelyayushchiy faktor effektivnogo razvitiya kul'tury tomat* [Water availability is a determining factor in the effective development of tomato culture]. *Oroshaemoe zemledelie* [Irrigated Agriculture], no. 2, pp. 42-45, DOI: 10.35809/2618-8279-2020-2-9. (In Russian).

8. Gurina I.V., Babichev A.N., Tagirov F.G., Tishchenko A.P., 2022. [Irrigation of tomatoes in open ground: a review of resource-saving approaches]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 12, no. 3, pp. 176-192, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1300> [accessed 17.02.2023], <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-3-176-192>. (In Russian).

9. Engalychev D.I., Engalycheva N.A., Men'shikh A.M., Pastukhova S.S., 2019. *Effek-*

tivnost' kompleksnogo primeneniya udobreniy i kapel'nogo orosheniya pri vyrashchivanii toma-ta v usloviyakh Moskovskoy oblasti [Efficiency of complex application of fertilizers and drip irrigation when growing tomatoes in the conditions of Moscow region]. *Oroshaemoe zemledelie* [Irrigated agriculture], no. 2, pp. 15-16, DOI: 10.35809/2618-8279-2019-2-4. (In Russian).

10. Akhmedov A.D., Dzhamaletdinova E.E., Zasimov A.E., 2018. *Produktivnost' ovoshchnykh kul'tur pri kapel'nom polive v usloviyakh Volgo-Donskogo mezhdurech'ya* [Productivity of vegetable crops in drip irrigation in the conditions of the Volga-Don inter-fluve]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee obra-zovanie* [Proc. of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education], no. 1(49), pp. 161-167. (In Russian).

11. Kurbanov S.A., Magomedova D.S., Dzhambulatova A.Z., 2018. *Rezhim orosheni-ya tomatov pri kapel'nom oroshenii v ravninnoy zone Dagestana* [Irrigation regime of toma-toes in drip irrigation in the flat zone of Dagestan]. *Fundamental'naya nauka i tekhnologii – perspektivnye razrabotki: materialy XVI Mezhdunar. nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Fundamental Science and Technology - Promising Developments: Proc. of the XVI Interna-tional Scientific-Practical Conference], pp. 94-97. (In Russian).

12. Khodyakov E.A., 2017. *Osobennosti rezhima orosheniya ovoshchnykh kul'tur, vy-rashchivaemykh na yuge Rossii* [Features of the irrigation regime of vegetable crops grown in the south of Russia]. *Tavricheskiy vestnik agrarnoy nauki* [Tauride Bulletin of Agrarian Sci-ence], no. 4(12), pp. 122-132. (In Russian).

13. Kalmykova E.V., Novikov A.A., Petrov N.Yu., Kalmykova O.V., 2019. *Kom-pleksnyye nauchnyye issledovaniya resursosberegayushchikh priemov povysheniya produk-tivnosti tomatov* [Resource saving techniques for increasing tomato productivity]. *Vestnik RUDN. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo* [Bull. RUDN. Journal of Agronomy and Ani-mal Industries Series], vol. 14, no. 4, pp. 329-346, <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2019-14-4-329-346>. (In Russian).

14. Tyutyuma N.V., Mukhortova T.V., Kudryashova N.I., Solodovnikov A.P., 2018. *Optimal'nyy rezhim orosheniya i pitaniya tomatov* [Optimal mode of irrigation and nutrition of tomatoes]. *Fermer. Povolzh'e* [Farmer. Volga Region], pp. 36-41. (In Russian).

15. Zvolinsky V.P., 2011. *Kapel'noe oroshenie: dostoinstva i problem* [Drip irrigation: advantages and problems]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela* [Machinery and Equipment for Rural Area], no. 9, pp. 12-14. (In Russian).

16. Men'shikh A.M., 2015. *Kapel'noe oroshenie kak element resursosberegayushche-go ovoshchevodstva* [Drip irrigation as an element of resource-saving vegetable growing]. *Oroshaemoe zemledelie* [Irrigated Agriculture], no. 2, pp. 15-16. (In Russian).

17. Dospekhov B.A., 2014. *Metodika polevogo opyta s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy* [Methods of Field Experience with the Basics of Statistical Processing of Research Results]. Moscow, Alliance Publ., 351 p. (In Russian).

18. Shevchenko P.D., Olgarenko G.V., Ivanova N.A., 2001. *Prakticheskoe rukovod-stvo po metodike provedeniya opytov na stepnykh agrolandshaftakh* [Practical Guidance on the Methods of Conducting Experiments on Steppe Agrolandscapes]. Novocherkassk, 114 p. (In Russian).

19. Pleshakov V.N., 1983. *Metodika polevogo opyta v usloviyakh orosheniya* [Meth-ods of Field Experience in Irrigation Conditions: recommendations]. Volgograd, VNIIOZ, 149 p. (In Russian).

20. Shumakov B.B., 1999. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo. Oroshenie: spravochn-ik* [Reclamation and Water Management. Irrigation: a reference book]. Moscow, Kolos Publ., 432 p. (In Russian).

Информация об авторах

Г. Т. Балакай – главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

И. В. Гурина – ведущий научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, доцент;

Ф. Г. Тагиров – директор филиала.

Information about the authors

G. T. Balakay – Chief Researcher, Doctor of Agricultural Sciences, Professor;

I. V. Gurina – Leading Researcher, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor;

F. G. Tagirov – Division Director.

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 20.02.2023; одобрена после рецензирования 16.03.2023; принята к публикации 24.03.2023.

The article was submitted 20.02.2023; approved after reviewing 16.03.2023; accepted for publication 24.03.2023.

Научная статья

УДК 631.434.52:631.445.4:633.31

**Особенности функционирования почвенного поглощающего комплекса
чернозема выщелоченного Кубани при выращивании люцерны**

Владимир Викторович Алейник¹, Валерий Никифорович Слюсарев²

^{1,2}Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар,
Российская Федерация

¹vlad.aleinik02@mail.ru

²vskubsoil@gmail.com

Аннотация. Цель: проследить за изменением физико-химических свойств чернозема выщелоченного слабогумусного сверхмощного легкоглинистого при возделывании люцерны с применением агрономических технологий различной интенсификации. **Материалы и методы.** В 2020–2022 гг. в зернотравяно-пропашном 11-польном севообороте возделывали зерновые, пропашные культуры и люцерну с использованием технологий различной интенсификации. Схема опыта представляла собой часть выборки из полной схемы многофакторного опыта (4 × 4 × 4) × 3 и включала 12 из 48 имеющихся в опыте вариантов: 1) 0001; 2) 1111; 3) 2221; 4) 3331; 5) 0002; 6) 1112; 7) 2222; 8) 3332; 9) 0003; 10) 1113; 11) 2223; 12) 3333. Изучались общепринятыми методами физико-химические свойства: сумма обменных оснований, емкость катионного обмена, степень насыщенности почвы основаниями, виды почвенной кислотности. **Результаты.** По мере интенсификации технологий выращивания люцерны выявлена тенденция к уменьшению гидролитической, обменной и активной кислотности чернозема выщелоченного. Установлена устойчивая тенденция к росту суммы обменных оснований и степени насыщенности ими почвенного поглощающего комплекса чернозема выщелоченного при выращивании люцерны на фоне интенсивной технологии, независимо от способов обработки почвы. **Выводы:** интенсификация технологий выращивания люцерны в целом способствовала стабилизации состояния почвенного поглощающего комплекса чернозема выщелоченного и усилению буферной способности против процессов его деградации.

Ключевые слова: чернозем выщелоченный, агротехнологии, интенсификация, люцерна, физико-химические свойства, севооборот, многолетний полевой опыт

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия» (г. Новочеркасск, 28 февраля 2023 г.).

Для цитирования: Алейник В. В., Слюсарев В. Н. Особенности функционирования почвенного поглощающего комплекса чернозема выщелоченного Кубани при выращивании люцерны // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 1(89). С. 46–54.

Original article

**Features of the functioning of soil absorption complex
of leached chernozem in Kuban when growing alfalfa**

Vladimir V. Aleynik¹, Valery N. Slyusarev²

^{1,2}Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation

¹vlad.aleinik02@mail.ru

²vskubsoil@gmail.com

Abstract. Purpose: to control the change of physicochemical properties of leached low-humus ultra-high light-clay chernozem during the alfalfa cultivation using agronomic technologies of various intensification. **Materials and methods.** In 2020–2022 in the grain-grass-row crop 11-field crop rotation, grain, row crops and alfalfa were cultivated using technologies of various intensification. The experiment design was a part of the sample from the complete design of the multifactor experiment $(4 \times 4 \times 4) \times 3$ and included 12 out of 48 variants available in the experiment: 1) 0001; 2) 1111; 3) 2221; 4) 3331; 5) 0002; 6) 1112; 7) 2222; 8) 3332; 9) 0003; 10) 1113; 11) 2223; 12) 3333. Physical and chemical properties were studied by conventional methods: the sum of exchange bases, cation exchange capacity, the soil saturation level with bases, types of soil acidity. **Results.** With the intensification of technologies for alfalfa growing, a tendency to a decrease of hydrolytic, exchangeable and active acidity of leached chernozem was revealed. A stable trend towards an increase in the total exchangeable bases and the degree of saturation of the soil absorption complex of leached chernozem during the alfalfa cultivation against the background of intensive technology, regardless of the tillage methods, has been determined. **Conclusions:** the intensification of technologies for alfalfa growing as a whole contributed to the stabilization of soil absorption complex of leached chernozem state and the strengthening of the buffer capacity against the processes of its degradation.

Keywords: leached chernozem, agricultural technologies, intensification, alfalfa, physical and chemical properties, crop rotation, multi-year field experience

Evaluation of the research results: the main provisions of the article were reported at the All-Russian scientific and practical conference “The role of land reclamation and water management in ensuring the sustainable development of agriculture” (Novocherkassk, February 28, 2023).

For citation: Aleynik V. V., Slyusarev V. N. Features of the functioning of soil absorption complex of leached chernozem in Kuban when growing alfalfa. *Ways of increasing the efficiency of irrigated agriculture*. 2023;1(89):46–54. (In Russ.).

Введение. Деградация почв является серьезной глобальной проблемой современности. Ученые отметили, что каждый год от 5 до 7 млн га сельскохозяйственных угодий во всем мире становятся непродуктивными из-за физической, химической и биологической деградации [1]. Проблема гораздо более серьезна в районах с умеренным климатом, поскольку там почвы более подвержены деградации из-за своих свойств и преобладающих климатических условий. С экономической стороны почвенная деградация определяется как процесс, который снижает текущую или будущую способность почвы производить товары или услуги.

Основными причинами деградации почвы являются эрозия (водная или ветровая), уплотнение, засоление, истощение питательных веществ (из-за снижения содержания органического вещества, выщелачивания, извлечения корнями растений без равноценной замены), загрязнение почвы (например, урбанизацией, строительством дорог).

Главным фактором деградации почв в Краснодарском крае является применение неадекватных воздействий, выводящих почву из равновесного состояния. Деградация почв преимущественно идет при совместном воздействии природных и антропогенных факторов. Антропогенное влияние, как правило, способствует активизации природных негативных процессов. Эти процессы наблюдаются в агроландшафтах Краснодарского края при несоблюдении севооборотов, внесении необоснованных норм удобрений, отсутствии соответствующих мероприятий по борьбе с водной и ветровой эрозией, орошении минерализованными водами с завышенными нормами полива, особенно в степ-

ной зоне края. Земли, подверженные распашке и используемые в сельском хозяйстве, превышают 52 % общей площади и 85 % площади сельскохозяйственных угодий, что характеризует высокий уровень их использования и нарушение экологически допустимых пределов. В степной зоне доля пашни не должна превышать 65–80 %, а в предгорной – 30–40 % [2].

Невыполнение требуемых норм привело к негативным результатам: процессам водной эрозии в крае подвержено более 650 тыс. га пашни, у черноземов общей площадью 1,2 млн га мощность уменьшилась на 20–30 см из-за ветровой эрозии, 70 % черноземов края перешли черту малогумусных и отнесены к виду слабогумусных (содержание гумуса менее 4 %). По результатам агрохимического обследования пахотных земель, в Краснодарском крае площадь кислых почв с рН меньше 5,5 в настоящее время составляет более 30 % обследованных площадей, в т. ч. сильнокислых почв (рН менее 4,5) – более 13 % [3–5].

Вот почему актуальны мониторинговые исследования почв в длительных стационарных условиях.

Материалы и методы. Цель наших исследований – проследить за изменением физико-химических свойств чернозема выщелоченного слабогумусного сверхмощного легкоглинистого в условиях агроэкологического мониторинга при возделывании в зернотравяно-пропашном 11-польном севообороте зерновых, пропашных культур и люцерны с использованием технологий различной интенсификации. Исследования проводились на опытном поле учебного хозяйства «Кубань» Кубанского госагроуниверситета в 2020–2022 гг.

Схема опыта представляла собой часть выборки из полной схемы многофакторного опыта $(4 \times 4 \times 4) \times 3$ и включала 12 из 48 имеющихся в опыте вариантов: 1) 0001; 2) 1111; 3) 2221; 4) 3331; 5) 0002; 6) 1112; 7) 2222; 8) 3332; 9) 0003; 10) 1113; 11) 2223; 12) 3333 [3].

В опыте изучали следующие факторы, влияющие на свойства чернозема выщелоченного, в четырех грациях (000, 111, 222, 333): А – условный уровень плодородия почвы; В – система удобрений; С – защита растений, на фоне трех систем основной обработки почвы (D₁, D₂, D₃) [3, 6]. Статистическую обработку результатов анализа почвы выполняли по схеме двухфакторного опыта. Пробы почв отбирали из пахотного и подпахотного слоев.

Для изучения динамики физико-химических свойств была выбрана люцерна сорта Багира, выращиваемая в первой и второй ротации севооборота в выводном клине. Изучались общепринятыми методами следующие физико-химические свойства:

- сумма обменных оснований (общее количество поглощенных основных катионов кальция, магния, натрия, калия, аммония, способных к обмену);
- емкость катионного обмена (суммарное количество способных к обмену основных и кислотных катионов);
- степень насыщенности почвы основаниями (отношение суммы обменных оснований к емкости катионного обмена, выраженное в процентах);
- виды почвенной кислотности (активная и гидролитическая).

При описании результатов исследований четыре технологии были приняты за базовые и условно названы: 000 – экстенсивная; 111 – беспестицидная; 222 – экологически допустимая; 333 – интенсивная.

Чтобы выйти на заданный уровень плодородия, на основе существующих нормативных показателей путем последовательного внесения возрастающих доз полупере-

превшего навоза КРС и суперфосфата создали четыре уровня (А): А₁ – 200 кг/га Р₂О₅ и 200 т/га подстилочного навоза; А₂ – дозы удобрений удваивались; А₃ – утраивались; А₀ – естественный фон плодородия [3, 6].

Нормы удобрения (фактор В) под полевые культуры в изучаемом звене севооборота определились на основе балансового метода с учетом планируемой урожайности, требуемого качества продукции, заданных темпов повышения плодородия, благоприятного состояния окружающей среды.

Третьим фактором, изучаемым в опыте, была система защиты растений от сорняков, вредителей и болезней. Она строилась с учетом экологического порога их вредоносности: С₀ – без применения средств защиты растений; С₁ – биологическая система защиты растений от болезней и вредителей; С₂ – химическая защита от сорняков; С₃ – химическая защита от болезней, вредителей и сорняков.

Результаты и обсуждения. В 2020 г. в посевах люцерны (таблица 1) с ростом интенсификации технологий от экстенсивной (000) до интенсивной (333) независимо от способов обработки почвы физико-химические свойства в пахотном слое изменялись: гидролитическая кислотность от 3,00–3,18 до 2,58–2,73 мг-экв/100 г почвы, сумма обменных оснований – от 36,0–36,2 до 37,3–38,0 мг-экв/100 г почвы. Активная (рН_{Н2О}) и обменная (рН_{КС1}) кислотность варьировала соответственно от 6,56–6,60 до 6,71–6,84 и от 5,63–5,91 до 5,60–5,89, а степень насыщенности основаниями – от 91,8–92,3 до 93,2–93,8 %.

Таблица 1 – Физико-химические свойства чернозема выщелоченного под культурой люцерны 1-го года вегетации

Table 1 – Physical and chemical features of leached chernozem under the alfalfa crop of the 1st year of vegetation

Индекс технологий (ABCD)	Слой, см	Гидролитическая кислотность (Hг)	Сумма обменных оснований (S)	Емкость катионного обмена (ЕКО)	Степень насыщенности основаниями (V), %	рН	
						Н ₂ О	КС1
мг-экв/100 г почвы							
1	2	3	4	5	6	7	8
0001	0–20	3,00	36,1	39,1	92,3	6,56	5,63
	20–40	2,87	35,6	38,5	92,5	6,60	5,59
1111	0–20	2,31	37,3	39,6	94,2	6,63	5,00
	20–40	2,62	37,8	40,4	93,6	6,65	5,00
2221	0–20	2,33	37,6	39,9	94,2	6,67	5,69
	20–40	2,89	37,4	40,3	92,8	6,70	5,62
3331	0–20	2,62	37,6	40,2	93,8	6,71	5,60
	20–40	2,80	37,4	40,2	93,5	6,73	5,66
0002	0–20	3,16	36,0	39,2	91,8	6,60	5,91
	20–40	2,89	35,9	38,8	92,5	6,63	5,60
1112	0–20	3,42	36,8	40,2	91,5	6,65	5,60
	20–40	3,30	36,3	39,6	91,7	6,69	5,71
2222	0–20	3,18	37,6	40,8	92,2	6,70	5,52
	20–40	3,04	37,3	41,3	90,3	6,73	5,68
3332	0–20	2,73	37,3	40,0	93,2	6,84	5,80
	20–40	2,59	37,9	40,5	92,6	6,90	5,90

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ
THE ROLE OF LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT
IN ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

Продолжение таблицы 1

Table 1 continued

1	2	3	4	5	6	7	8
0003	0–20	3,18	36,2	39,4	91,9	6,59	5,83
	20–40	3,22	35,8	39,0	91,8	6,66	5,76
1113	0–20	2,72	37,8	40,5	93,3	6,77	5,68
	20–40	2,46	37,2	39,7	93,7	6,78	5,69
2223	0–20	2,98	37,2	40,2	92,5	6,80	5,79
	20–40	2,24	37,8	40,0	92,5	6,82	6,00
3333	0–20	2,58	38,0	40,6	93,6	6,84	5,89
	20–40	2,92	38,0	40,9	92,9	6,87	6,00

Близкие колебания величин изучаемых показателей установлены и в подпахотном слое: уменьшение $H_{г}$ – от 2,87–3,22 до 2,59–2,92 мг-экв/100 г почвы; увеличение S – от 35,6–35,9 до 37,4–38,0 мг-экв/100 г почвы; увеличение pH_{H_2O} – от 6,60–6,66 до 6,73–6,90 и pH_{KCl} – от 5,59–5,76 до 5,66–6,00, а также V – от 91,8–92,5 до 92,6–93,5 %.

В 2021 г. в посевах люцерны физико-химические свойства в пахотном слое изменялись: гидролитическая кислотность от 2,71–2,93 до 2,54–2,45 мг-экв/100 г почвы, сумма обменных оснований – от 35,8–36,0 до 38,0–38,6 мг-экв/100 г почвы (таблица 2).

Таблица 2 – Физико-химические свойства чернозема выщелоченного под культурой люцерны 2-го года вегетации

Table 2 – Physical and chemical properties of leached chernozem under the alfalfa crop of the 2nd year of vegetation

Индекс технологий (ABCD)	Слой, см	Гидролитическая кислотность ($H_{г}$)	Сумма обменных оснований (S)	Емкость катионного обмена (ЕКО)	Степень насыщенности основаниями (V), %	pH	
						H_2O	KCl
1	2	мг-экв/100 г почвы			3	4	5
0001	0–20	2,71	36,0	38,7	93,0	6,68	5,50
	20–40	2,86	35,7	38,6	92,5	6,65	5,95
1111	0–20	2,49	37,4	39,9	93,7	6,70	5,76
	20–40	2,54	37,0	39,5	93,7	6,80	6,00
2221	0–20	2,61	37,3	39,9	93,5	6,90	5,98
	20–40	2,73	37,4	40,1	93,3	6,85	5,95
3331	0–20	2,54	37,7	40,2	93,8	6,80	5,58
	20–40	2,53	38,5	41,0	93,9	6,77	5,96
0002	0–20	2,82	35,9	38,7	92,8	6,85	5,98
	20–40	2,76	35,7	38,5	92,7	6,78	6,00
1112	0–20	2,95	36,0	38,9	92,5	6,83	6,00
	20–40	2,89	36,6	39,5	92,7	6,73	6,01
2222	0–20	2,47	37,5	40,0	93,8	6,83	6,00
	20–40	2,75	38,0	40,8	93,1	6,90	6,02
3332	0–20	2,51	38,5	41,0	93,9	6,97	6,07
	20–40	2,34	38,6	40,9	94,4	6,92	6,02

Продолжение таблицы 2

Table 2 continued

1	2	3	4	5	6	7	8
0003	0–20	2,93	35,8	38,7	92,5	6,68	5,58
	20–40	2,89	36,4	39,3	92,6	6,70	6,00
1113	0–20	2,47	37,7	40,2	93,8	6,73	6,38
	20–40	2,36	37,6	40,0	94,0	6,75	5,93
2223	0–20	2,53	37,7	40,2	93,8	6,88	5,98
	20–40	2,19	37,6	39,8	94,5	6,85	6,02
3333	0–20	2,45	38,8	41,2	94,2	7,04	6,05
	20–40	2,60	38,6	41,2	93,7	6,96	6,07

Активная (pH_{H_2O}) и обменная (pH_{KCl}) кислотность варьировалась соответственно от 6,68–6,75 до 6,90–7,04 и от 5,50–5,58 до 5,98–6,05, а степень насыщенности основаниями – от 92,9–93,5 до 95,2–95,9 %.

В 2022 г. продолжено исследование физико-химических свойств чернозема выщелоченного в системе агроэкологического мониторинга под культурой люцерны. Установлено, что с ростом интенсификации технологий от экстенсивной (000) до интенсивной (333) независимо от способов обработки почвы (D_1 , D_2 , D_3) физико-химические свойства в пахотном слое изменялись: гидролитическая кислотность от 2,21–2,42 до 2,21–2,25 мг-экв/100 г почвы, сумма обменных оснований – от 35,9–36,3 до 37,3–38,3 мг-экв/100 г почвы (таблица 3).

Таблица 3 – Физико-химические свойства чернозема выщелоченного под культурой люцерны 3-го года вегетации

Table 3 – Physical and chemical properties of leached chernozem under the alfalfa crop of the 3rd year of vegetation

Индекс технологий (ABCD)	Слой, см	Гидролитическая кислотность (Hг)	Сумма обменных оснований (S)	Емкость катионного обмена (ЕКО)	Степень насыщенности основаниями (V), %	pH	
						H ₂ O	KCl
1	2	3	4	5	6	7	8
0001	0–20	2,31	36,3	38,6	94,0	6,60	5,55
	20–40	2,46	36,7	39,2	93,6	6,62	5,94
1111	0–20	2,19	37,3	39,5	94,4	6,71	5,74
	20–40	2,14	37,2	39,3	94,6	6,78	5,90
2221	0–20	2,21	37,0	39,2	94,4	6,89	5,95
	20–40	2,33	37,1	39,4	94,2	6,83	5,96
3331	0–20	2,24	37,3	39,5	94,4	6,82	5,59
	20–40	2,23	38,0	40,2	94,5	6,79	5,94
0002	0–20	2,42	36,5	38,9	93,8	6,66	5,90
	20–40	2,46	35,9	38,4	93,5	6,79	6,04
1112	0–20	2,55	36,2	38,7	93,5	6,85	6,03
	20–40	2,49	36,7	39,2	93,6	6,74	6,02
2222	0–20	2,27	37,7	40,0	94,2	6,85	6,04
	20–40	2,35	38,1	40,4	94,3	6,79	6,04

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ
THE ROLE OF LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT
IN ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

Продолжение таблицы 3

Table 3 continued

1	2	3	4	5	6	7	8
3332	0–20	2,21	38,3	40,5	94,6	6,92	6,08
	20–40	2,14	38,2	40,3	94,8	6,93	6,03
0003	0–20	2,53	35,9	38,4	93,5	6,70	6,02
	20–40	2,59	36,6	39,2	93,4	6,69	6,04
1113	0–20	2,27	37,6	39,9	94,2	6,70	6,06
	20–40	2,26	37,5	39,8	94,2	6,76	5,94
2223	0–20	2,33	37,6	39,9	94,2	6,90	6,03
	20–40	2,20	37,4	39,6	94,4	6,87	6,05
3333	0–20	2,25	38,3	40,5	94,6	7,00	6,04
	20–40	2,30	38,4	40,7	94,3	6,98	6,08

Близкие колебания величин изучаемых показателей установлены и в подпахотном слое: уменьшение $Hг$ – от 2,46–2,53 до 2,14–2,30 мг-экв/100 г почвы; увеличение S – от 35,9–36,7 до 38,0–38,4 мг-экв/100 г почвы; увеличение pH_{H_2O} – от 6,62–6,74 до 6,79–6,98 и pH_{KCl} – от 5,94–6,04 до 5,94–6,08, а также V – от 93,6–94,2 до 94,3–94,8 % [4].

Об улучшении состояния почвенного поглощающего комплекса чернозема выщелоченного свидетельствует и увеличение емкости катионного обмена в пахотном и подпахотном слоях соответственно от 38,4–38,9 до 39,5–40,5 и от 38,4–39,2 до 40,2–40,7 мг-экв/100 г почвы.

Выводы. Изучение физико-химических свойств чернозема выщелоченного в погодных условиях 2020–2022 гг. при выращивании люцерны на фоне альтернативных технологий позволило сделать следующие выводы.

1 По мере интенсификации технологий выращивания люцерны выявлена тенденция к уменьшению гидролитической, обменной и активной кислотности чернозема выщелоченного.

2 Установлена устойчивая тенденция к увеличению суммы обменных оснований и степени насыщенности ими почвенного поглощающего комплекса чернозема выщелоченного при выращивании люцерны на фоне интенсивной технологии, независимо от способов обработки почвы.

3 Интенсификация технологий выращивания люцерны в целом способствовала стабилизации состояния почвенного поглощающего комплекса чернозема выщелоченного и усилению буферной способности против процессов его деградации.

Список источников

1. Гогмачадзе Г. Д. Деградация почв: причины, следствия, пути снижения и ликвидации. М.: МГУ, 2011. 272 с.
2. Власенко В. П., Подколзин О. А., Осипов А. В. Охрана почв: учеб. пособие. Краснодар: КубГАУ, 2018. 172 с.
3. Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края / под ред. И. Т. Трубилина, Н. Г. Малюги. Краснодар, 1997. 236 с.
4. Алейник В. В., Слюсарев В. Н. Физико-химические свойства чернозема выщелоченного в зависимости от приемов выращивания люцерны // Вектор современной науки: сб. тез. по материалам междунар. науч.-практ. конф. Краснодар: КубГАУ, 2022. 997 с.

5. Терпелец В. И., Слюсарев В. Н. Физико-химические свойства чернозема выщелоченного в агроценозах с различным антропогенным воздействием // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2008. № 12. С. 110–114.

6. Слюсарев В. Н., Бузоверов А. В., Власенко В. П. Почвенный поглощающий комплекс чернозема выщелоченного как показатель функционирования почвенной системы и пути его регулирования // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 44. С. 126–130.

References

1. Gogmachadze G.D., 2011. *Degradatsiya pochv: prichiny, sledstviya, puti snizheniya i likvidatsii* [Soil Degradation: Causes, Effects, Ways of Decrease and Elimination]. Moscow, MGU, 272 p. (In Russian).

2. Vlasenko V.P., Podkolzin O.A., Osipov A.V., 2018. *Okhrana pochv: uchebnoe posobie* [Soil Protection: textbook]. Krasnodar, KubGAU, 172 p. (In Russian).

3. Trubilin I.T., Malyugi N.G. (edit.), 1997. *Agroekologicheskiy monitoring v zemledelii Krasnodarskogo kraya* [Agroecological Monitoring in Agriculture of the Krasnodar Territory]. Krasnodar, 236 p. (In Russian).

4. Aleinik V.V., Slyusarev V.N., 2022. *Fiziko-khimicheskiye svoystva chernozema vyshchelochennogo v zavisimosti ot priemov vyrashchivaniya lyutserny* [Physical and chemical properties of leached chernozem depending on the methods of growing alfalfa]. *Vektor sovremennoy nauki: sb. tez. po materialam mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Vector of Modern Science: Abstracts of the Proc. of the International Scientific-Practical Conference]. Krasnodar, KubGAU, 997 p. (In Russian).

5. Terpelets V.I., Slyusarev V.N., 2008. *Fiziko-khimicheskie svoystva chernozema vyshchelochennogo v agrotsenozakh s razlichnym antropogennym vozdeystviem* [Leached chernozem physical and chemical properties in agroecosystems with various anthropogenic influence]. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proc. of Kuban State Agrarian University], no. 12, pp. 110-114. (In Russian).

6. Slyusarev V.N., Buzoverov A.V., Vlasenko V.P., 2013. *Pochvennyy pogloshchayushchiy kompleks chernozema vyshchelochennogo kak pokazatel' funktsionirovaniya pochvennoy sistemy i puti ego regulirovaniya* [Soil absorption complex of leached chernozem as an indicator of soil system functioning and the ways of its regulation]. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proc. of Kuban State Agrarian University], no. 44, pp. 126-130. (In Russian).

Информация об авторах

В. В. Алейник – студент-бакалавр;

В. Н. Слюсарев – профессор, доктор сельскохозяйственных наук, доцент.

Information about the authors

V. V. Aleynik – Bachelor Student;

V. N. Slyusarev – Professor, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor.

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 20.02.2023; одобрена после рецензирования 22.02.2023; принята к публикации 20.03.2023.

The article was submitted 20.02.2023; approved after reviewing 22.02.2023; accepted for publication 20.03.2023.

Научная статья
УДК 631.67:633.511

**Рост и развитие сортов хлопчатника
на орошаемых землях Ростовской области**

Сергей Артурович Селицкий¹, Юлия Ивановна Недоцукова²

^{1,2}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

¹ssilja@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4771-4516>

²nedotsukova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8221-949X>

Аннотация. Цель: изучение роста и развития сортов хлопчатника при возделывании на орошаемых землях Ростовской области. **Материалы и методы.** Исследования проводились в 2022 г. на полях Бирючукской овощной селекционной опытной станции – филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства», расположенной в г. Новочеркасске Ростовской области, почвы представлены тяжелосуглинистыми черноземами обыкновенными. В опытах рассмотрены семь сортов раннеспелого срока созревания: ПГССХ-1, С6465, Феникс, Фаворит, Зироаткор 64, Фаравон 20 и Гиссар. Фенологические и биометрические наблюдения проводились по общепринятым методикам. **Результаты.** В результате исследований установлена продолжительность фаз вегетации сортов хлопчатника. Определены закономерности роста, нарастания площади листовой поверхности и накопления сухой массы сортов хлопчатника. В фазе созревания линейный рост варьировал от 66 до 97 см, площадь листовой поверхности – от 16,40 до 36,76 тыс. м²/га, сухая масса – от 2,62 до 5,46 т/га в зависимости от сорта хлопчатника. **Выводы.** В результате исследований установлено, что продолжительность вегетации сортов хлопчатника составила от 140 до 155 дней. Наименьший период вегетации наблюдался у сорта ПГССХ-1, наибольший – у сорта Фаравон 20.

Ключевые слова: хлопчатник, сорт, фенологические наблюдения, площадь листовой поверхности, фазы развития

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия» (г. Новочеркасск, 28 февраля 2023 г.).

Для цитирования: Селицкий С. А., Недоцукова Ю. И. Рост и развитие сортов хлопчатника на орошаемых землях Ростовской области // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 1(89). С. 55–62.

Original article

**Growth and development of cotton
varieties on irrigated lands of Rostov region**

Sergey A. Selitskiy¹, Julia I. Nedotsukova²

^{1,2}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

¹ssilja@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4771-4516>

²nedotsukova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8221-949X>

Abstract. Purpose: to study the growth and development of cotton varieties when cultivated on irrigated lands of Rostov region. **Materials and methods.** The research was carried out in 2022 on the fields of the Biryuchekutskaya vegetable breeding experimental station – a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Center for Vegetable Growing”, located in Novocherkassk, Rostov region, the soils are represented by heavy loamy ordinary chernozems. In the experiments, seven varieties of early ripening were considered: PGSSH-1, S6465, Phoenix, Favorit, Ziroatkor 64, Faravon 20 and Gissar. Phenological and biometric observations were carried out according to generally accepted methods. **Results.** As a result of the research, the duration of the vegetation phases of cotton varieties has been found out. The regularities of growth, increase in the area of the leaf surface and accumulation of the dry mass of cotton varieties were determined. In the ripening phase, the linear growth varied from 66 to 97 cm, leaf surface area – from 16.40 to 36.76 thousand m²/ha, dry weight – from 2.62 to 5.46 t/ha, depending on the variety cotton. **Conclusions.** As a result of the research, it was found that the duration of the cotton varieties vegetation ranged from 140 to 155 days. The shortest vegetation period was observed in variety PGSSH-1, the longest – in variety Faravon 20.

Keywords: cotton, variety, phenological observations, leaf area, development phases

Evaluation of the research results: the main provisions of the article were reported at the All-Russian scientific and practical conference “The role of land reclamation and water management in ensuring the sustainable development of agriculture” (Novocherkassk, February 28, 2023).

For citation: Selitskiy S. A., Nedotsukova Ju. I. Growth and development of cotton varieties on irrigated lands of Rostov region. *Ways of increasing the efficiency of irrigated agriculture*. 2023;1(89):55–62. (In Russ.).

Введение. Исторические свидетельства говорят о том, что хлопковая ткань существовала уже в V в. до н. э. Принято считать, что родиной хлопчатника является Индия, в дальнейшем его стали возделывать в странах Азии. Широкое распространение хлопчатник получил в основном в зоне тропического и субтропического климата [1].

Эту культуру зачастую называют «белым золотом», ее стратегическое значение неоспоримо, поскольку она является основным поставщиком сырья (хлопкового волокна) для текстильной промышленности, а продукты переработки и семена используются в пищевой, оборонной, медицинской, косметической и других отраслях.

Крупнейшими производителями хлопка-сырца являются такие страны, как Индия, Китай, США, Пакистан, Узбекистан, Бразилия, Туркменистан, в которых объемы производства хлопка превышают 1 млн т [2]. Производство хлопка-сырца в Советском Союзе полностью обеспечивало потребности текстильной промышленности и было одним из крупнейших в мире. Однако после распада СССР и выхода среднеазиатских республик из его состава в России практически перестали возделывать эту культуру. Современные реалии международной обстановки и экономики таковы, что Россия вынуждена обеспечить нужды в хлопке-сырце для текстильной промышленности за счет собственных ресурсов, возобновив возделывание хлопчатника на юге страны. Биологические особенности хлопчатника таковы, что теплообеспеченность является ограничивающим фактором расширения ареала возделывания хлопчатника. В Российской Федерации есть несколько регионов, по своим почвенным и климатическим характеристикам подходящих для выращивания хлопчатника, – это Ставропольский и Краснодарский края, Астраханская, Волгоградская и Ростовская области, Чеченская и Калмыцкая Республики, а также Республики Дагестан и Крым [3, 4].

В настоящее время проводятся работы по восстановлению этой отрасли. Промышленное производство хлопчатника сосредоточено в основном в Астраханской и Волгоградской областях и Ставропольском крае и занимает порядка 400 га посевов. По оценке специалистов, необходимо засеять до 280 тыс. га этой технической культурой для обеспечения потребности в хлопковом волокне в 250 тыс. т.

Для решения этой проблемы отечественными селекционерами создаются сорта скороспелого срока созревания с продолжительностью вегетационного периода 120 дней и урожайностью 2,0–3,5 т/га [5]. Создание новых перспективных сортов хлопчатника с вегетационным периодом 105–110 дней, таких как ПГССХ-1, позволяет отодвинуть северную границу возделывания хлопчатника до 50° с. ш. [6–9].

В связи с этим целью наших исследований являлось изучение роста и развития растений хлопчатника при возделывании на орошаемых землях Ростовской области.

Материалы и методы. Исследования проводились в 2022 г. на полях Бирючукской овощной селекционной опытной станции – филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» (Бирючукская ОСОС – филиал ФГБНУ ФНЦО), расположенной в г. Новочеркасске Ростовской области. Почвы участка представлены черноземом обыкновенным, по гранулометрическому составу относятся к суглинкам тяжелым. Объектом исследований являлись сорта хлопчатника раннеспелого срока созревания, отечественной и зарубежной селекции: ПГССХ-1 (контроль) и С6465 – селекции Волгоградского ГАУ, Феникс и Фаворит – селекции ФГУП «Прикумская опытно-селекционная станция», Фаравон 20 и Гиссар – селекции Института земледелия Таджикской академии сельскохозяйственных наук, Зироаткор 64 – Таджикской академии сельскохозяйственных наук. Хлопчатник высевался широкорядным способом через 70 см нормой посева 100 тыс. шт./га. Размещение вариантов опыта (делянок) рендомизированное, размер делянок – 56 м², учетная площадь делянок – 50 м². Повторность опыта четырехкратная. Поливы участка осуществлялись с помощью систем капельного орошения с поддержанием уровня увлажнения в пределах 80–100 % наименьшей влагоемкости в слое почвы 0,6 м. Биометрические наблюдения и учеты проводились по методике Госсортосети [10], отмечались следующие фенологические фазы: всходы, появление 1-го настоящего листа, бутонизация, цветение, начало и полное созревание. Статистическая обработка полученных данных проводилась по методике Б. А. Доспехова [11].

Результаты и обсуждение. Климатические условия за вегетационный период 2022 г. характеризуются низким количеством выпадавших осадков по сравнению со среднесуточными данными – 71 % от нормы. Среднесуточная температура воздуха в мае была ниже среднесуточной величины на 1,4 °С. В последующие месяцы температура воздуха опережала значения многолетних данных. Пониженные температуры воздуха в весенний период повлияли на качество всхожести и продолжительность появления всходов. В таблице 1 представлены показатели всхожести сортов хлопчатника.

При посеве хлопчатника нормой 100 тыс. шт./га получено всходов в зависимости от сорта от 7,1 до 9,1 шт./м², или от 71 до 91 %. Наилучшая полевая всхожесть отмечена у сортов Фаворит и Феникс. Сохранность растений к концу уборки составила от 81 до 89 %.

Биологические особенности сортов и климатические условия года предопределили продолжительность фаз вегетации сортов хлопчатника, значение которой приведено в таблице 2.

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ
THE ROLE OF LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT
IN ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

Таблица 1 – Полевая всхожесть сортов хлопчатника**Table 1 – Field germination of cotton varieties**

Сорт	Норма высева, тыс. шт./га	Количество всходов растений, шт./м ²	Полевая всхожесть, %	Количество растений к уборке, шт./м ²	Выживаемость растений к уборке, %
ПГССХ-1 (контроль)	100	8,7	87	7,2	83
С6465	100	7,1	71	6,0	85
Феникс	100	8,8	88	7,8	89
Фаворит	100	9,1	91	8,0	88
Фаравон 20	100	7,8	78	6,3	81
Зироаткор 64	100	8,3	83	7,1	86
Гиссар	100	8,5	85	7,0	82

Таблица 2 – Продолжительность фаз вегетации сортов хлопчатника**Table 2 – The duration of the vegetation phases of cotton varieties**

Сорт	Фаза вегетации						
	посев – всходы	всходы – 1 лист	1 лист – бутонизация	бутонизация – цветение	цветение – начало созревания	начало созревания – полное созревание	всходы – полная спелость
ПГССХ-1 (контроль)	17	11	19	27	46	37	140
С6465	17	11	20	29	48	39	147
Феникс	17	11	20	28	47	39	145
Фаворит	17	11	20	29	47	38	145
Фаравон 20	18	12	22	31	49	41	155
Зироаткор 64	18	12	21	31	48	41	153
Гиссар	18	12	21	30	47	39	149

Продолжительность вегетационного периода сортов хлопчатника от всходов до полного созревания варьировала от 140 до 155 дней. У сортов волгоградской и ставропольской селекции был зафиксирован наиболее короткий вегетационный период 140–147 дней, а у сортов таджикской селекции он продлился 149–155 дней. Наиболее длительные периоды в развитии растений отмечены при наступлении фаз цветения – начала созревания – от 46 до 49 дней и начала созревания – полного созревания – от 37 до 41 дня в зависимости от сорта.

Наблюдениями установлено, что интенсивный линейный рост отмечается у растений после фазы бутонизации до фазы цветения. Динамика линейного роста сортов хлопчатника представлена на рисунке 1.

В фазах развития хлопчатника от бутонизации до цветения значения линейного роста изменялись от 30 до 58 см у сорта Зироаткор 64 и от 35 до 94 см у сорта Фаравон 20. По сравнению с контролем (сорт ПГССХ-1) в фазе цветения высота растений у сорта С6465 была ниже на 12 см, у сорта Феникс – ниже на 6 см, у сорта Фаравон 20 – выше на 5 см, у сорта Зироаткор 64 – ниже на 31 см, у сорта Гиссар – ниже на 16 см.

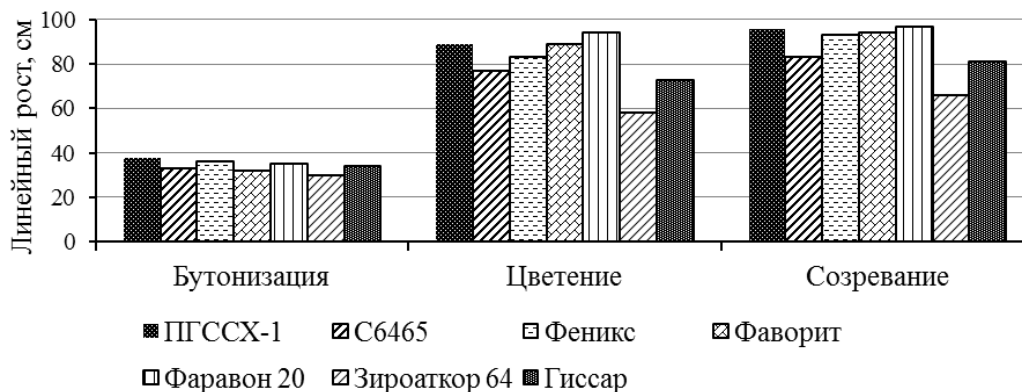


Рисунок 1 – Динамика линейного роста сортов хлопчатника

Figure 1 – Dynamics of linear growth of cotton varieties

Формирование листовой поверхности хлопчатника происходит в зависимости от агроклиматических условий, агротехнических мероприятий и биологических особенностей сорта. На рисунке 2 представлены показатели площади листовой поверхности сортов хлопчатника по фазам вегетации.

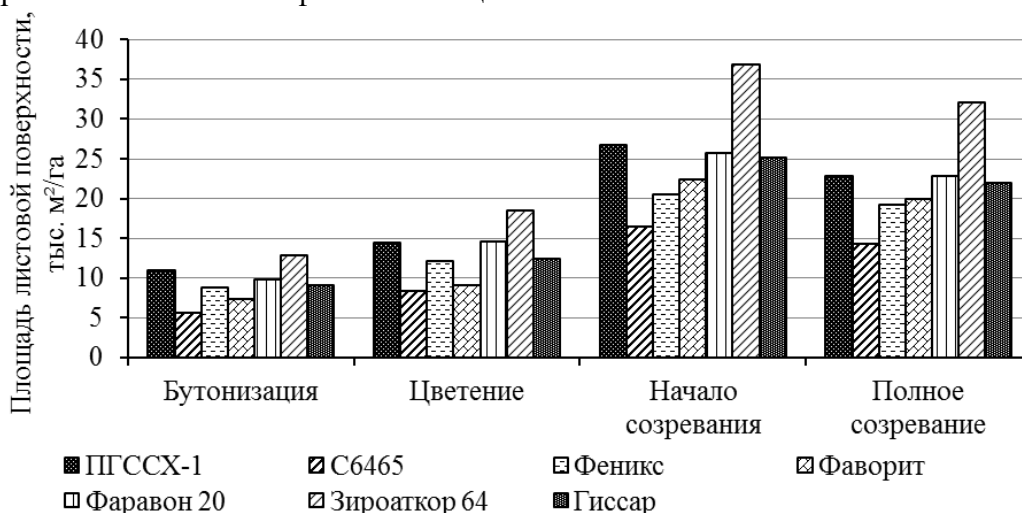


Рисунок 2 – Динамика нарастания площади листовой поверхности сортов хлопчатника по фазам вегетации

Figure 2 – Dynamics of increase in leaf area surfaces of cotton varieties by vegetation phases

Наблюдения за динамикой формирования площади листовой поверхности показывают, что в период вегетации от бутонизации до цветения происходит плавное нарастание листовой поверхности, затем интенсивно увеличивается, достигает максимальных значений в фазе начала созревания и снижается к фазе полного созревания. В фазе начала созревания максимальные показатели площади листовой поверхности отмечены у сортов Зироаткор 64 и ПГССХ-1 – 36,76 и 26,68 тыс. м²/га. При наступлении полного созревания листья начинают опадать, что приводит к снижению площади листовой поверхности.

Сорта хлопчатника имели различные показатели накопления сухой биомассы в течение вегетационного периода, что отражено на рисунке 3.

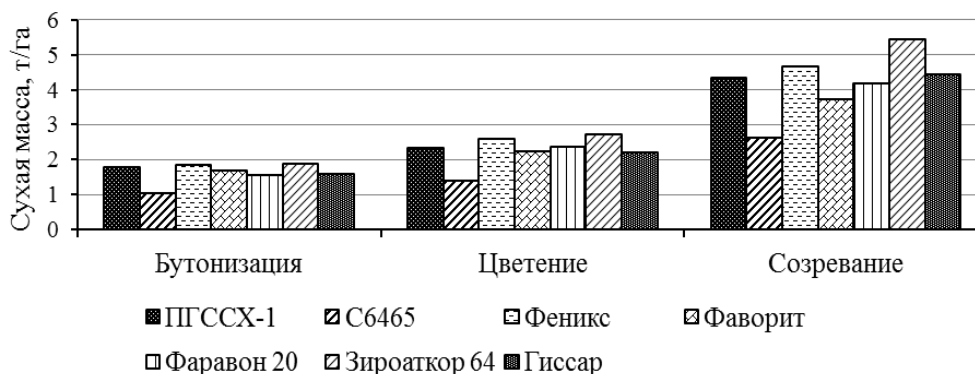


Рисунок 3 – Динамика накопления сухой массы сортов хлопчатника по фазам вегетации

Figure 3 – Dynamics of dry matter accumulation of cotton varieties by vegetation phases

В фазе бутонизации сухая масса хлопчатника варьировала от 1,03 до 1,89 т/га в зависимости от сорта. В фазе цветения значения сухой массы увеличились и достигли показателей от 1,38 до 2,71 т/га, а в фазе созревания – от 2,62 до 5,46 т/га. Наибольшая сухая масса наблюдалась у сорта Зироаткор 64 по всем фазам вегетации, а наименьшая у сорта С6465.

Выводы. Установление закономерностей роста и развития хлопчатника в период вегетации является важным элементом в подборе адаптивных сортов к местным природно-климатическим условиям и разработке технологии возделывания этой культуры. В результате исследований установлено, что продолжительность вегетации сортов хлопчатника составила от 140 до 155 дней. Наименьший период вегетации наблюдался у сорта ПГССХ-1 – 140 дней, наибольший – у сорта Фаравон 20 – 155 дней. В фазе созревания линейный рост варьировал от 66 до 97 см, площадь листовой поверхности – от 16,40 до 36,76 тыс. м²/га, сухая масса – от 2,62 до 5,46 т/га в зависимости от сорта хлопчатника.

Список источников

1. Муминов Ф. А. Погода, климат и хлопчатник. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 189 с.
2. Хлопчатник в России. Актуальность и перспективы / Л. П. Подольная, С. В. Григорьев, К. В. Илларионова, М. Ш. Туз, Р. К. Асфандиярова, Н. А. Ходжаева, Е. В. Мирошниченко // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29, № 7. С. 56–58.
3. Бадмаева Е. Н. Органы государственной власти Калмыкии в советском и постсоветском эксперименте по развитию хлопководства (опыт историко-сравнительного и перспективного анализа) // Вестник КИГИ РАН. 2017. № 2(30). С. 25–33.
4. Горбунов А. Волгодонск планировали сделать центром империи хлопка [Электронный ресурс]. 2019. URL: <https://bloknot-volgodonsk.ru/news/volgodonsk-planirovali-sdelat-tsentr-imperii-khl> (дата обращения: 10.02.2023).
5. Дедов А. А. Хлопководство Российской Федерации: история, состояние и перспективы развития // Colloquium-journal. 2020. № 17(69), ч. 2. С. 21–23. DOI: 10.24411/2520-6990-2020-11996.
6. Джумаев Ш. Б. Урожайность и технологические показатели скороспелых, средневолокнистых линий хлопчатника // Международный сельскохозяйственный журнал. 2017. № 5. С. 38–39.

7. Нестеренко Г. И. Экологические испытания сортов хлопчатника из Ирана в Астраханской области // Вестник КрасГАУ. 2020. № 9(162). С. 36–40. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-9-36-40.

8. Гулин А. В., Нестеренко Г. И., Володина С. А. Хлопчатник – инновационная культура для агробизнеса Прикаспия // Каспий в цифровую эпоху: материалы Нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием в рамках Междунар. науч. форума «Каспий 2021: пути устойчивого развития», г. Астрахань, 27 мая 2021 г. / Астрах. гос. ун-т. Астрахань, 2021. С. 254–257.

9. Бочарникова Л. С., Жарикова Н. Ю., Нестеренко Г. И. Сорты средневолокнистого хлопчатника для Нижнего Поволжья // Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса: сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. Солен. Займище, 2020. С. 252–255.

10. Федин М. А. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: М-во сел. хоз-ва СССР, 1985. 285 с.

11. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 352 с.

References

1. Muminov F.A., 1991. *Pogoda, klimat i khlopchatnik* [Weather, Climate and Cotton]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 189 p. (In Russian).

2. Podolnaya L.P., Grigoriev S.V., Illarionova K.V., Tuz M.Sh., Asfandiyarova R.K., Khodzhaeva N.A., Mirosnichenko E.V., 2015. *Khlopchatnik v Rossii. Aktual'nost' i perspektivy* [Cotton in Russia. Relevance and prospects]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of Agro-Industrial Complex], vol. 29, no. 7, pp. 56-58. (In Russian).

3. Badmaeva E.N., 2017. *Organy gosudarstvennoy vlasti Kalmykii v sovetskom i postsovetskom eksperimente po razvitiyu khlopkovodstva (opyt istoriko-sravnitel'nogo i perspektivnogo analiza)* [Governmental authorities of Kalmykia in the Soviet and post-Soviet experiment on cotton-production development (an effort of historical-comparative and prospective analysis)]. *Vestnik KIGI RAN* [Bulletin of KIGI RAS], no. 2(30), pp. 25-33. (In Russian).

4. Gorbunov A., 2019. *Volgodonsk planirovali sdelat' tsentrom imperii khlopka* [Volgodonsk has been planned to become the center of the cotton empire], available: <https://bloknot-volgodonsk.ru/news/volgodonsk-planirovali-sdelat-tsentrom-imperii-khl> [accessed 10.02.2023]. (In Russian).

5. Dedov A.A., 2020. *Khlopkovodstvo Rossiyskoy Federatsii: istoriya, sostoyanie i perspektivy razvitiya* [Cotton growing in the Russian Federation: history, state and development prospects]. *Colloquium-Journal*, no. 17(69), pt. 2, pp. 21-23, DOI: 10.24411/2520-6990-2020-11996. (In Russian).

6. Dzhumaev Sh.B., 2017. *Urozhaynost' i tekhnologicheskie pokazateli skorospelykh, srednevoloknistykh liniy khlopchatnika* [Yield and technological indicators of fast-growing, medium fiber cotton lines]. *Mezhdunarodnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal* [International Agricultural Journal], no. 5, pp. 38-39. (In Russian).

7. Nesterenko G.I., 2020. *Ekologicheskie ispytaniya sortov khlopchatnika iz Irana v Astrakhanskoj oblasti* [Ecological tests of cotton varieties from Iran in Astrakhan region]. *Vestnik KrasGAU* [Bull. of KrasGAU], no. 9(162), pp. 36-40, DOI: 10.36718/1819-4036-2020-9-36-40. (In Russian).

8. Gulin A.V., Nesterenko G.I., Volodina S.A., 2021. *Khlopchatnik – innovatsionnaya kul'tura dlya agrobiznesa Prikaspiya* [Cotton – an innovative crop for agribusiness in the

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 1(89).

Ways of increasing the efficiency of irrigated agriculture. 2023. № 1(89).

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

THE ROLE OF LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT

IN ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

Caspian region]. *Kaspiy v tsifrovuyu epokhu: materialy Natsionalnoy nauch.-prakt. konf. s mezhdunarodnym uchastiem v ramkakh Mezhdunarodnogo nauchnogo foruma "Kaspiy 2021: puti ustoychivogo razvitiya"* [Caspian in the Digital Era: Proc. of National Scientific-Practical Conference with International Participation within the Framework of International Scientific Forum "Caspian 2021: Ways of Sustainable Development"]. Astrakhan State University, Astrakhan, 2021, pp. 254-257. (In Russian).

9. Bocharnikova L.S., Zharikova N.Yu., Nesterenko G.I., 2020. *Sorta srednevoloknistogo khlopchatnika dlya Nizhnego Povolzh'ya* [Varieties of medium fiber cotton for the Lower Volga region]. *Itogi i perspektivy razvitiya agropromyshlennogo kompleksa: sb. materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Results and Prospects for Agro-Industrial Complex Development: Proc. of International Scientific-Practical Conf]. Solenoe Zaimishche, pp. 252-255. (In Russian).

10. Fedin M.A., 1985. *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Methods of State Variety Testing of Agricultural Crops]. Moscow, Ministry of Agriculture of the USSR, 285 p. (In Russian).

11. Dospekhov B.A., 1985. *Metodika polevogo opyta* [Methods of Field Experience]. Moscow, Agropromizdat Publ., 352 p. (In Russian).

Информация об авторах

С. А. Селицкий – старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук;

Ю. И. Недоцукова – младший научный сотрудник, аспирант.

Information about the authors

S. A. Selitskiy – Senior Researcher, Candidate of Agricultural Sciences;

Ju. I. Nedotsukova – 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 20.02.2023; одобрена после рецензирования 01.03.2023; принята к публикации 20.03.2023.

The article was submitted 20.02.2023; approved after reviewing 01.03.2023; accepted for publication 20.03.2023.

Научная статья
УДК 626.82:631.67

Натурные обследования длительно эксплуатируемого канала Петровско-Анастасиевской оросительной системы

Федор Андреевич Каракулов

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации
имени А. Н. Костякова, Москва, Российская Федерация, mail@vniigim.ru

Аннотация. Цель: определение состояния внутрихозяйственного оросительного канала Р-22-2 в составе рисовой гидромелиоративной системы для решения задач по управлению и снижению потерь воды на хозяйственном участке. **Материалы и методы.** Был выполнен внешний осмотр канала по всей длине как на месте, так и на космоснимках. По всему протяжению канала были промерены 11 створов. Фиксировались значения: ширина канала по верху и по низу, глубина канала относительно ширины по верху, ширина и коэффициент заложения для двух откосов. **Результаты.** По состоянию на 2022 г. канал находится в неудовлетворительном состоянии. Наблюдаемые явления, такие как: заиление русла, размывы в местах водовыпусков, зарастание откосов, разрушение железобетонных конструкций, увеличение уклона по всей длине канала, значительно снижают работоспособность канала. **Выводы.** Проблемы эксплуатации оросительного канала на участке рисовой гидромелиоративной системы заключаются в длительном сроке эксплуатации этой системы. За более чем 60 лет реконструкция или ремонт ключевых элементов не проводились. Для разработки комплекса мер, необходимых для восстановления работоспособности и надежности рассматриваемого канала, необходимо изучить проектные значения основных его характеристик. На основе более глубокого и полного анализа нужно предложить конкретные решения по проведению необходимых ремонтных мероприятий на русле канала.

Ключевые слова: рисовая гидромелиоративная система, водоподача, оросительный канал, изменение профиля канала, снижение работоспособности

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия» (г. Новочеркасск, 28 февраля 2023 г.).

Для цитирования: Каракулов Ф. А. Натурные обследования длительно эксплуатируемого канала Петровско-Анастасиевской оросительной системы // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 1(89). С. 63–69.

Original article

Field surveys of a long-term operated canal of the Petrovsko-Anastasievskaya irrigation system

Fyodor A. Karakulov

All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after
A. N. Kostyakov, Moscow, Russian Federation, mail@vniigim.ru

Abstract. Purpose: to determine the state of the on-farm irrigation canal R-22-2 as part of the rice irrigation and reclamation system to solve the problems of managing and reducing water losses in this section. **Materials and methods.** An external inspection of the ca-

nal along its entire length was performed both in situ and on satellite images. 11 section lines were measured along the entire length of the canal. The following values were fixed: the width of the canal along the top and bottom, the depth of the canal relative to the width along the top, the width and the laying factor for two slopes. **Results.** As of 2022, the canal is in poor condition. The observed phenomena, such as canal siltation, erosion in the places of water outlets, slope overgrowth, destruction of reinforced concrete structures, an increase in the slope along the entire length of the canal significantly reduce its efficiency. **Conclusions.** The problems of operation of the irrigation canal at the site of rice reclamation system are the long service life of this system. For more than 60 years, the reconstruction or repair of key elements has not been carried out. To develop a set of measures necessary for restoring the operability and reliability of the canal under consideration, it is necessary to study the design values of its main characteristics. On the basis of a deeper and more complete analysis, it is necessary to propose specific solutions for carrying out the necessary repair measures on the canal bed.

Keywords: rice irrigation and drainage system, water supply, irrigation canal, canal profile change, performance decrease

Evaluation of the research results: the main provisions of the article were reported at the All-Russian scientific and practical conference “The role of land reclamation and water management in ensuring the sustainable development of agriculture” (Novocherkassk, February 28, 2023).

For citation: Karakulov F. A. Field surveys of a long-term operated canal of the Petrovsko-Anastasievskaya irrigation system. *Ways of increasing the efficiency of irrigated agriculture*. 2023;1(89):63–69. (In Russ.).

Введение. Сотрудники ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова в рамках рабочих командировок в периоды с 11 по 25 мая и с 8 по 31 июля 2022 г. провели ряд научных исследований в одном из хозяйств в составе Петровско-Анастасиевской оросительной системы (ПАОС) управления «Кубаньмелиоводхоз». Подобные исследования со сходными целями и задачами были проведены в 2021 г. [1].

Исследуемый участок арендуется индивидуальным предпринимателем и в 2022 г. был полностью занят рисом. Предшествующие культуры неизвестны в связи с эксплуатацией данного участка первый год новым собственником, а данные об урожайности, составе и свойствах почв, состоянии каналов не собирались предыдущим владельцем участка. Площадь чеков на исследуемом участке составляла 223 га. Тип затопления чеков укороченный. Для выращивания риса применялась компоновка чеков Краснодарского типа, характеризующаяся крупными чеками с качественной планировкой поверхности, правильной конфигурацией и возможностью перехода машин с прицепными агрегатами через валики.

Источником орошения является вода р. Кубани. Вода на орошение подается магистральным каналом ПАОС и посредством насосной станции № 11 перекачивается в оросительные каналы хозяйственных участков.

Материалы и методы. Внутрихозяйственный оросительный канал Р-22-2 протяженностью 1,7 км разделен на три отрезка транспортными переездами. По всему протяжению канала были промерены 11 створов в местах водоприемников, водовыпусков и центрах первых двух отрезков. При промерах использовалась геодезическая рейка и веревочный канат для обозначения отметок вертикалей с шагом 1 м. Проведен внешний осмотр канала на месте и на космоснимках.

Результаты и обсуждение. Результаты промеров створов канала Р-22-2 представлены в таблице 1.

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
 В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ
 THE ROLE OF LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT
 IN ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

Таблица 1 – Основные геометрические параметры створов оросительного канала R-22-2
Table 1 – Main geometric parameters of the section line of the irrigation canal R-22-2

№ створа	Глубина дна на вертикалях с шагом 1 м, см											Ширина откоса, см		Ширина по дну канала, м	Коэффициент заложения откоса	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	правый	левый	правый		левый	
1	0	45	103	150	165	157	150	128	98	0	200	400	3	1,94	2,55	
2	0	60	128	170	197	202	195	160	72	0	300	300	3	1,76	1,54	
3	0	50	125	195	230	235	241	220	153	0	300	400	2	1,54	1,70	
4	0	26	70	175	225	230	238	218	179	0	250	400	2,5	2,04	1,74	
5	0	75	145	187	192	169	110	0	–	–	250	250	2	1,51	1,39	
6	0	33	120	179	170	165	105	70	0	–	–	–	–	–	–	
7	0	60	152	203	218	214	175	85	0	–	300	300	2	1,48	1,40	
8	0	52	120	173	196	198	183	138	60	0	300	400	2	1,73	2,02	
9	0	62	145	200	200	203	137	62	0	–	200	200	4	1,38	1,46	
10	0	40	134	164	176	188	183	122	40	0	300	300	3	1,83	1,64	
11	0	38	97	145	158	154	110	0	–	–	200	300	2	2,06	1,90	

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ
THE ROLE OF LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT
IN ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

На первом отрезке были промерены четыре створа. Этот отрезок составил 650 м в длину. Оканчивается водовыпуском из двух трубчатых регуляторов диаметром по 0,6 м каждый с железобетонными оголовками. На всем протяжении наблюдается активный рост водной растительности, в начале участка присутствует кустарниковая и древесная растительность. Заиленность канала на всем протяжении варьируется от 0 до 10 см. В начальном створе в большом количестве присутствуют осколки железобетонных конструкций. В распределительных каналах установлены трубчатые регуляторы с железобетонными оголовками и затворами из стальных пластин с ручным винтовым подъемником.

Второй отрезок протяженностью 630 м оканчивается водовыпуском из трубчатого регулятора диаметром 1 м с железобетонным оголовком. Наблюдаются аналогичные первому отрезку явления: заиленность, зарастание водной растительностью, старение и разрушение бетонных конструкций. Также на участке наблюдаются изменения профиля сечения от начала к центру и к концу отрезка. На отрезке были промерены четыре створа.

Третий отрезок протяженностью 420 м также заилен по всей длине, наблюдается зарастание водными растениями, старение и разрушение бетонных конструкций, а также возникновение места перелива через бровки канала. В начале отрезка, где был промерен створ № 9, установлены цельные железобетонные плиты на откосах и дне канала. Имеется водоприемник с водобойным колодцем. В месте окончания бетонных плит присутствуют большие обломки железобетонных конструкций. Наблюдается большая фильтрация и разрушение валиков чеков в месте транспортного переезда в конце отрезка.

На отрезке были промерены три створа. Их профили изображены на рисунке 1. Створы № 9 и 10 были промерены недалеко друг от друга. Расстояние между ними 30 м. В створе № 10 заканчиваются турбулентные действия поступающего потока воды, что подтверждается большим количеством осколков бетонных конструкций и отложением иловых наносов. Из-за турбулентного действия потока воды [2] образовался естественный водобой в виде насыпи из бетонных осколков и наносов высотой до 35 см. Это отчетливо видно на рисунке 2. Расстояние между створами № 10 и 11 составляет 350 м.

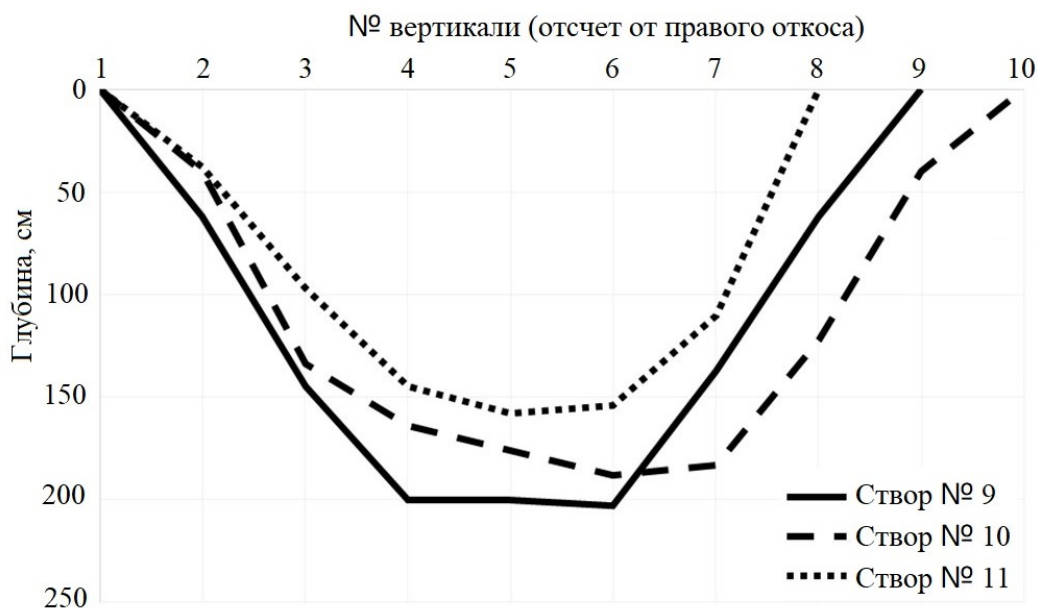


Рисунок 1 – Профили створов третьего отрезка канала Р-22-2

Figure 1 – Section line profiles of the third segment of the R-22-2 canal

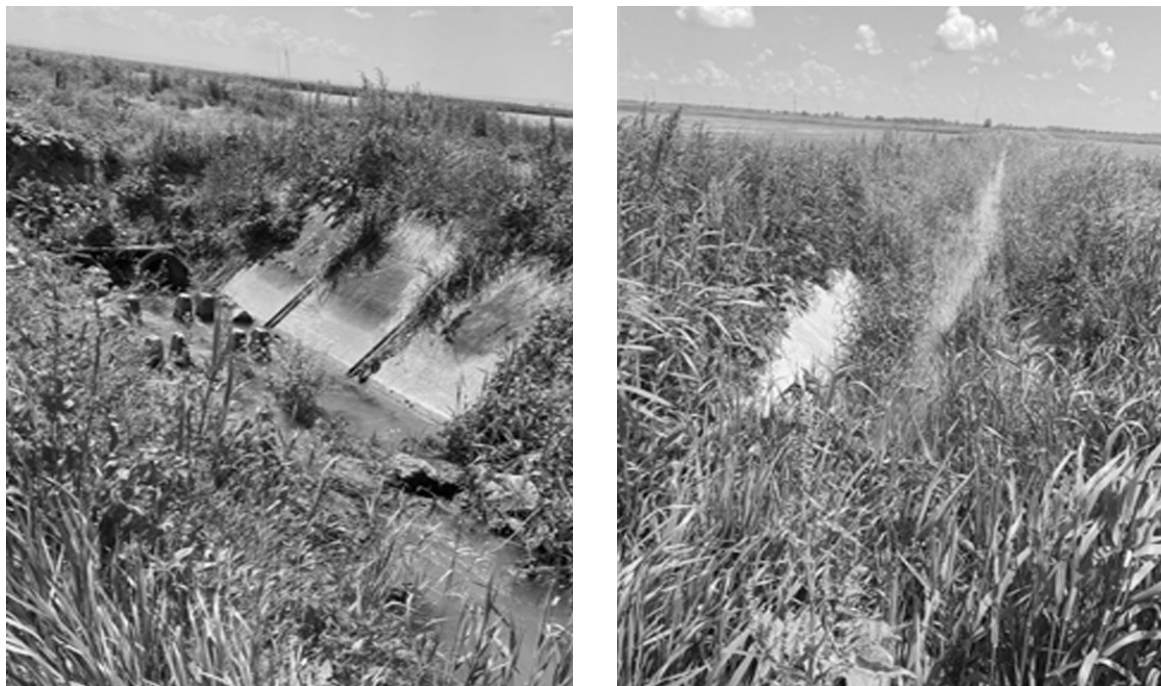


Рисунок 2 – Состояние канала Р-22-2 в 2022 г. (автор фото Ф. А. Каракулов)

Figure 2 – The state of the R-22-2 canal in 2022 (photo by F. A. Karakulov)

Выводы. Канал Р-22-2 находится в неудовлетворительном состоянии. По всей длине наблюдаются одни и те же явления: заиление, зарастание, старение и разрушение железобетонных сооружений. Все это приводит к значительному снижению КПД всего участка. Поскольку ПАОС была введена в эксплуатацию в 60-е гг. прошлого столетия и ремонт основных элементов оросительной сети не проводился со времени введения в эксплуатацию, необходимо осуществить более детальный анализ ключевых элементов оросительной сети и применить современные решения по восстановлению работоспособности каналов и элементов регулирования водоподачи. Затраты на орошение на исследуемом участке с каждым годом будут только расти, как и нагрузка на каналы, в связи с увеличением количества подаваемой воды [3, 4].

Проблемы эксплуатации исследуемого участка рисовой мелиоративной системы заключаются в длительном сроке эксплуатации. За более чем 60 лет реконструкция или ремонт ключевых элементов системы не проводились. Основные наблюдаемые явления, приводящие к снижению КПД мелиоративной сети, на участке следующие.

1 Заиление оросительных и сбросных каналов: до 10 см в оросительных и до 1 м в сбросных.

2 Активное зарастание водными растениями дна каналов и откосов. Эта проблема практически не решается. Наблюдается лишь покос травы на транспортных переездах и в местах регулирования водоподачи для доступа к винтовым механизмам подъема затворов.

3 Старение и разрушение железобетонных конструкций, действующих со времени введения оросительной системы в эксплуатацию. Куски бетона не удаляются со дна канала, их скопления наблюдаются по ходу течения воды в 2–3 м от места разрушения конструкции.

4 Изменение геометрических параметров каналов в результате заиленности либо

больших скоростей течения. Трапецеидальная форма сохранена лишь в месте установки железобетонных плит на дне и откосах канала. В других створах форма сечения скруглена и трудноопределима из-за слоя иловых отложений.

Список источников

1. Исследование эколого-мелиоративного состояния рисовых чеков ООО «Калининское» Краснодарского края / А. А. Бубер, С. А. Меньшикова, Е. Л. Раткович, Ф. А. Каракулов // Актуальные научно-технические и экологические проблемы мелиорации земель: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти Б. И. Яковлева / М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, Гл. упр. образования, науки и кадровой политики, Белорус. гос. орденов Окт. Революции и Трудового Крас. Знамени с.-х. акад. Горки: БГСХА, 2022. С. 13–17.

2. Ханов Н. В. Гидравлика водосбросов с тангенциальными завихрителями: монография / М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Департамент кадровой политики и образования, Моск. гос. ун-т природообустройства, каф. гидравлики. М.: Ред.-изд. отдел МГУП, 2003. 224 с.

3. Щербаков А. О., Жезмер В. Б. Алгоритм формирования мероприятий по обеспечению безопасности и надежности функционирования гидромелиоративных систем с длительным сроком эксплуатации // Каталог паспортов научно-технических достижений, рекомендуемых для использования в мелиорации и водном хозяйстве. Вып. 44 / Всерос. науч.-исслед. ин-т систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга». Коломна, 2021. С. 27–28.

4. Исаева С. Д., Жезмер В. Б., Щербаков А. О. Оценка безопасности гидротехнических сооружений // Научно-технические достижения и разработки ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова» (2016–2021 гг.): сб. науч. тр. М., 2021. С. 84–87.

References

1. Buber A.A., Menshikova S.A., Ratkovich E.L., Karakulov F.A., 2022. *Issledovanie ekologo-meliorativnogo sostoyaniya risovykh chekov ООО "Kalininskoe" Krasnodarskogo kraya* [Studying the ecological and reclamation state of rice paddies of LLC Kalininskoe, Krasnodar Territory]. *Aktualnye nauchno-tekhnicheskie i ekologicheskie problemy melioratsii zemel: materialy IV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Current Scientific, Technical and Environmental Issues. Land Reclamation: Proc. of the IV International Scientific-Practical Conference, Dedicated to the memory of Yakovlev B.I.]. Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Belarus, Chief Department of Education, Science and Personnel Policy, Belarusian State Orders of the October Revolution and the Order of Labor Red Banner Agricultural Academy. Gorki, BSHA, pp. 13-17. (In Russian).

2. Khanov N.V., 2003. *Gidravlika vodosbrosov s tangentsial'nymi zavikhrityami: monografiya* [Hydraulics of Spillways with Tangential Swirlers: monograph]. Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Department of Personnel and Education, Moscow State University of Environmental Engineering, Chair of Hydraulics. Moscow, MGUP, 224 p. (In Russian).

3. Shcherbakov A.O., Zhezmer V.B., 2021. *Algoritm formirovaniya meropriyatii po obespecheniyu bezopasnosti i nadezhnosti funktsionirovaniya gidromeliorativnykh sistem s dlitel'nym srokom ekspluatatsii* [Algorithm for the formation of measures to ensure the safety and operational reliability of the functioning of irrigation and drainage systems with a long service life]. *Katalog pasportov nauchno-tekhnicheskikh dostizheniy, rekomenduyemykh dlya*

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 1(89).

Ways of increasing the efficiency of irrigated agriculture. 2023. № 1(89).

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

THE ROLE OF LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT

IN ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

ispol'zovaniya v melioratsii i vodnom khozyaystve [Catalog of Passports of Scientific and Technical Achievements Recommended for Use in Land Reclamation and Water Management]. Iss. 44, All Russian Scientific Research Institute of Irrigation Systems and Agricultural Water Supply "Raduga". Kolomna, pp. 27-28. (In Russian).

4. Isaeva S.D., Zhezmer V.B., Shcherbakov A.O., 2021. *Otsenka bezopasnosti gidrotekhnicheskikh sooruzheniy* [Assessment of the safety of hydraulic structures]. *Nauchno-tekhnicheskie dostizheniya i razrabotki FGBNU "VNIIGiM im. A. N. Kostyakova" (2016–2021 gg.): sb. nauch. tr.* [Scientific and Technical Achievements and Developments of FGBNU "VNIIGiM named after A. N. Kostyakov" (2016–2021): coll. scientific works]. Moscow, pp. 84-87. (In Russian).

Информация об авторе

Ф. А. Каракулов – младший научный сотрудник.

Information about the author

F. A. Karakulov – 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 14.02.2023; одобрена после рецензирования 17.02.2023; принята к публикации 27.02.2023.

The article was submitted 14.02.2023; approved after reviewing 17.02.2023; accepted for publication 27.02.2023.

Обзорная статья
УДК 626.81:631.67

Проблемы водообеспеченности и гарантии водной безопасности орошения Крыма

Гульшат Халиловна Ялалова

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации
имени А. Н. Костякова, Москва, Российская Федерация, gylkin.86@mail.ru

Аннотация. Цель: оценка состояния водных ресурсов Республики Крым и выявление перспективных направлений решения проблемы водной безопасности орошения сельскохозяйственных угодий. **Обсуждение.** Сдерживающим фактором развития сельского хозяйства Крымского полуострова издревле была низкая обеспеченность природными запасами пресной воды. Многовековая проблема водной безопасности Крыма была решена в XX в. водоподачей по Северо-Крымскому каналу (СКК), которая прекратилась в 2014 г. Объем днепровской воды в общем балансе водных ресурсов Крыма составлял в среднем 2,29 куб. км/год, из них на орошение приходилось в среднем 70 % пресных вод. Прекращение водоподачи в республику по СКК негативно отразилось на состоянии орошения и обусловило поиск решений по повышению водообеспеченности населения, туристов, отдыхающих и производственных предприятий Крыма за счет собственных водных ресурсов. Ключевым подходом к решению этой проблемы становится разработка, внедрение и использование в практике орошения мероприятий по оптимизации водозабора, водораспределения и водопотребления. **Выводы.** Несмотря на возможность возобновления водоподачи по СКК, кардинально изменяющую уровень водообеспеченности республики, решение задач водосбережения должно быть приоритетным для мелиоративной науки и практики.

Ключевые слова: водообеспеченность, орошение, водная безопасность, рациональное водопользование, водосбережение

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия» (г. Новочеркасск, 28 февраля 2023 г.).

Для цитирования: Ялалова Г. Х. Проблемы водообеспеченности и гарантии водной безопасности орошения Крыма // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 1(89). С. 70–79.

Review article

Issues of water supply and water security guarantees for irrigation of the Crimea

Gulshat Kh. Yalalova

All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after
A. N. Kostyakov, Moscow, Russian Federation, gylkin.86@mail.ru

Abstract. Purpose: assessment of water resources state of the Republic of Crimea and identification of the promising directions for solving the issue of water security for agricultural lands irrigation. **Discussion.** The limiting factor in the development of agriculture in the Crimean peninsula since ancient times was the low availability of natural fresh water reserves.

The centuries-old problem of Crimean water security was solved in the 20th century with water supply through the North Crimean Canal (NCC), which stopped in 2014. The volume of Dnieper water in the total balance of Crimean water resources averaged 2.29 km³/year, of which irrigation accounted for an average of 70 % of fresh water. The termination of water supply to the republic through the NCC had a negative impact on irrigation and led to the search for solutions to increase water supply of the population, tourists, vacationers and industrial enterprises of Crimea at the expense of their own water resources. The key approach to solving this problem is the development, implementation and use in irrigation practice of measures to optimize water intake, water distribution and water consumption. **Conclusions.** Despite the possibility of resuming water supply through the NCC, which radically changes the level of water supply in the republic, the solution of water saving issues should be a priority for reclamation science and practice.

Keywords: water supply, irrigation, water security, rational water use, water saving

Evaluation of the research results: the main provisions of the article were reported at the All-Russian scientific and practical conference “The role of land reclamation and water management in ensuring the sustainable development of agriculture” (Novocherkassk, February 28, 2023).

For citation: Yalalova G. Kh. Issues of water supply and water security guarantees for irrigation of the Crimea. *Ways of increasing the efficiency of irrigated agriculture*. 2023;1(89): 70–79. (In Russ.).

Введение. Крымский полуостров характеризуется комфортным для сельского хозяйства климатом. Однако издревле здесь возникали и сохранились до настоящего времени сложности с обеспечением пресной водой орошения, несмотря на многообразие водоисточников, представленных в регионе поверхностными, подземными и морскими водами [1–3].

Казалось бы, такой мощный водный потенциал должен обеспечивать режим максимального благоприятствования водопользованию агропроизводства республики. Однако водные артерии, водоемы и источники подземной пресной воды распределены неравномерно по площади полуострова и характеризуются существенной изменчивостью как годовой, так и сезонной водообеспеченности [4]. В результате в Крыму насчитывается множество достаточно крупных территорий с городами, поселками и иными населенными пунктами, где воды не хватает не только для эффективного ведения сельского хозяйства, но даже для обеспечения жизнедеятельности людей. Например, из-за недостатка воды не развивается курортная инфраструктура между Алуштой и Судакком, хотя климатические условия там близки к идеальным, да и природные пляжи соответствуют самым требовательным запросам туристов.

Ниже по тексту характеризуется состояние водных ресурсов Республики Крым и рассматриваются приоритетные направления решения проблемы водной безопасности орошаемого агропроизводства полуострова.

Обсуждение

Поверхностные водоисточники

Ресурсы источников поверхностных вод Крыма оцениваются в зависимости от водности года в среднем от 0,83 до 1 км³. Если исключить продолжительную береговую линию Черного и Азовского морей и залива Сиваш, то в Крыму в той или иной мере сейчас используются следующие водоисточники:

- более 150 рек, суммарный сток воды которых, согласно статистическим данным, составляет 580000 м³;

- 22 водохранилища, в т. ч. такие крупные, как Тайганское и Салгирское. Общий объем водохранилищ оценивается в 334,2 млн м³, из них 188,85 млн м³ – объем 14 водохранилищ естественного стока;

- порядка 1900 искусственных прудов, предназначенных для орошения полей, с объемом воды, превышающим 216 млн м³.

Начиная с 60 гг. XX в. и до 2014 г. проблемы водообеспеченности полуострова решались водоподачей из р. Днепр по Северо-Крымскому каналу (СКК). Вклад днепровских вод в общий баланс водных ресурсов Крыма составлял в среднем 2,29 км³. Основным потребителем пресной воды на полуострове всегда было сельское хозяйство. На орошение земель тратилось в среднем 70 % пресных вод (от 65 до 83 %), на сельскохозяйственное водоснабжение – 8 %, на хозяйственно-бытовые нужды – 13,5 %, на производство – 8,5 % [5].

Вода из СКК подавалась в 1657 каналов, как постоянно действующих, так и сезонных [6], что позволяло орошать непосредственно перед его перекрытием до 200000 га посевных площадей [7] при общем количестве мелиорируемых земель порядка 400000 га. Перекрытие водоподачи по СКК в 2014 г. вновь обострило проблему водообеспеченности территории и крайне негативно отразилось на развитии орошения.

В 2022 г. вновь возобновилась долгожданная подача пресной воды из СКК, так необходимой для сельского хозяйства. Однако в настоящее время считать этот фактор определяющим для решения проблемы водной безопасности Крыма преждевременно. Длительное отсутствие эксплуатации СКК и орошения земель требует времени на их восстановление, а также трансформации структуры агропроизводства для успешного функционирования в новых условиях.

Подземные воды

Как отмечено выше, в период с 1963 по 2014 г. водопользование в Республике Крым более чем на 80 % базировалось на использовании поверхностного стока р. Днепр, поступающего в республику по СКК. В силу климатических особенностей водоснабжение Республики Крым в незначительных объемах обеспечивалось также за счет подземных водоисточников (5–6 %).

Отсутствие водоподачи по СКК побудило руководителей муниципальных образований республики к поиску новых водоисточников, в первую очередь – подземных вод. Статистические данные об изменении запасов, динамике добычи и извлечения подземных вод за период 2015–2021 гг. приведены на рисунке 1.

По уровню пригодности для применения к высшему классу относится артезианская вода. Накопление подземных вод происходит четырьмя основными способами. Во-первых, за счет осадков и инфильтрации. Во-вторых, путем перетекания в данный регион подземных вод, сформировавшихся извне. В-третьих, за счет схода воды с гор. И наконец, наименее значительный – концентрация жидкости в пустотах, образующихся при выработке или естественным путем в горных породах.

Существенный приток подземных вод Крыма осуществляется за счет горных стоков. Именно в горах уровень осадков выше, а испарение многократно сокращается, соответственно, стоковые воды активно перемещаются в предгорье, где за счет известняковых пород быстро уходят под землю. Из предгорья вода перемещается в равнинную часть Крыма. На севере и западе региона на протяжении многих тысячелетий формировался достаточно внушительный бассейн с артезианской водой, причем очень высокого качества, пригодной для использования в целях водоснабжения населения.

Разработка запасов артезианской воды для водоснабжения с использованием ин-

новационных технологий позволит в значительной степени снизить нагрузку на поверхностные источники, повысит качество питьевой воды, сократит расходы на водоочистку, создание очистных сооружений и иную инфраструктуру водоподачи из водотоков и водоемов. В 2022 г. эффективность разработки артезианских скважин вышла на новый уровень. Сегодня появляется все больше частных компаний, готовых инвестировать собственные средства в данное весьма перспективное направление.

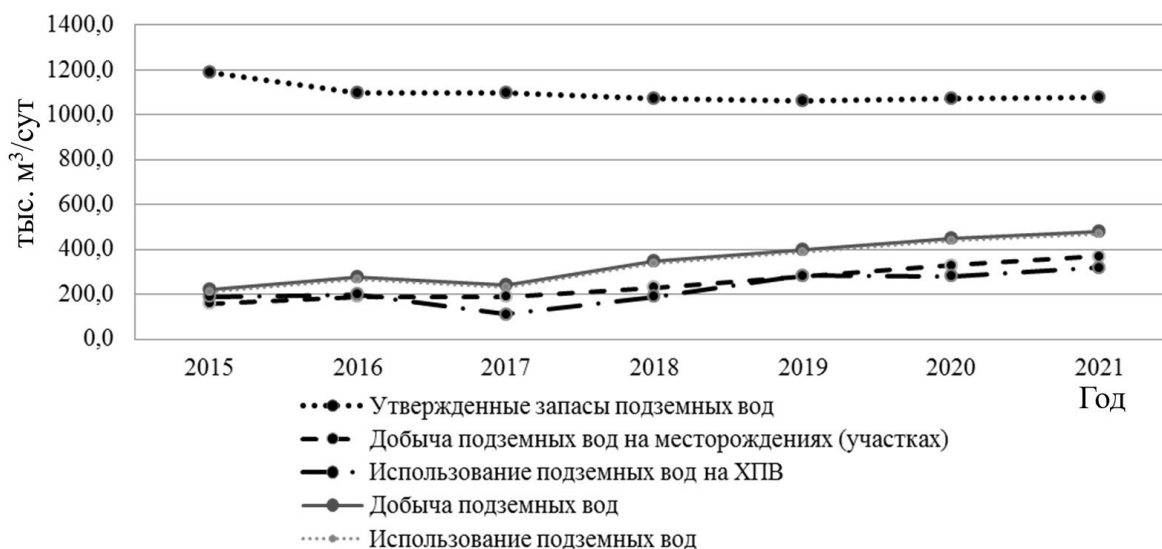


Рисунок 1 – Изменение запасов, добычи и использования подземных вод на территории Республики Крым [8]

Figure 1 – Change of groundwater reserves, production and use on the territory of the Republic of Crimea [8]

Возобновление природных водных ресурсов

Полуостров Крым относится к засушливым территориям Российской Федерации с объемом возобновляемых удельных водных ресурсов от 400 до 700 м³/год на душу населения. Самыми проблемными с точки зрения климатического воздействия на водные ресурсы Крыма за последние 35 лет стали 2019 и 2020 гг. Если в 2019 г., в целом признанном средним по многоводности, дефицит водопотребления в различных отраслях экономики республики однозначно и значительно увеличился в сравнении с аналогичными периодами прошлых лет, то ситуация с водообеспеченностью 2020 г. оценивается уже как катастрофическая [9].

В 2022 г. обеспеченность территории осадками кардинально изменилась в лучшую сторону, и наполняемость водохранилищ даже увеличилась на 35 млн м³ в сравнении со среднестатистическими многолетними наблюдениями, т. е. с 133 до 168 млн м³ [10]. В ряде случаев прошедшие летом 2022 г. ливни вызвали подтопление населенных пунктов.

Существующих запасов при сложившихся (летне-весенних) расходах хватит приблизительно на 60 недель, т. е. фактически на год. И это при маловероятном условии полного отсутствия осадков в указанный период, по существу нереальном. Необходимо также отметить, что в самые жаркие и засушливые месяцы полуостров потребляет порядка 2–2,5 млн м³ воды, зимой это количество снижается вдвое [10].

Ряд экспертов, полагаясь на водность периода 2014–2020 гг., прогнозируют на ближайшие несколько лет отсутствие проблем с обеспеченностью территории полуострова осадками [9]. В то же время другие специалисты на основе ретроспективы ме-

теорологических условий Крыма считают столь длительное отсутствие дефицита обеспеченности осадками только приятным исключением [11].

Так или иначе обстановка с водными ресурсами региона остается весьма напряженной в средне- и долгосрочной перспективе, поскольку циклические засухи могут возникать, причем постоянно и на протяжении нескольких лет подряд.

К объективным и субъективным факторам, непосредственно влияющим на формирование дефицита воды на Крымском полуострове, в текущий период относятся следующие.

1 Неполная загрузка СКК. Ситуация постепенно нормализуется, однако в ближайшее время не стоит рассчитывать на решение проблемы водообеспеченности только с его помощью, по крайней мере, в полном объеме в связи с необходимостью восстановления поврежденной за время перекрытия канала инфраструктуры.

2 Нерациональное использование имеющихся водоисточников. Субъекты хозяйственной деятельности – от крупных фермерских хозяйств до частных – не задумываются о будущем и зачастую расходуют накопленную воду сверх меры. Государственные структуры принимают определенные меры по нормализации этой ситуации. В частности, предусматриваются плановые отключения воды по определенному графику. Именно данная мера, по мнению многих ученых, помогла пережить проблемный 2019 г. В 2022 г. плановые отключения не планировались, но не исключены в принципе.

3 Высокие риски негативного воздействия на объекты водопользования Крыма со стороны Украины.

Таким образом, вопросы водосбережения и обеспечения водной безопасности Республики Крым остаются чрезвычайно актуальными.

Экономия воды за счет прогрессивных методов орошения

Достижение современного уровня эффективности агропроизводства Крымского полуострова неразрывно связано с орошением, без которого невозможна гарантированная устойчивость продуктивности системы растениеводства в многолетнем периоде [12]. Следовательно, орошение в регионе необходимо воспринимать как должное, неотъемлемое и обязательное условие для плодотворного развития сельского хозяйства [13].

В свою очередь это потребует стабильного повышения водообеспеченности орошаемого земледелия. Оперативными мероприятиями для достижения указанной цели могут и должны стать рациональное использование водных ресурсов поверхностных и подземных источников и снижение расходов на поливы сельскохозяйственных угодий [14]. Такой подход наряду с реализацией системы интегрированного управления водными ресурсами позволил не одной стране, в первую очередь Сингапuru и Израилю, территории которых обеспечены водой гораздо меньше Крыма, не только снизить дефицит водопотребления, но и решить в целом проблему водной безопасности этих государств [15, 16].

К основополагающим решениям по водосбережению на орошении относятся:

- внедрение в агропроизводство ресурсосберегающих технологий полива, поливной техники и оборудования;

- повышение уровня автоматизации управления и реализации орошения с преимущественным использованием цифровых технологий с применением искусственного интеллекта.

Уже сейчас в Крыму все чаще поливы посевных площадей проводятся дождеванием. В 2022 г. такой метод насчитывал порядка 75 % общей площади поливаемых земель республики. По факту удалось на треть сократить оросительные нормы без ущерба качеству продукции и продуктивности растениеводства.

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ
THE ROLE OF LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT
IN ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

Эффективным способом полива, активно используемым в регионе, является капельное орошение, как наиболее перспективное в части водосбережения. Оно активно внедряется не только в агропроизводство крупных сельхозтоваропроизводителей, но и в хозяйствах частных подворий, а также в фермерских хозяйствах. Подобные способы полива сокращают расходы в сравнении с дождеванием еще наполовину, это серьезный аргумент в пользу их развития в условиях недостатка воды.

В период дефицита водных ресурсов для полива, начиная с 2014 г., доля земель, орошаемых капельным способом, увеличилась с 9,4 до 67,8 % [14]. Этот подход, наряду с использованием других технологий малообъемного орошения и подпочвенного увлажнения, постоянно совершенствуясь, получает широкое распространение в современном отечественном агропроизводстве и за рубежом.

Практика орошаемого земледелия свидетельствует о важной роли автоматизации управления и реализации поливов в системе водосбережения [17]. Республика Крым в этом отношении имеет огромный потенциал. Автоматизированные системы управления мелиоративными процессами позволяют экономить воду, грамотно и рационально ее распределять, контролировать запасы и разрабатывать средне- и долгосрочные прогнозы водопользования.

Внедрение современных компьютерных систем контроля, адаптивного управления и автоматизации технологических процессов в системах водопользования агропроизводства позволяет снизить сбросы воды в межхозяйственных системах распределения от 10 % [2, 14, 18]. Комбинирование проверенных временем технологий повысит уровень эффективности, производительности и эргономичности получаемых новых решений [19, 20].

Развитие в агропроизводстве Крыма дифференцированного подхода к поливу локальных участков орошаемого массива в зависимости от их потребности, топографии, конфигурации и других отличительных свойств гарантирует успешность водосбережения в орошении.

Основные задачи цифровизации орошения заключаются в обеспечении роста его производительности и сокращении затрат на поливы возделываемых сельскохозяйственных культур. Это достигается интеграцией отдельных процедур и операций агротехнологий поливного земледелия в единую систему рационального орошения посредством сбора, аналитической обработки и интерпретации больших объемов данных.

Выводы. Развитие производства и увеличение сельскохозяйственных площадей Республики Крым повышает потребление пресной воды. В 2022 г. оно выросло в сравнении с аналогичным периодом прошлого года практически на 10 %.

При всей сложности климатических, топографических и гидрогеологических условий полуострова благодаря грамотному и рациональному водопользованию и водосбережению возможны и необходимы сокращение дефицита водопотребления и стабильная обеспеченность отраслей экономики региона пресной водой за счет естественных процессов круговорота воды в природе.

Несмотря на возобновление водоподачи по СКК, кардинально изменяющей уровень водообеспеченности республики, вопросы рационального забора воды, водоподачи и водопотребления на орошение должны стать приоритетными для мелиоративной науки и практики. В число первоочередных задач формирования системы рационального водопользования в мелиоративном водохозяйственном комплексе необходимо включить разработку, внедрение и использование инновационных методов и водосберегающих способов орошения, в т. ч. с использованием автоматизированных систем управле-

ния мелиоративными процессами. Только в этом случае можно будет добиться устойчивого развития сельского хозяйства Республики Крым при минимальном вреде, наносимом окружающей среде.

Список источников

1. Водные ресурсы: наличие рек, озер. Республика Крым [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nbcrs.org/regions/respublika-krym/vodnye-resursy-nalichie-rek-ozer> (дата обращения: 19.08.2022).

2. Демин А. П., Зайцева А. В., Харламов М. А. Водопотребление и водоотведение в муниципальных образованиях Республики Крым и г. Севастополе: современное состояние и проблемы // Водные ресурсы. 2022. Т. 49, № 4. С. 395–406. DOI: 10.31857/S0321059622040034.

3. Стало известно, насколько хватит водных запасов Крыма [Электронный ресурс]. URL: <https://crimea-news.com/society/2022/01/20/882024.html> (дата обращения: 19.08.2022).

4. Багрова Л. А., Багров Н. В. Новые подходы к использованию рекреационного потенциала Крыма // Проблемы экологии и рекреации Азово-Черноморского региона. Симферополь: Таврида, 2017.

5. Устойчивый Крым: водные ресурсы / под ред. В. С. Тарасенко. Симферополь: Таврида, 2003. 413 с.

6. Водообеспечение сельскохозяйственной отрасли Крыма: текущая ситуация и перспективы / В. И. Ляшевский, А. П. Тищенко, Н. Е. Волкова, Н. М. Иванютин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2016. № 4(64). С. 120–125.

7. О регулировании водных отношений в Республике Крым [Электронный ресурс]: закон Респ. Крым. URL: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&link_id=0&nd=219010072&empire=1 (дата обращения: 19.08.2022).

8. Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Республики Крым в 2022 г. Симферополь.

9. Николенко И. В., Копачевский А. М. Основные направления разработки комплекса мер по решению проблем дефицита воды в Крыму // Строительство и техногенная безопасность. 2021. Вып. 21(73). С. 115–133. <https://doi.org/10.37279/2413-1873-2021-21-147-160>.

10. Управление Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю [Электронный ресурс]. URL: <https://crimea.gks.ru> (дата обращения: 30.01.2023).

11. Научное обеспечение водной безопасности Крыма: проблемы и решения / В. И. Данилов-Данильян, М. А. Козлова, В. О. Полянин, И. В. Чеснокова // Водные ресурсы. 2022. Т. 49, № 4. С. 363–371. DOI: 10.31857/S0321059622040022.

12. Кирейчева Л. В., Юрченко И. Ф. Роль мелиорации земель в решении проблемы продовольственной безопасности России // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2015. № 2. С. 13–15.

13. Авакян А. Б., Широков В. М. Рациональное использование водных ресурсов. Екатеринбург, 2014. 360 с.

14. Рациональное водопользование в республике Крым: значение, ограничение, подходы к достижению / Н. Е. Волкова, Н. М. Иванютин, В. С. Тарасенко, В. С. Паштецкий, С. В. Подовалова // Водные ресурсы. 2022. Т. 49, № 4. С. 372–381. DOI: 10.31857/S0321059622040198.

15. Using Treated Wastewater in Agriculture [Electronic resource]. URL: https://www.health.gov.il/English/Topics/EnviroHealth/Reclaimed_Water/kolchim/Pages/agriculture.aspx (date of access: 23.08.2022).

16. Water Management in Israel. Key Innovations and Lessons Learned for Water-Scarce Countries [Electronic resource] / P. Marin, S. Tal, J. Yeres, K. Ringskog. 2017, Aug. 37 p. URL: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/28097/119309-WP-PUBLIC-56p-WcmpeProof.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (date of access: 23.08.2022).

17. Bandurin M. A., Bandurina I. P., Yurchenko I. F. Improvement of metrological measurements of bridge crossings at waterworks when studying non-destructive testing methods // Journal of Physics: Conference Series. Vol. 1728. International Conference on Complex equipment and quality control laboratories (CEQCL), 14–17 Apr. 2020, Saint Petersburg, Russian Federation. 2021. 012001. DOI: 10.1088/1742-6596/1728/1/012001.

18. Юрченко И. Ф., Трунин В. В. Совершенствование оперативного управления водораспределением на межхозяйственных оросительных системах // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». Новочеркасск, 2014. Вып. 53. С. 166–170.

19. Юрченко И. Ф., Носов А. К. Оптимизационная модель формирования вариантов развития мелиораций в составе схемы комплексного использования и охраны водных объектов // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2015. № 2. С. 53–66.

20. Юрченко И. Ф., Носов А. К. О критериях и методах контроля безопасности гидротехнических сооружений мелиоративного водохозяйственного комплекса // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». Новочеркасск, 2014. Вып. 53. С. 158–165.

References

1. *Vodnye resursy: nalichie rek, ozer. Respublika Krym* [Water resources: availability of rivers, lakes. Republic of Crimea], available: <https://www.nbcrs.org/regions/respublika-krym/vodnye-resursy-nalichie-rek-ozer> [accessed 19.08.2022]. (In Russian).

2. Demin A.P., Zaitseva A.V., Kharlamov M.A., 2022. *Vodopotreblenie i vodootvedenie v munitsipal'nykh obrazovaniyakh Respubliki Krym i g. Sevastopole: sovremennoe sostoyanie i problemy* [Water consumption and water disposal in the municipalities of the Republic of Crimea and the city of Sevastopol: current state and problems]. *Vodnye resursy* [Water Resources], vol. 49, no. 4, pp. 395-406, DOI: 10.31857/S0321059622040034. (In Russian).

3. *Stalo izvestno, naskol'ko khvatit vodnykh zapasov Kryma* [It became known how much water resources of the Crimea will last], available: <https://crimea-news.com/society/2022/01/20/882024.html> [accessed 19.08.2022]. (In Russian).

4. Bagrova L.A., Bagrov N.V., 2017. *Novye podkhody k ispol'zovaniyu rekreatsionnogo potentsiala Kryma* [New approaches to the use of recreational potential of the Crimea]. *Problemy ekologii i rekreatsii Azovo-Chernomorskogo regiona* [Problems of Ecology and Recreation of the Azov-Black Sea Region]. Simferopol, Taurida Publ. (In Russian).

5. Tarasenko V.S., 2003. *Ustoychivyy Krym: vodnye resursy* [Sustainable Crimea: Water Resources]. Simferopol, Tavrida Publ., 413 p. (In Russian).

6. Lyashevsky V.I., Tishchenko A.P., Volkova N.E., Ivanyutin N.M., 2016. *Vodobespechenie sel'skokhozyaystvennoy otrasli Kryma: tekushchaya situatsiya i perspektivy* [Water supply for the agricultural sector of the Crimea]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 4(64), pp. 120-125. (In Russian).

7. *O regulirovanii vodnykh otnosheniy v Respublike Krym* [On the regulation of water relations in the Republic of Crimea]. Law of the Republic of Crimea, available: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&link_id=0&nd=219010072&empire=1 [accessed 19.08.2022]. (In Russian).

8. *Doklad o sostoyanii i okhrane okruzhayushchey sredy na territorii Respubliki Krym v 2022 g.* [Report on the State and Environment Protection on the Territory of the Republic of Crimea in 2022]. Simferopol. (In Russian).

9. Nikolenko I.V., Kopachevsky A.M., 2021. *Osnovnye napravleniya razrabotki kompleksa mer po resheniyu problem defitsita vody v Krymu* [The main directions of the development of a set of measures to solve the problems of water shortage in the Crimea]. *Stroitel'stvo i tekhnogennaya bezopasnost'* [Construction and Technogenic Safety], iss. 21(73), pp. 115-133, <https://doi.org/10.37279/2413-1873-2021-21-147-160>. (In Russian).

10. *Upravlenie Federal'noy sluzhby gosudarstvennoy statistiki po Respublike Krym i g. Sevastopolyu* [Office of the Federal State Statistics Service for the Republic of Crimea and the city of Sevastopol], available: <https://crimea.gks.ru> [accessed 30.01.2023]. (In Russian).

11. Danilov-Danilyan V.I., Kozlova M.A., Polyanyan V.O., Chesnokova I.V., 2022. *Nauchnoe obespechenie vodnoy bezopasnosti Kryma: problemy i resheniya* [Scientific support of water security of the Crimea: problems and solutions]. *Vodnye resursy* [Water Resources], vol. 49, no. 4, pp. 363-371, DOI: 10.31857/S0321059622040022. (In Russian).

12. Kireycheva L.V., Yurchenko I.F., 2015. *Rol' melioratsii zemel' v reshenii problemy prodovol'stvennoy bezopasnosti Rossii* [The role of land reclamation in solving the problem of food security in Russia]. *Vestnik rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki* [Bulletin of the Russian Agricultural Science], no. 2, pp. 13-15. (In Russian).

13. Avakyan A.B., Shirokov V.M., 2014. *Ratsional'noe ispol'zovanie vodnykh resursov* [Rational Use of Water Resources]. Ekaterinburg, 360 p. (In Russian).

14. Volkova N.E., Ivanyutin N.M., Tarasenko V.S., Pashtetsky V.S., Podovalova S.V., 2022. *Ratsional'noe vodopol'zovanie v respublike Krym: znachenie, ogranichenie, podkhody k dostizheniyu* [Rational water use in the Republic of Crimea: significance, limitation, approaches to achievement]. *Vodnye resursy* [Water Resources], vol. 49, no. 4, pp. 372-381, DOI: 10.31857/S0321059622040198. (In Russian).

15. Using Treated Wastewater in Agriculture, available: https://www.health.gov.il/English/Topics/EnviroHealth/Reclaimed_Water/kolchim/Pages/agriculture.aspx [accessed 23.08.2022].

16. Marin P., Tal S., Yeres J., Ringskog K., 2017. Water Management in Israel. Key Innovations and Lessons Learned for Water-Scarce Countries. Aug., 37 p., available: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/28097/119309-WP-PUBLIC-56p-WcmpeProof.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [accessed 23.08.2022].

17. Bandurin M.A., Bandurina I.P., Yurchenko I.F., 2020. Improvement of metrological measurements of bridge crossings at waterworks when studying non-destructive testing methods. *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 1728. International Conference on Complex equipment and quality control laboratories (CEQCL), 14–17 Apr. 2020, Saint Petersburg, Russian Federation. 2021, 012001, DOI: 10.1088/1742-6596/1728/1/012001.

18. Yurchenko I.F., Trunin V.V., 2014. *Sovershenstvovanie operativnogo upravleniya vodoraspredeleniem na mezhkhozyaystvennykh orositelnykh sistemakh* [Improving the operational management of water distribution in inter-farm irrigation systems]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya: sb. nauch. tr.* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture: coll. scientific works]. FGBNU "RosNIIPM", Novocherkassk, iss. 53, pp. 166-170. (In Russian).

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 1(89).

Ways of increasing the efficiency of irrigated agriculture. 2023. № 1(89).

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

THE ROLE OF LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT
IN ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

19. Yurchenko I.F., Nosov A.K., 2015. *Optimizatsionnaya model' formirovaniya variantov razvitiya melioratsiy v sostave skhemy kompleksnogo ispol'zovaniya i okhrany vodnykh ob"ektov* [Optimization model for the formation of options for the development of land reclamation as part of a scheme for the integrated use and protection of water bodies]. *Vodnoye khozyaystvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie* [Water Management of Russia: Problems, Technologies, Management], no. 2, pp. 53-66. (In Russian).

20. Yurchenko I.F., Nosov A.K., 2014. *O kriteriyakh i metodakh kontrolya bezopasnosti gidrotekhnicheskikh sooruzheniy meliorativnogo vodokhozyaystvennogo kompleksa* [On the criteria and methods for monitoring the safety of hydraulic structures of the reclamation water management complex]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya: sb. nauch. tr.* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture: coll. scientific works]. FGBNU "RosNIIPM", Novocherkassk, iss. 53, pp. 158-165. (In Russian).

Информация об авторе

Г. Х. Ялалова – заведующая лабораторией, научный сотрудник.

Information about the author

G. Kh. Yalalova – Head of the Laboratory, 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 19.01.2023; одобрена после рецензирования 10.02.2023; принята к публикации 17.02.2023.

The article was submitted 19.01.2023; approved after reviewing 10.02.2023; accepted for publication 17.02.2023.

Научная статья
УДК 626.88

О реконструкции Усть-Манычских рыбоходных каналов

Олег Андреевич Баев¹, Алексей Викторович Шевченко²

^{1, 2}Российский научный исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

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

²trigge111@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4839-6377>

Аннотация. Цель: обоснование необходимости реконструкции Усть-Манычского рыбоходного канала и разработка его компоновочно-конструктивного решения. **Материалы и методы.** Фактологическую базу разработки составляют материалы авторских обследований и исследований действующих рыбоходных каналов, обеспечивающих проход производителей рыб из нижнего бьефа Усть-Манычского гидроузла в верхний в процессе их нерестовых миграций. При проведении исследований каналов использовались общепринятые методики гидрометрических и гидрологических изысканий, а при обобщениях результатов измерений использовались методы научного анализа и синтеза. **Результаты и обсуждение.** Приведены заключения по техническому исполнению и состоянию двух рыбоходных каналов, функционирующих в составе Усть-Манычского гидроузла (р. Западный Маныч), и отмечены основные недостатки их компоновочно-конструктивного решения, дана оценка качества гидрометрических условий их функционирования. Установленные недостатки сооружений и низкие значения прогнозных показателей эффективности их работы обосновывают необходимость реконструкции. Разработано компоновочно-конструктивное решение нового канала вместо существующих, состояние которых исключает возможность повышения их рыбопропускной способности. Предложено устройство канала трапецеидального поперечного сечения с расходом 15 куб. м/с, протяженностью 5000 м, расчетной глубиной 2 м, шириной по дну 10 м. Русло канала покрывается слоем гравия, обеспечивающим его устойчивость к размыву. В соответствии с назначением в тракте канала создаются необходимые скоростные и пространственные условия для миграционного перемещения фитофилов (сазана, леща, судака и др.). **Выводы.** Дано техническое обоснование целесообразности проведения реконструкции рыбоходных каналов. Предложено компоновочно-конструктивное решение нового рыбоходного канала.

Ключевые слова: рыбопропускные сооружения, рыбоходные каналы, гидрометрические параметры рыбоходных каналов, конструирование рыбоходных каналов

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия» (г. Новочеркасск, 28 февраля 2023 г.).

Для цитирования: Баев О. А., Шевченко А. В. О реконструкции Усть-Манычских рыбоходных каналов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 1(89). С. 80–90.

Original article

On reconstruction of the Ust-Manych fish passage channels

Oleg A. Baev¹, Alexey V. Shevchenko²

^{1, 2}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

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

²riggel111@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4839-6377>

Abstract. Purpose: substantiation of the need for reconstruction of the Ust-Manych fish passage channel and development of its layout and construction solution. **Materials and methods.** The factual basis of the development is made up of author's survey data and studies of existing fish passage channels that provide the passage of fish spawners from the downstream of the Ust-Manych waterworks to the upstream during their spawning migrations. When conducting channel research, the generally accepted methods of hydrometric and hydrological surveys were used, and when generalizing the measurement results, methods of scientific analysis and synthesis were used. **Results and discussion.** Conclusions on technical performance and state of two fish passage channels operating as part of the Ust-Manychsky waterworks (the Western Manych River) are given, and the main shortcomings of their layout and construction solution are noted, an assessment of the quality of the hydrometric conditions of their operation is made. The determined shortcomings of the structures and the low values of the operating efficiency estimated figures justify the need for reconstruction. A layout and construction solution for a new channel has been developed instead of the existing ones, the condition of which excludes the possibility of increasing their fish passing ability. A channel arrangement with a trapezoidal cross section with a flow rate of 15 cubic m/s, 5000 m length, 2 m estimated depth, 10 m bottom width is proposed. The canal bed is covered with a layer of gravel, which ensures its resistance to erosion. In accordance with the purpose, the necessary speed and spatial conditions are created for the migratory movement of phytophils (carp, bream, pike perch, etc.) in the canal tract. **Conclusions.** The technical substantiation of the expediency of carrying out the fish passage channels reconstruction is given. A layout and construction solution for a new fish passage is proposed.

Keywords: fish ways, fish passage channels, hydrometric parameters of fish passage channels, construction of fish passage channels

Evaluation of the research results: the main provisions of the article were reported at the All-Russian scientific and practical conference "The role of land reclamation and water management in ensuring the sustainable development of agriculture" (Novocherkassk, February 28, 2023).

For citation: Baev O. A., Shevchenko A. V. On reconstruction of the Ust-Manych fish passage channels. *Ways of increasing the efficiency of irrigated agriculture*. 2023;1(89):80–90. (In Russ.).

Введение. Рыбоходные каналы являются наиболее простым и распространенным видом пригидроузловых рыбопропускных сооружений, обеспечивающих условия для самостоятельного перемещения рыб из нижних бьефов низконапорных гидроузлов в верхние. Особое распространение получили такие сооружения в зарубежной практике гидротехнического строительства [1–3], они предназначены преимущественно для пропуска через гидроузлы лососевых видов рыб [4–6]. Рыбоходные каналы рекомендуется устраивать в тех случаях, когда в верхних бьефах гидроузлов обеспечиваются: необходимые условия для продолжения нерестовых миграций рыб и поиска мигрантами имеющих (сохранившихся) нерестилищ; наличие условий для нереста и подращивания мальков и последующего ската отнерестившихся производителей рыб и подращенной молоди. Примером устройства таких каналов в отечественной практике являются рыбоходные каналы, устроенные в обход сооружений Усть-Маньчского гидроузла на р. Западный Маньч. На данном особо значимом для ведения рыбоводства водном объекте

имеются указанные выше условия для нереста рыб-филофилов (леща, судака, сазана, тарани и др.) и их естественного воспроизводства [7].

Усть-Маньчские рыбоходные каналы были построены по проекту ООО «Каскад» в 2009 г. и эксплуатируются (функционируют) до настоящего времени. На стадии проектирования сооружений был допущен ряд технических ошибок, являющихся причиной их низкой рыбопропускной способности по указанным видам рыб. Выполненными в 2010–2022 гг. полевыми обследованиями установлены нижеследующие основные недостатки технического решения и сложившегося состояния каналов [8].

1 На гидроузле устроено два самостоятельно функционирующих канала с расходами 6,0 и 9,0 м³/с. Это значимо ухудшило условия для привлечения рыб в тракты каналов по сравнению с вариантом устройства одного канала с расходом 15,0 м³/с [8].

2 Проектное решение Усть-Маньчских рыбоходных каналов разрабатывалось для случая их функционирования при отметке уровня воды в р. Западный Маньч, составляющей 1,0 мБС (метр Балтийской системы уровней – отметок), тогда как в реальных условиях диапазон изменения уровней воды в период нерестового хода рыб составляет 0,0–2,0 мБС. Недоучет гидрологического фактора привел к формированию на входе рыб в каналы высоких (до 1,1–1,8 м/с) скоростей течения исходящих из каналов потоков при «низкой воде» (до отметок, равных 1,0 мБС) и низких скоростей (до 0,3–0,4 м/с) при «высокой воде» (с отметками уровней воды от 1,2 до 2,0 мБС).

3 Проектом не предусмотрено инженерное обустройство входных (для рыб) оголовков каналов. Сопрягающиеся с рекой участки каналов выполнены в выемке, имеют трапециевидальное поперечное сечение с отметкой дна, составляющей 0,0 мБС. При понижении уровней воды до этой отметки и увеличении скоростей течения водного потока произошел размыв русел рыбоходных каналов до отметок 1,2–1,4 мБС. И даже при этом дно каналов возвышалось над дном русла р. Западный Маньч, что является препятствием для захода в каналы рыб, перемещающихся в придонном слое реки [7].

4 На низовых (по направлению течения потока воды) участках каналов устроены трубчатые переезды для транспорта. Размеры и форма труб водопроводящей части переездов, конструктивное решение этих сооружений на выходе водного потока из них формируют неприемлемые гидрометрические условия для прохода рыб в тракт канала (высокие, превышающие 1,8–2,0 м/с скорости течения при «низкой воде», прыжковое межбьефное сопряжение нисходящего из переезда потока с потоком в тракте канала).

5 Тракты Усть-Маньчских рыбоходных каналов представляют собой систему чередующихся (в среднем через 500 м) плесов и перекатов. Перекатные участки выполнены в виде возвышающихся над дном плесов на высоту 0,2–0,3 м обсыпанных гравием площадок шириной 4,0 м с установленными на них в три ряда бетонными кубами с шагом 1,0 м в ряду. Кубы размером 0,5 × 0,4 × 0,4 м выполняют функцию элементов усиленной шероховатости и обеспечивают формирование на перекатах каналов перепадов уровней воды 0,05–0,07 м. Отметим, что такое решение перекатов не только приводит к увеличению скоростей течений до 1,1–1,2 м/с, но и создает физическую (механическую) преграду для перемещающихся по тракту канала рыб.

6 На каналах реализована ошибочная конструкция головного регулятора-переезда, выполненная по типовому проекту таких сооружений, разработанному для гидромелиоративных систем. При пуске объекта был установлен неприемлемый для рыб и функционирования сооружений режим протекания водного потока при скоростях течения на нижнебьефном креплении, составляющих 1,8–2,2 м/с и являющихся практически непреодолимыми для рыб. Реализованная службой эксплуатации каналов установка бе-

тонных блоков на нижнебьефном креплении регулятора обеспечила снижение скоростей на нем, но при этом сформировался недопустимый (до 20–25 см) перепад уровней воды в концевом сечении крепления (при стекании потока в тракт каналов).

7 Входные (для рыб) сечения каналов расположены на значительном удалении от створа плотины Усть-Маньчского гидроузла, что значительно влияет на эффективность привлечения и захода в них рыб, мигрирующих по руслу р. Западный Маньч.

8 Состояние двух Усть-Маньчских рыбоходных каналов характеризуется: наличием значительных по размерам обрушений откосов на различных участках их трактов, зарастанием откосов водолюбивой растительностью (камышом), практически полным разрушением перекатных участков (перемещением бетонных блоков водным потоком в плесовые углубления), деформациями элементов гидротехнических сооружений.

9 Расчетом показателя качества условий для привлечения рыб из реки к рыбоходному каналу, захода их в канал, последующего перемещения по тракту и выхода в водохранилище установлено его значение, составляющее для каналов $P_{к/у} = 0,16$. Судя по показателю, характеризующему гидрометрические условия функционирования каналов, можно прогнозировать эффективность их работы по пропуску рыб на уровне 16,0 % от количества мигрирующих по р. Западный Маньч производителей рыб.

Низкий уровень рыбопропускной способности каналов, неудовлетворительное состояние их трактов и сооружений позволяют сделать заключение о нецелесообразности их дальнейшей эксплуатации без проведения реконструкции. Рассмотрение вариантов реконструкции каналов позволяет сделать заключение о проблемности частичного улучшения существующего их компоновочно-конструктивного решения и перспективности устройства нового рыбоходного канала, что и определено целью исследования.

Материалы и методы. Фактологическую основу разработки составили материалы авторского обследования действующих рыбоходных каналов, данные о гидрологии реки, топографические планы и материалы рыбоводно-биологического обоснования. При сборе и обработке исходных материалов к проектированию использовались методы и технологии научного анализа, при проведении расчетов и конструировании применялись общепринятые методики и технологии поискового конструирования.

Результаты и обсуждение. Основой для технического обоснования компоновочно-конструктивного решения пригидроузлового рыбоходного канала, устраиваемого при низконапорном Усть-Маньчском гидроузле, являются сведения о гидрологии, рыбоведческих и топографических условиях создания и функционирования канала.

Рыбоводно-биологическим обоснованием объекта разработки определена необходимость создания в рыбоходном канале условий для свободного (самостоятельного) перемещения по его тракту производителей полупроходных видов рыб (сазана, леща, судака, тарани и др.) в период их нерестового хода. Сроки нерестового перемещения рыб в реке определяются с 1 апреля по 1 июля, а при более раннем или более позднем подъеме плотины Усть-Маньчского гидроузла – со времени (с даты) ее установки.

Гидрологические условия функционирования канала в соответствии с данными, приведенными в публикации В. В. Беликова и др. [9], определяются нижеследующими параметрами.

Расход канала принимается равным $15,0 \text{ м}^3/\text{с}$, что соответствует правилам эксплуатации Усть-Маньчского водохранилища и режиму попусков в него воды из выше-расположенного на р. Западный Маньч Веселовского водохранилища. Гидрологическими расчетами, проведенными за период нерестового хода, установлены гидрологические характеристики на устьевом (нижнебьефном) участке р. Западный Маньч.

По данным расчетов, расход реки изменяется от 20,0 до 40,0 м³/с при уровнях воды в ней от 0,0 до 2,0 мБС. Уровень воды в верхнем бьефе гидроузла поддерживается постоянным на отметке 2,8 мБС при перепадах уровней между бьефами, составляющих 2,8–0,8 м. При проектировании рыбоходного канала необходимо учесть влияние на гидрологическую ситуацию режима функционирования нижерасположенного Багаевского гидроузла (р. Дон), соответствующие данные о котором приведены в работе В. В. Беликова и др. [9].

В соответствии с рыбоводно-биологическим обоснованием разрабатываемого объекта, в тракте канала необходимо обеспечить протекание водного потока со средней скоростью, составляющей $\bar{v}_k = 0,6...0,8$ м/с, при его глубине, равной $h_k = 1,0...2,0$ м.

В соответствии с практикой устройства рыбоходных каналов принята трапециевидальная форма поперечного сечения с креплением русловой поверхности канала слоем гравийной смеси с размером фракций 20–100 мм и установкой по дну элементов усиленной шероховатости из камня или бетонных кубов размером 0,30 × 0,30 × 0,30 м.

В соответствии с приведенной в работе В. Н. Шкуры, А. В. Шевченко [10] методикой выполнен гидравлический расчет гидрометрических параметров предлагаемого к устройству рыбоходного канала.

В соответствии с топографическим планом участка местности и размерами рыбоходного канала (таблица 1) намечена проиллюстрированная на рисунке 1 его трасса.

Таблица 1 – Гидрометрические параметры Усть-Манычского рыбоходного канала

Table 1 – Hydrometric parameters of the Ust-Manych fish passage

Расход канала Q_k , м ³ /с	Средняя скорость потока \bar{v}_k , м/с	Глубина потока h_k , м	Заложение откосов m_k	Ширина по дну b_k , м	Уклон дна I_k	Протяженность тракта L_k , м
15,0	0,7	2,0	1:2,5	10,0	0,0004	5000

Входной (для рыб) оголовок Усть-Манычского рыбоходного канала предлагается устроить в форме каменно-закрепленного русла по схеме, приведенной на рисунке 2.

Входной (для рыб) оголовок, устроенный в составе Усть-Манычского рыбоходного канала, выполнен сужающимся по дну (по направлению течения водного потока в канале). Его функциональным предназначением является сопряжение тракта канала с дном р. Западный Маныч и формирование привлекающего (для мигрирующих на нерест рыб из реки) водного шлейфа (струи). Применительно к рассматриваемому варианту канала указанная задача решается устройством входного оголовка длиной 55 м, выполненного в земляном русле с трапециевидальной формой поперечного сечения, креплением его дна и откосов (характеризуемых заложением 1:2) слоем каменной насыпи толщиной 0,4 м. Дно оголовка выполнено наклонным с перепадом отметок его уровней, составляющим 0,32 м, что при его длине 55 м соответствует величине его продольного уклона 0,0058. Входной (для протекающего в тракте канала водного потока) створ входного оголовка характеризуется глубиной воды 2 м и шириной по дну 10 м при средней скорости течения 0,7 м/с. Выходное (для потока) сечение оголовка канала характеризуется следующими гидрометрическими параметрами: глубиной 2,3 м, шириной по дну 7,57 м и средней скоростью 0,75 м/с.

Головной регулятор и выходной (для рыб) участок рыбоходного канала предлагается выполнить двухпролетным по схеме, приведенной ниже на рисунке 3.

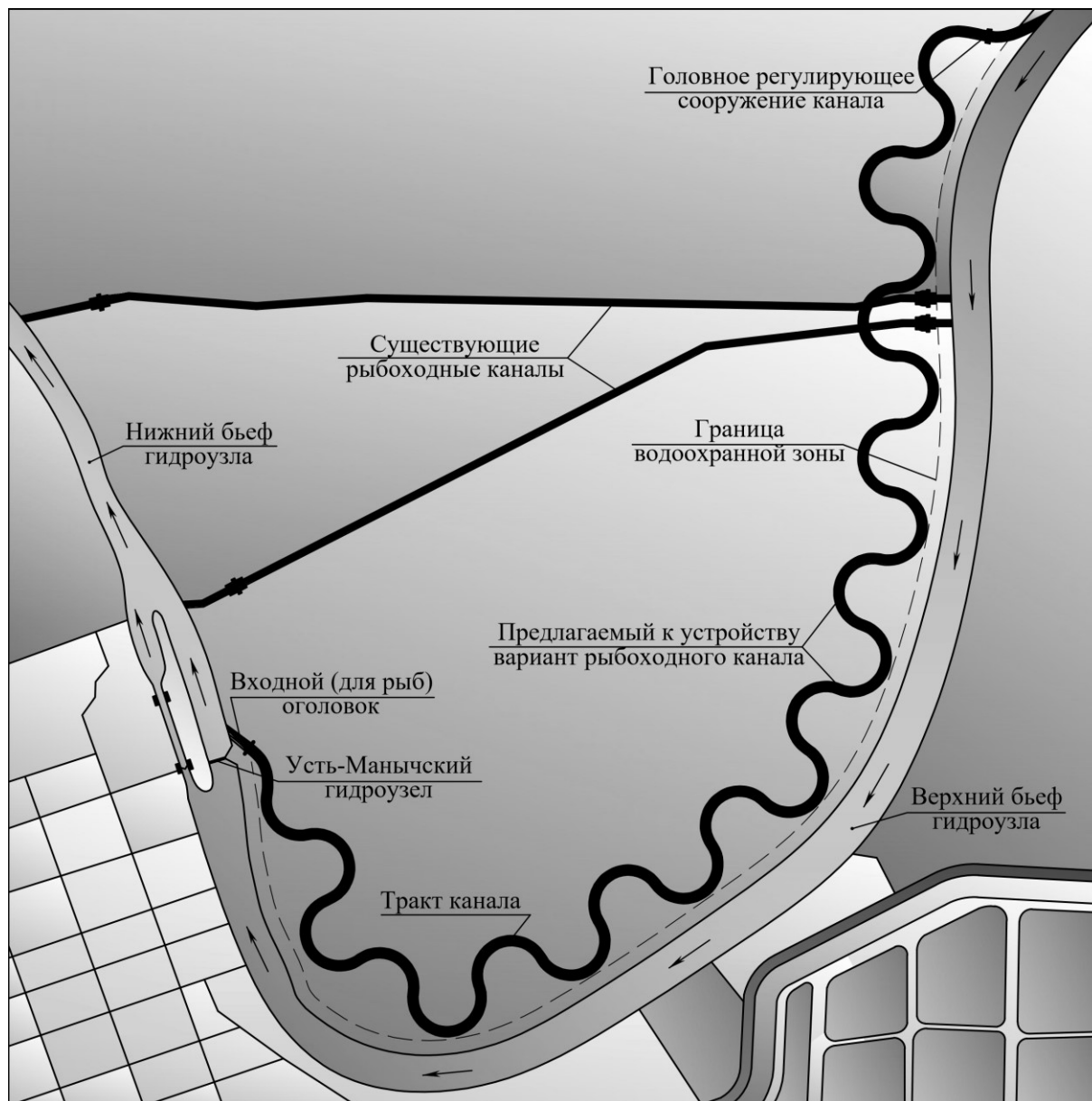
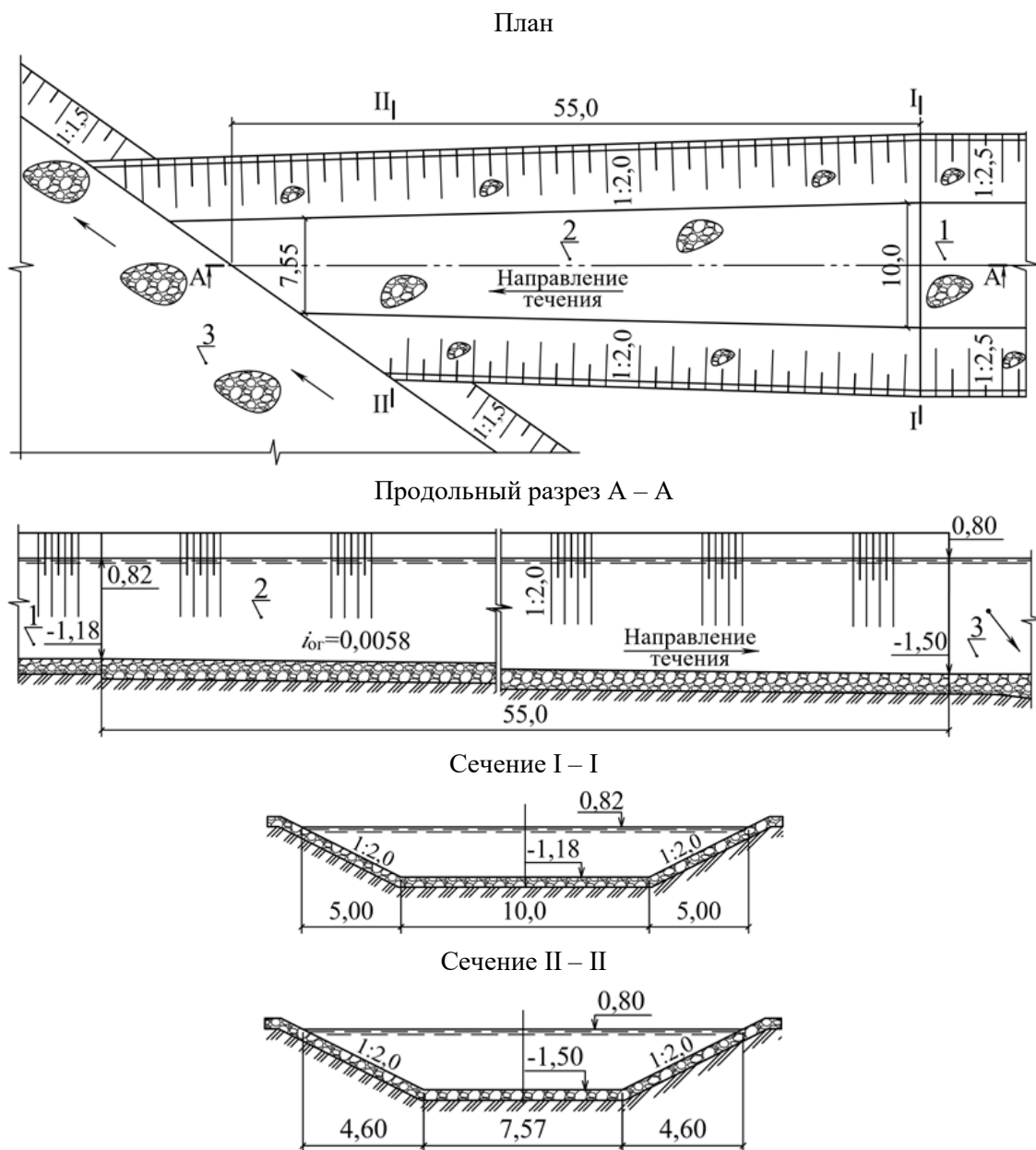


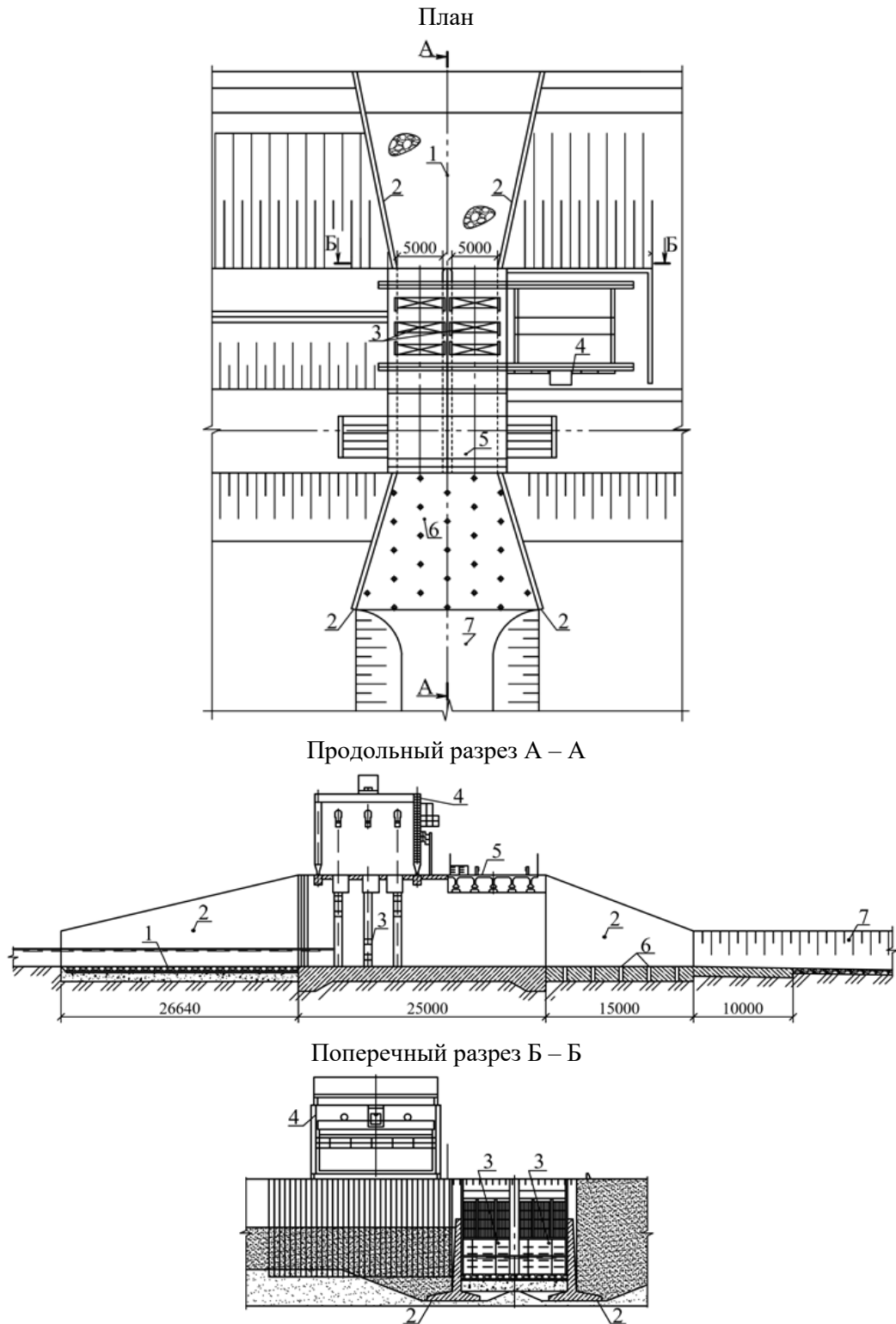
Рисунок 1 – Схема расположения существующих и предлагаемого рыбоходных каналов в составе Усть-Маньчского гидроузла

Figure 1 – Layout of existing and proposed fish passage channels as part of the Ust-Manych waterworks



I – тракт канала; *2* – входной (для рыб) оголовок;
3 – нижний бьеф гидроузла; $i_{ог}$ – продольный уклон входного оголовка

Рисунок 2 – Конструктивная схема устьевое (по потоку) или входного (для рыб) участка рыбоходного канала
Figure 2 – Structural layout of the estuarial (downstream) or inlet (for fish) section of the fish passage channel



1 – выходной (для рыб) участок; 2 – подпорные стенки; 3 – затворы плоские;
4 – кран подъемный; 5 – дорожный переезд; 6 – рисберма; 7 – тракт рыбоходного канала

Рисунок 3 – Головной регулятор и выходной участок Усть-Манычского канала
Figure 3 – Head regulator and outlet section of the Ust-Manych Canal

Вывод. Разработано техническое решение рыбоходного канала, обеспечивающего привлечение из р. Западный Маныч и пропуск в Усть-Манычское водохранилище 82,0 % подходящих к плотине Усть-Манычского гидроузла производителей рыб.

Список источников

1. Research on dams and fishes: Determinants, directions, and gaps in the world scientific production / Н. R. Pereira, L. F. Gomes, Н. O. Barbosa, F. M. Pelicice, J. C. Nabout, F. B. Teresa, L. C. G. Vieira // *Hydrobiologia*. 2020. Vol. 847. P. 579–592. <https://doi.org/10.1007/s10750-019-04122-y>.

2. Baki A. B. M., Azimi A. H. Hydraulics and design of fishways II: vertical-slot and rock-weir fishways // *Journal of Ecohydraulics*. 2021. <https://doi.org/10.1080/24705357.2021.1981780>.

3. Fishway in hydropower dams: a scientometric analysis / J. L. Brito-Santos, K. Dias-Silva, L. S. Brasil, J. B. da Silva, A. M. Santos, L. M. de Sousa, T. B. Vieira // *Environmental Monitoring and Assessment*. 2021, 28 Oct. Vol. 193. 752. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09360-z>.

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

5. Чистяков А. А. Конструкции рыбоходных и рыбоходно-нерестовых каналов: учеб. пособие / Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. Новочеркасск, 2004. 150 с.

6. Юрмола Ю., Ярвенпаа Л. Миграция и воспроизводство рыбы в условиях городской среды – восстановление р. Лососинка как места обитания лосося Онежского озера, Петрозаводск // *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*. 2010. № 2. С. 45–56.

7. Шкура Вл. Н., Дроботов А. Н. Рыбоходные и рыбоходно-нерестовые каналы / Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. Новочеркасск: НГМА, 2012. 203 с.

8. Баев О. А., Шевченко А. В., Шкура В. Н. Качество гидрологических условий для привлечения рыб в Усть-Манычские рыбоходные каналы // *Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]*. 2022. Т. 4, № 4. С. 101–118. URL: <http://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=162> (дата обращения: 13.01.2023). <https://doi.org/10.31774/2658-7890-2022-4-4-101-118>.

9. Гидравлическое обоснование проекта Багаевского гидроузла с применением численного гидродинамического моделирования / В. В. Беликов, Н. М. Борисова, А. И. Алексюк, А. Б. Румянцев, А. В. Глотко, Л. А. Шурухин // *Гидротехническое строительство*. 2018. № 5. С. 19–35.

10. Шкура В. Н., Шевченко А. В. Конструирование и расчет трактов пригидроузловых рыбоходно-нерестовых каналов // *Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]*. 2022. Т. 12, № 3. С. 244–263. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1304> (дата обращения: 13.01.2023). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-3-244-263>.

References

1. Pereira H.R., Gomes L.F., Barbosa H.O., Pelicice F.M., Nabout J.C., Teresa F.B., Vieira L.C.G., 2020. Research on dams and fishes: Determinants, directions, and gaps in the world scientific production. *Hydrobiologia*, vol. 847, pp. 579-592, <https://doi.org/10.1007/s10750-019-04122-y>.

2. Baki A.B.M., Azimi A.H., 2021. Hydraulics and design of fishways II: vertical-slot and rock-weir fishways. *Journal of Ecohydraulics*, <https://doi.org/10.1080/24705357.2021.1981780>.

3. Brito-Santos J.L., Dias-Silva K., Brasil L.S., da Silva J.B., Santos A.M., de Sousa L.M., Vieira T.B., 2021. Fishway in hydropower dams: a scientometric analysis. *Environmental Monitoring and Assessment*, 28 Oct., vol. 193, 752, <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09360-z>.

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

5. Chistyakov A.A., 2004. *Konstruksii rybokhodnykh i rybokhodno-nerestovykh kanalov: uchebnoe posobie* [Designs of Fish Passage and Fish Passage and Spawning Channels: textbook]. Novochoerkassk State Land Reclamation Academy, Novochoerkassk, 150 p. (In Russian).

6. Yurmola Yu., Järvenpää L., 2010. *Migratsiya i vosproizvodstvo ryby v usloviyakh gorodskoy sredy – vosstanovlenie reki Lososinka kak mesta obitaniya lososya Onezhskogo ozera* [Migration and reproduction of fish in urban environment – restoration of the river Lososinka as a habitat for the salmon of Lake Onega, Petrozavodsk]. *Vodnoe khozyaystvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie* [Water Industry of Russia: Problems, Technologies, Management], no. 2, pp. 45-56. (In Russian).

7. Shkura V.N., Drobotov A.N., 2012. *Rybokhodnye i rybokhodno-nerestovyye kanaly* [Fish Passage and Fish Passage and Spawning Channels]. Novochoerkassk State Land Reclamation Academy, Novochoerkassk, NGMA Publ., 203 p. (In Russian).

8. Baev O.A., Shevchenko A.V., Shkura V.N., 2022. [Hydrological condition quality to attract fish into the Ust-Manych fish passage channels]. *Ekologiya i vodnoe khozyaystvo*, vol. 4, no. 4, pp. 101-118, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=162> [accessed 13.01.2023], <https://doi.org/10.31774/2658-7890-2022-4-4-101-118>. (In Russian).

9. Belikov V.V., Borisova N.M., Alekseyuk A.I., Rumyantsev A.B., Glotko A.V., Shurukhin L.A., 2018. *Gidravlichesкое obosnovanie proekta Bagaevskogo gidrouzla s primeneniem chislennogo gidrodinamicheskogo modelirovaniya* [Hydraulic justification of the Bagaevsky HPP project based on numerical hydrodynamic modeling]. *Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo* [Hydrotechnical Construction], no. 5, pp. 19-35. (In Russian).

10. Shkura V.N., Shevchenko A.V., 2022. [Design and calculation of fish pass and spawning channel tracts at waterworks]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 12, no. 3, pp. 244-263, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1304> [accessed 13.01.2023], <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-3-244-263>. (In Russian).

Информация об авторах

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

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

Information about the authors

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

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

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 1(89).

Ways of increasing the efficiency of irrigated agriculture. 2023. № 1(89).

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

THE ROLE OF LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT
IN ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

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 19.01.2023; одобрена после рецензирования 26.01.2023; принята к публикации 31.01.2023.

The article was submitted 19.01.2023; approved after reviewing 26.01.2023; accepted for publication 31.01.2023.

Научная статья

УДК 330.322:631.67:631.587

Особенности привлечения инвестиций в развитие орошения и орошаемого земледелия

Александр Николаевич Дымов

Херсонский аграрный университет, Херсон, Российская Федерация,
altobelli2015@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7839-0956>

Аннотация. Цель: исследовать особенности привлечения инвестиций в развитие орошения и орошаемого земледелия на современном этапе. **Материалы и методы.** Теоретической и методологической основой исследования является совокупность общенаучных методов в сочетании с научными разработками отечественных ученых, среди которых диалектический метод познания и системный подход к изучению экономических явлений и процессов. **Результаты.** Приведены факторы, сдерживающие инвестиционную активность, и факторы, которые способствуют притоку инвестиций в сельскохозяйственное производство РФ. Освещены проблемы инвестирования в проекты реконструкции межхозяйственных и внутрихозяйственных оросительных систем, и раскрыты направления повышения инвестиционного потенциала модернизации водохозяйственной инфраструктуры. Институциональные ограничения требуют применения различных форм и инструментов инвестиционного обеспечения, основанных на партнерских отношениях государства и субъектов водохозяйственного предпринимательства, а также финансово-кредитных учреждений и общественных организаций. Активизировать инвестиционную деятельность можно привлечением капитальных вложений частного бизнеса. Сельскохозяйственные предприятия, которые объединяют земельные и имущественные паи крестьян, получив в аренду от органов местного самоуправления гидротехнические внутрихозяйственные сооружения, имеют возможность накопить инвестиционные ресурсы для их модернизации и тем самым повышения эффективности сельскохозяйственного производства путем выпуска облигаций. **Выводы.** В результате проведенного исследования установлены целевые ориентиры стратегии привлечения инвестиций в развитие орошения и орошаемого земледелия.

Ключевые слова: институциональная среда, государственно-частное партнерство, водохозяйственные услуги, бассейновый округ, выпуск облигаций

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия» (г. Новочеркасск, 28 февраля 2023 г.).

Для цитирования: Дымов А. Н. Особенности привлечения инвестиций в развитие орошения и орошаемого земледелия // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 1(89). С. 91–98.

Original article

Features of attracting investment in irrigation and irrigated agriculture development

Alexander N. Dymov

Kherson Agrarian University, Kherson, Russian Federation, altobelli2015@yandex.ru,
<https://orcid.org/0000-0002-7839-0956>

Abstract. Purpose: to study the features of attracting investments in the development of irrigation and irrigated agriculture at the present stage. **Materials and methods.** The theoretical and methodological basis of the study is a set of general scientific methods combined with scientific developments of domestic scientists, including the dialectical method of cognition and a systematic approach to the study of economic phenomena and processes. **Results.** The factors constraining investment activity and the factors contributing to the investment inflow into the agricultural production of the Russian Federation are given. The problems of investing in reconstruction projects of inter-farm and on-farm irrigation systems are highlighted, and directions for increasing the investment potential of modernizing the water management infrastructure are provided. Institutional restrictions require the use of various forms and instruments of investment support based on partnerships between the state and water management entities, as well as credit and financial institutions and public organizations. It is possible to intensify investment activity by attracting capital investments from private business. Agricultural enterprises that combine land and property shares of peasants, having leased hydraulic engineering on-farm structures from local governments, have the opportunity to accumulate investment resources for their modernization and thereby increase the efficiency of agricultural production by issuing bonds. **Conclusions.** As a result of the study, the target guidelines for the strategy of attracting investments in the development of irrigation and irrigated agriculture have been established.

Keywords: institutional environment, public-private partnership, water management services, watershed district, bond issue

Evaluation of the research results: the main provisions of the article were reported at the All-Russian scientific and practical conference “The role of land reclamation and water management in ensuring the sustainable development of agriculture” (Novocherkassk, February 28, 2023).

For citation: Dymov A. N. Features of attracting investment in irrigation and irrigated agriculture development. *Ways of increasing the efficiency of irrigated agriculture*. 2023;1(89): 91–98. (In Russ.).

Введение. Улучшение состояния земельных угодий и поиск резервов роста эффективности их использования – это большая комплексная задача, требующая значительных инвестиций как со стороны государства, так и со стороны конкретных землепользователей. В современных условиях использование земли считается эффективным, рациональным, когда не только увеличивается выход продукции с единицы площади, повышается ее качество, снижаются затраты на производство единицы продукции, но и при этом сохраняется или повышается плодородие почвы, обеспечивается охрана окружающей среды. Из-за многоплановости изучаемой темы немало ее аспектов не изучено. Одним из возможных путей решения проблемы увеличения инвестиционной привлекательности отрасли орошаемого земледелия РФ может быть перевод этой проблемы на региональный уровень, что сделает инвестиционные проекты конкретными, а следовательно, более привлекательными для целевых инвесторов, в т. ч. иностранных. Эти вопросы в последнее время приобретают особую актуальность, и им посвящен целый ряд научных трудов, в частности работы М. А. Волынова, В. Б. Жезмера, Ю. Л. Есиной, Н. М. Степаненковой, С. А. Манжиной, Л. Н. Медведевой [1–3].

Материалы и методы. Теоретической и методологической основой исследования является совокупность общенаучных методов в сочетании с научными разработками отечественных ученых, среди которых диалектический метод познания и системный подход к изучению экономических явлений и процессов.

Результаты и обсуждение. Среди проблемных факторов, сдерживающих инвестиционную активность в стране, можно выделить следующие:

- влияние государства на ценообразование;
- недостаточный уровень либерализации в вопросах экспорта и импорта сельскохозяйственной продукции;
- несогласованность нормативов и стандартов качества продукции с европейскими нормативами;
- неразвитая сельскохозяйственная инфраструктура (склады, холодильники, перерабатывающие предприятия, цеха и т. д.);
- отсутствие надлежащей инвентаризации, мониторинга и ответственности землевладельца и (или) землепользователя за некачественное использование земель;
- сложный характер изменения категории земель;
- несовершенство контроля и правосудия;
- законы, которые не выполняются и (или) противоречат друг другу;
- недостаточный уровень профессионального образования высшего и среднего звена, незнание новых технологий;
- низкий уровень накоплений и потребления у населения.

В то же время в стране есть много факторов, которые способствуют поступлению инвестиций в сельскохозяйственное производство:

- большой процент высококачественных плодородных земель (черноземов);
- значительные площади неиспользуемых пригодных для производства земель;
- 4068,5 тыс. га орошаемых земель, на которых урожаи сельхозкультур в 2–3 раза, а чистая прибыль – в 2–5 раз выше, чем на богарных землях;
- низкая зарплата в сельском хозяйстве (1,5–2 евро/ч, для сравнения в странах ЕС она составляет не менее 20 евро/ч). Отсюда – в РФ потенциально более высокая конкурентоспособность;
- сравнительно низкое налогообложение (ставки от 0,025 до 1,5 %).

Интенсивное использование почвенного покрова обязательно должно предусматривать применение системы мер по сохранению и воспроизводству плодородия почв, защите от эрозии и других видов деградации, недопущение любых действий, которые наносят вред почве. Так, на большей части пашни страны, за исключением орошаемых земель и районов осушения (Северо-Западный и Центральной округа), желательно применение влагосберегающих приемов агротехники, особенно снегозадержания и мульчирования. Не следует допускать непродуктивных потерь влаги весной. Практически все влагосберегающие технологии в стране характеризуются высокой экономической отдачей.

В связи с недостаточной влагообеспеченностью культур на большей части пашни страны актуальным для инвестирования является строительство систем орошения, в частности капельного и спринклерного, а также восстановление и реконструкция старых оросительных систем, которые сейчас по разным причинам не действуют, но могут быть восстановлены и введены в эксплуатацию.

Низкая инвестиционная привлекательность подавляющего большинства видов водохозяйственной деятельности не способствует притоку инвестиционных ресурсов как отечественных, так и иностранных предпринимательских структур. Медленно проходят процессы имплементации в отечественную практику форм инвестиционного обеспечения водопользования, которые регламентируются международными природоохранными конвенциями.

Несколько фаз реформирования аграрной сферы и земельных отношений привели к возникновению непрозрачных условий использования межхозяйственных и внутрихозяйственных мелиоративных систем и гидротехнических сооружений, которые обслуживают орошаемые территории. Низкая инвестиционная привлекательность этих объектов обусловлена несформированностью институциональной среды их использования. Значительное количество проблем, связанных с инвестированием проектов модернизации и реконструкции межхозяйственных и внутрихозяйственных оросительных систем, объясняется инертностью органов местного самоуправления в направлении привлечения стратегических инвесторов и создания прозрачных условий использования этих систем нынешними владельцами сельскохозяйственных угодий и водных объектов, с которыми эти сооружения граничат. Государством недостаточно разработаны также соответствующие рычаги стимулирования процессов модернизации, реконструкции и технического переоснащения этих систем [4].

Важным направлением восстановления продуктивного состояния внутрихозяйственных оросительных сетей стало бы объединение усилий собственников земельных паев, которые находятся в зоне их потенциального действия. Такое объединение может произойти в случае создания ассоциаций землепользователей на поливных территориях или других видов государственно-частного партнерства с целью консолидации и централизации инвестиционных ресурсов для модернизации внутрихозяйственных сетей.

Весомым источником повышения инвестиционного потенциала модернизации водохозяйственной инфраструктуры является увеличение поступлений от выполнения целого ряда водохозяйственных и экосистемных услуг на платной основе, перечень которых необходимо расширить.

Проведенные нами исследования существующего институционального обеспечения инвестирования водохозяйственных и водоохраных проектов (гидромелиоративных, гидротехнических, гидроэнергетических) и анализ реального состояния инвестиционного обеспечения нужд водного хозяйства и других сегментов водохозяйственного комплекса дают основания утверждать, что качественное улучшение эксплуатации объектов водохозяйственной инфраструктуры и воспроизводства водно-ресурсного потенциала станет возможным при условии расширения спектра форм и источников инвестиционного обеспечения сферы водопользования. В отличие от других сфер национального хозяйства, в сфере водопользования действуют многочисленные институциональные ограничения, которые не дают возможности применить традиционные подходы в отношении инвестиционных проектов модернизации и реконструкции водохозяйственных объектов, а также природных и искусственных водных источников.

Институциональные ограничения (пребывание большинства водных объектов в государственной собственности, водохозяйственных – в государственной и коммунальной, ведомственный принцип управления водными ресурсами) требуют применения различных форм и инструментов инвестиционного обеспечения, основанных на партнерских отношениях государства и субъектов водохозяйственного предпринимательства, а также финансово-кредитных учреждений и общественных организаций. Наличие вышеназванных институциональных ограничений не дает возможности на порядок увеличить объемы прямых и портфельных иностранных инвестиций, а также активизировать банковское кредитование по предоставлению финансовых ресурсов для восстановления потенциала оросительных систем, экологического реинжиниринга природных и искусственных водных объектов.

Постепенный переход системы управления водными ресурсами на бассейновый

принцип обусловил установление в РФ 21 бассейнового округа (в редакции Федерального закона от 31.10.2016 № 384-ФЗ) [5], которые вместе с государственными водохозяйственными организациями осуществляют государственную политику в области рационального использования, воспроизводства и охраны водных ресурсов.

Перечисленные субъекты управления водными ресурсами должны стать активными участниками инвестиционного процесса в сфере водопользования, в частности: обеспечивать конкурентные условия при выборе операторов оказания водохозяйственных и экосистемных услуг, устанавливая уставные и неуставные связи с субъектами предпринимательской деятельности, которые работают в сфере хозяйственного освоения водно-ресурсного потенциала, контролировать использование водных и водохозяйственных объектов, которые эксплуатируются на основе договоров аренды и концессии, участвовать в оценке стоимости водных объектов и установлении ставок арендных и концессионных платежей [6, 7].

С учетом того, что водные ресурсы являются материально-вещественной составляющей готовой продукции и обеспечивающим производственный процесс компонентом во многих секторах национального хозяйства, на процессы инвестиционного обеспечения модернизации, реконструкции и технического перевооружения объектов водохозяйственной инфраструктуры, а также воспроизведения водно-ресурсного потенциала существенно влияют отраслевые особенности водопользования, где влияние институциональных субъектов водохозяйственной деятельности является ограниченным. Непосредственное участие в процессах инвестиционного обеспечения сферы водопользования должны принимать региональные подразделения Министерства защиты окружающей среды и природных ресурсов РФ, чтобы предупреждать проявления нарушения субъектами хозяйственной деятельности природоохранного и природно-ресурсного законодательства.

Субъекты хозяйствования – водопользователи не в состоянии в полном объеме профинансировать потребности введения водосберегающего оборудования и реконструкции объектов водохозяйственной и водоохранной инфраструктуры. Возможности местных бюджетов еще более ограничены.

Значительные потери отрасли водного хозяйства связываются с тем, что административная вертикаль управления водохозяйственными организациями не дает возможности последним быстро и результативно расширять спектр предоставления водохозяйственных и экосистемных услуг и устанавливать партнерские отношения с субъектами предпринимательской деятельности. Активизировать инвестиционную деятельность можно было бы путем привлечения капитальных вложений частного бизнеса в воспроизводство тех водохозяйственных объектов, эффективная деятельность которых находится на пересечении интересов этих структур и водохозяйственных организаций, реализующих государственную политику в области рационального использования, воспроизводства и охраны водных ресурсов.

Низкий уровень инвестиционного обеспечения водохозяйственных и водоохранных проектов связан также с многочисленными институциональными противоречиями как в системе управления водными ресурсами и водохозяйственными организациями, так и в системе перераспределения водной составляющей производительных сил [8].

Средства федерального и местных бюджетов и собственные средства предприятий в настоящее время остаются основными источниками инвестирования проектов модернизации и реконструкции систем водоснабжения и водоотведения, а также вос-

производства, восстановления и охраны водных ресурсов. Институциональная основа инвестиционного обеспечения сферы водопользования не способствует привлечению средств частных предпринимательских структур и международных финансово-кредитных учреждений, что не дает возможности в полной мере осуществлять технико-технологическую перестройку объектов водохозяйственной и водоохранной инфраструктуры.

Сельскохозяйственные предприятия, которые объединяют земельные и имущественные паи крестьян, получив в аренду от органов местного самоуправления гидротехнические внутрихозяйственные сооружения, имеют возможность накопить инвестиционные ресурсы для их модернизации и тем самым повышения эффективности сельскохозяйственного производства путем выпуска облигаций. В отдельные годы практика выпуска предприятиями такого вида ценных бумаг имела место. Такие облигации могут быть выпущены под залог орошаемых сельскохозяйственных угодий. Это даст возможность привлечь финансовые ресурсы для восстановления в рабочем состоянии мелиоративных систем и повысить урожайность основных сельскохозяйственных культур.

Для финансово-кредитного обеспечения земельной и агропромышленной реформы в стране целесообразно создать Российский земельный банк (Росзембанк) с системой специализированных земельных банков. Мировая практика показывает, что такая система может эффективно работать при наличии:

- нормативно-правового поля (собственность на землю, возможность купли-продажи земли, ее залога, платность землепользования);
- кадастровой инфраструктуры (система регистрации прав собственности, система оценки земли, кадастровая служба и инспекция, система контроля, земельный суд).

Наращивание объемов инвестиционного обеспечения проектов модернизации, реконструкции и технического перевооружения оросительных систем посредством выпуска ценных бумаг должно происходить при непосредственном участии Росзембанка. Именно этому финансово-кредитному учреждению должны быть переданы активы (гидротехнические сооружения и орошаемые земли) для выпуска облигаций, и банк должен быть гарантом при их размещении на фондовом рынке. Решение о выпуске таких облигаций будут принимать органы местного самоуправления, на балансе которых находится значительный объем мелиоративных фондов и земель коммунальной собственности.

Выводы. Установлено, что основными целевыми ориентирами стратегии привлечения инвестиций в развитие орошения и орошаемого земледелия являются: формирование институциональной среды использования межхозяйственных и внутрихозяйственных мелиоративных систем и гидротехнических сооружений; создание на поливных территориях различных видов государственно-частного партнерства; увеличение поступлений от выполнения водохозяйственных и экосистемных услуг на платной основе; решение проблемы институциональных ограничений, которые не дают возможности применить традиционные подходы в отношении инвестиционных проектов модернизации и реконструкции водохозяйственных объектов; окончательный переход системы управления водными ресурсами на бассейновый принцип; непосредственное участие в процессах инвестиционного обеспечения сферы водопользования региональных подразделений Министерства природных ресурсов и экологии РФ; привлечение капитальных вложений частного бизнеса в воспроизводство водохозяйственных объектов, эффективная деятельность которых находится на пересечении интересов этих структур и водохозяйственных организаций; законодательное закрепление перечня видов водохозяйственной, водовоспроизводственной и водоохранной деятельности, в ко-

тором могут заключаться соглашения государственно-частного партнерства; выпуск предприятиями ценных бумаг (при непосредственном участии Росзембанка) под залог орошаемых сельскохозяйственных угодий.

Список источников

1. Волинов М. А., Жезмер В. Б. Принципы управления водохозяйственным под-комплексом АПК России // Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения: материалы междунар. науч. конф. М.: Изд-во ВНИИА, 2016. Т. 1. С. 60–63.

2. Есина Ю. Л., Степаненкова Н. М. Совершенствование региональной инвестиционной политики на основе комплексной программы развития сельских территорий // Экономика региона. 2021. Т. 17, вып. 1. С. 262–275. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2021-1-20>.

3. Манжина С. А., Медведева Л. Н. К вопросу привлечения инвестиций в мелиорацию через формирование платы за подачу воды сельскохозяйственным водопотребителям // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2019. № 2(34). С. 215–229. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/en/archive?n=587&id=601> (дата обращения: 17.01.2023). DOI: 10.31774/2222-1816-2019-2-215-229.

4. Рекомендации по реконструкции и модернизации мелиоративных систем (на примере Ростовской области) / А. А. Чураев, Ю. Ф. Снопич, Т. А. Погоров, А. Е. Шепелев, Л. В. Юченко, М. В. Вайнберг, В. В. Митров. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. 30 с.

5. Водный кодекс Российской Федерации от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ (ред. от 1 мая 2022 г.) [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/ (дата обращения: 17.01.2023).

6. Об иностранных инвестициях в Российской Федерации [Электронный ресурс]: Федер. закон РФ от 9 июля 1999 г. № 160-ФЗ. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_16283/ (дата обращения: 17.01.2023).

7. Об инвестиционной деятельности в Российской Федерации, осуществляемой в форме капитальных вложений [Электронный ресурс]: Федер. закон РФ от 25 февр. 1999 г. № 39-ФЗ. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22142/ (дата обращения: 17.01.2023).

8. О федеральной целевой программе «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012–2020 годах» [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 19 апр. 2012 г. № 350. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902343713> (дата обращения: 17.01.2023).

References

1. Volynov M.A., Zhezmer V.B., 2016. *Printsipy upravleniya vodokhozyaystvennym podkompleksom APK Rossii* [Principles of managing the water management subcomplex of the agro-industrial complex of Russia]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo: problemy i puti resheniya: materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Irrigation and Water Management: Problems and Solutions: Proc. of International Scientific Conference]. Moscow, VNIIA Publ., vol. 1, pp. 60-63. (In Russian).

2. Esina Yu.L., Stepanenkova N.M., 2021. *Sovershenstvovanie regional'noy investitsionnoy politiki na osnove kompleksnoy programmy razvitiya sel'skikh territoriy* [Improving the regional investment policy using an integrated program of rural development]. *Ekonomika regiona* [Economy of Region], vol. 17, no. 1, pp. 262-275, <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2021-1-20>. (In Russian).

3. Manzhina S.A., Medvedeva L.N., 2019. [On issue of attracting investments into

land reclamation through the formation of water charge supplied to agricultural water consumers]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 2(34), pp. 215-229, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/en/archive?n=587&id=601> [accessed 17.01.2023], DOI: 10.31774/2222-1816-2019-2-215-229. (In Russian).

4. Churaev A.A., Snipich Yu.F., Pogorov T.A., Shepelev A.E., Yuchenko L.V., Weinberg M.A., Mitrov V.V., 2015. *Rekomendatsii po rekonstruktsii i modernizatsii meliorativnykh sistem (na primere Rostovskoy oblasti)* [Recommendations on Reconstruction and Modernization of Reclamation Systems (by the example of Rostov region)]. Novocherkassk, RosNIIPM, 30 p. (In Russian).

5. *Vodnyy kodeks Rossiyskoy Federatsii* [Water code of the Russian Federation] of 3 June, 2006, no. 74-FZ, as amended on May 1, 2022, available: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/ [accessed 17.01.2023]. (In Russian).

6. *Ob inostrannykh investitsiyakh v Rossiyskoy Federatsii* [On foreign investment in the Russian Federation]. Federal Law of the Russian Federation of 9 July, 1999, no. 160-FZ, available: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_16283/ [accessed 17.01.2023]. (In Russian).

7. *Ob investitsionnoy deyatel'nosti v Rossiyskoy Federatsii, osushchestvlyаемой v forme kapital'nykh vlozheniy* [On investment activity in the Russian Federation, carried out in the form of capital investments]. Federal Law of the Russian Federation of 25 February, 1999, no. 39-FZ, available: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22142/ [accessed 17.01.2023]. (In Russian).

8. *O federal'noy tselevoy programme "Razvitie vodokhozyaystvennogo kompleksa Rossiyskoy Federatsii v 2012–2020 godakh"* [On the Federal Target Program "Development of Water Management Complex of the Russian Federation in 2012–2020"]. Decree of the Government of the Russian Federation of 19 April, 2012, no. 350, available: <https://docs.cntd.ru/document/902343713> [accessed 17.01.2023]. (In Russian).

Информация об авторе

А. Н. Дымов – доцент кафедры растениеводства и агротехнологий, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник.

Information about the author

A. N. Dymov – Associate Professor of the Department of Plant Growing and Agrotechnology, Candidate of Agricultural Sciences, Senior 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 09.02.2023; одобрена после рецензирования 16.02.2023; принята к публикации 27.02.2023.

The article was submitted 09.02.2023; approved after reviewing 16.02.2023; accepted for publication 27.02.2023.

Обзорная статья
УДК 631.67

Особенности орошения в Крыму

Александр Павлович Тищенко¹, Федор Геннадьевич Тагиров²

^{1,2}Крымский филиал Российского научно-исследовательского института проблем мелиорации, Симферополь, Российская Федерация

¹siriusat@mail.ru

²ftagirov@yandex.ru

Аннотация. Цель: анализ состояния и обоснование необходимости развития мелиорации в Крыму. **Обсуждение.** Вопрос о необходимости орошения в Крыму регулярно поднимается в средствах массовой информации и на различного уровня совещаниях, как научных, так и производственных. Без орошения невозможно выращивание высоких гарантированных урожаев, и чем раньше будет восстановлено орошение, как по площадям, так и по кратности поливов, тем лучше будет для экономики полуострова, а значит, для жителей и гостей Крыма. В прошлом площадь орошаемых земель 300 тыс. га с кратностью полива 3–4 сформировала в Крыму климатические условия, сходные со средиземноморскими, что позволило эффективно вести сельскохозяйственное производство как на орошаемых, так и на богарных землях. После снижения орошаемых площадей стремительно возвращается климат полупустынь, каким он был в степной части Крыма до строительства Северо-Крымского канала (СКК). Для эффективного орошаемого земледелия существования источника орошения, т. е. СКК, недостаточно. Не менее значимо, как правильно распоряжаться водой, т. е. важно исключить негативные последствия неграмотного ведения орошаемого земледелия – вторичное засоление, заболачивание вследствие подъема грунтовых вод вплоть до поверхности, потерю плодородия вследствие вымывания элементов питания, в первую очередь азота, за пределы досягаемости корневой системы растений из-за завышения поливных и оросительных норм. **Выводы.** Орошение в Крыму необходимо, без него невозможно получать гарантированные высокие урожаи сельскохозяйственных культур. Применяя научно обоснованные поливные нормы, правильно управляя режимами орошения, выращивая экономически выгодные культуры, можно сделать орошение рентабельным и безопасным в экологическом плане.

Ключевые слова: орошение, режим орошения сельскохозяйственных культур, полупустыня, термодиффузия, осадки, поливы, Северо-Крымский канал

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия» (г. Новочеркасск, 28 февраля 2023 г.).

Для цитирования: Тищенко А. П., Тагиров Ф. Г. Особенности орошения в Крыму // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 1(89). С. 99–106.

Review article

Irrigation features in the Crimea

Alexander P. Tishchenko¹, Fedor G. Tagirov²

^{1,2}Crimean Branch of the Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Simferopol, Russian Federation

¹siriusat@mail.ru

²ftagirov@yandex.ru

Abstract. Purpose: to analyze the state and substantiation of the need for the development of land reclamation in the Crimea. **Discussion.** The issue on the need for irrigation in the Crimea is regularly raised in mass media and at various levels of meetings, both scientific and production. Without irrigation, it is impossible to grow high guaranteed crop yields, and the sooner the irrigation is restored, both in areas and the multiplicity of watering, the better it will be for the economy of the peninsula, that is, to residents and guests of Crimea. In the past, the area of 300 thousand hectares irrigated lands with the 3–4 multiplicity of watering formed climatic conditions in the Crimea, similar to the Mediterranean, which allowed to manage agricultural production on irrigated and rainfed lands effectively. After a decrease in irrigated areas, the climate of the semi-desert is rapidly returning, as it was in the steppe part of Crimea before the construction of the North Crimean Canal (NCC). For the effective irrigated agriculture, the existence of a source of irrigation, that is, NCC, is not enough. It is no less significant how to manage water properly, that is, to exclude the negative consequences of the illiterate management of irrigated agriculture – secondary salinization, the swamping because of water table rise to the surface, land exhaustion due to the nutrition elements flushing, primarily nitrogen, out of range of the plant root system due to the overestimation of irrigation and watering standards. **Conclusions.** Irrigation in Crimea is necessary, without it is impossible to receive guaranteed high yields of agricultural crops. Applying scientifically based irrigation rates, proper management of irrigation regimes, growing profitable and cost-efficient crops, it's possible to make irrigation viable and environmentally sound.

Keywords: irrigation, irrigation regime of agricultural crops, semi-desert, thermodiffusion, precipitation, watering, the North Crimean Canal

Evaluation of the research results: the main provisions of the article were reported at the All-Russian scientific and practical conference “The role of land reclamation and water management in ensuring the sustainable development of agriculture” (Novocherkassk, February 28, 2023).

For citation: Tishchenko A. P., Tagirov F. G. Irrigation features in the Crimea. *Ways of increasing the efficiency of irrigated agriculture*. 2023;1(89):99–106. (In Russ.).

Введение. Вопрос о необходимости орошения в Крыму снимается только сравнением приходной и расходной частей водного баланса. На основании многолетних исследований с применением точных измерительных приборов (гидравлических почвенных балансомеров (ГПБ)) установлено, что для нормального роста и развития сельскохозяйственных культур необходимо 500–850 мм, а для люцерны 1100 мм влаги, в то время как естественным путем с осадками в Степной Крым приходит всего 300–360 мм, т. е. потребности растений во влаге в 2–3 раза превышают естественное увлажнение. Никакими агроприемами, направленными на сохранение влаги в почве (мульчирование, боронование и т. д.), такую разницу компенсировать невозможно. Это объясняется тем, что на физическое испарение с поверхности почвы расходуется не более 10 % от общего водопотребления, еще порядка 1 % идет на построение сухого вещества, остальное – доля транспирации, т. е. расход через листья растений с целью создания оптимальных условий прохождения биохимических процессов в растительном организме.

В «Толковом словаре по опустыниванию земель» [1] достаточно точно описано, чем характеризуется аридный климат и что такое полупустыня: «Полупустыня – тип ландшафта, формирующийся в условиях аридного климата и характеризующийся комплексностью растительного и почвенного покрова, в котором сочетаются фрагменты степных и пустынных ландшафтов. В степных ассоциациях полупустынь преобладают древовидные злаки, в пустынных – полыни, солянки и др. виды». Прочитанное

определение очень подходит под описание территории полуострова, которую принято называть Степным Крымом.

Там же: «Аридный климат – сухой климат с недостаточным атмосферным увлажнением (при высоких температурах воздуха), ограничивающим развитие растений, хотя и не исключаящим его; климат пустынь и полупустынь».

Обсуждение. Согласно классификации климата на Земле по В. П. Кеппену, климат считается аридным, если годовое количество осадков, выраженное в сантиметрах, меньше R , причем:

$$\begin{aligned} R &= 2t, \text{ если осадки выпадают преимущественно в холодный сезон,} \\ R &= 2t + 14, \text{ если осадки равномерно распределяются в течение года,} \\ R &= 2t + 28, \text{ если осадки выпадают преимущественно в теплый период,} \end{aligned} \quad (1)$$

где t – среднегодовая температура воздуха, °С.

После обработки среднесезонных данных по восьми метеостанциям, расположенным в различных частях Степного Крыма (Армянск, Ишунь, Стерегущее, Черноморское, Джанкой, Клепинино, Нижнегорск и Владиславовка), получилось, что в среднем выпадает за год 360 мм осадков, из них 71,1 % в период устойчивого перехода через 5 °С, т. е. когда растения активно вегетируют, иными словами, выпадает преимущественно в теплый период [2]. Поэтому можно использовать для характеристики климата формулу (1). Среднегодовая температура воздуха по указанным метеостанциям +10,4 °С. Таким образом, $R = 2 \cdot 10,4 + 28 = 48,8$. После сравнения $R = 48,8$ с осадками $X = 36$ см можно сделать вывод, что для степной части Крыма характерен аридный тип климата. Это подтверждается еще и тем, что в данной части Крыма после резкого снижения орошаемых площадей и объемов оросительной воды, подаваемой на поля, стали проявляться явления термодиффузии и конденсации водяных паров из воздуха в почве, что также типично для аридного климата.

Термодиффузия – процесс передвижения влаги под действием градиента температуры. Влага в почве движется в направлении от более теплых слоев к более холодным. В конце апреля – начале мая проводится сев поздних яровых культур, также идет отрастание вторичной корневой системы озимых колосовых культур, и в это время наблюдается резкое повышение температуры воздуха, что вызывает нагрев поверхности почвы и, как следствие, быстрое перемещение влаги в нижние слои почвы с обезвоживанием, таким образом, слоев заделки семян и отрастания вторичной корневой системы, а это чревато потерей части урожая как озимых, так и яровых культур. Этому могут воспрепятствовать обильные осадки либо своевременно проведенные поливы небольшой (250–300 м³/га) нормой, в результате чего охладится верхний слой почвы, разрушится термический барьер и механизм передвижения влаги в почве запустится в другую сторону – из нижних слоев в верхние.

После сокращения поливных площадей стал проявляться процесс конденсации воды из воздуха в почве в центральной части Крыма, что фиксируется ГПБ, а раньше этот процесс проявлялся только в прибрежной зоне воздушно-бризовой циркуляции.

По многолетнему ряду измерений элементов водного баланса орошаемых полей (осадки, поливы, суммарное испарение), проводимых с помощью ГПБ, установлено, что только за период вегетации для нормального роста и развития растений требуется в 2,5–4 раза больше воды, чем приходит с осадками [3].

Без орошения в Степном Крыму невозможно выращивание высоких урожаев, соответствующих географическому положению территории, т. е. приходу фотосинтетически активной радиации (ФАР). Несложный расчет, принятый при программирова-

нии урожая, показывает: при коэффициенте использования ФАР 2 %, что соответствует высокой агротехнике при среднем естественном плодородии почв, сочетающемся с внесением органических и минеральных удобрений, оптимальном поливном режиме, урожаем зерна озимой пшеницы составляет 142 ц/га. Если пересчитать потенциальную урожайность озимой пшеницы по влагообеспеченности, т. е. без орошения, получается 25,6 ц/га, т. е. в 5,5 раза меньше. Подобное соотношение наблюдается и для других культур, большей частью теоретическое, так как осадки в летний период выпадают неравномерно, из-за чего многие яровые культуры (кукуруза, подсолнечник, не говоря уже об овощах) засыхают раньше, чем пополняются влагозапасы в почве до уровня доступных за счет атмосферных осадков. Рис без орошения вырастить вообще невозможно [4].

Эффективность работы любой оросительной системы имеет две равноценных составляющих:

- инженерный уровень, т. е. качество проектирования, строительства и поддержания оросительной системы в рабочем состоянии, подача воды на поля в соответствии с заявленными объемами;

- агрономический уровень, т. е. рациональное использование оросительной воды с конечным результатом – получением экономически выгодной сельскохозяйственной продукции с орошаемых массивов.

После строительства и введения в эксплуатацию Северо-Крымского канала (СКК) прошло довольно много времени, но до сих пор руководители хозяйств не считают режим орошения частью технологии возделывания сельскохозяйственных культур, наряду с агротехникой, агрохимическими и химзащитными мероприятиями. Все, что касается режима орошения, переложено на гидротехника, т. е. специалиста, которого учили как инженера, а не как агронома. Имея в большинстве случаев серьезную техническую подготовку, зная внутривозрастную сеть и отвечая за эту часть работы, гидротехник вынужден осваивать смежную специальность – агрономию на базе своего хозяйства, а не учебного заведения.

Более того, за все неблагоприятные последствия неграмотного управления водой – вторичное засоление, заболачивание, подтопление населенных пунктов, снижение плодородия почв вследствие вымывания питательных веществ ответственными считают мелиораторов. Конечно, в некоторых случаях это вызвано просчетами при проектировании и строительстве оросительной системы, но основные проблемы вызваны не наличием орошения, а неправильным использованием поливной воды.

Для того чтобы если не полностью, то в значительной степени исключить вышеперечисленные негативные последствия мелиорации, нужно выдерживать поливной режим, т. е. подавать воду на поля в нужный срок и в объеме, необходимом для обеспечения нормального прохождения физиологических процессов в растении, не допуская фильтрации за пределы корнеобитаемого слоя. Вода, ушедшая в нижележащие горизонты почвы в виде фильтрата, как раз и является причиной снижения плодородия почвы вследствие вымывания питательных водорастворимых веществ (в первую очередь нитратного азота: по данным научных исследований, 800 м³/га профильтровавшейся за пределы корнеобитаемого слоя воды уносит с собой 65 % подвижного азота). При близком залегании грунтовых вод после смыкания с ними оросительной воды на фоне завышенной поливной нормы происходит их подъем, что служит причиной вторичного засоления и заболачивания, выводя, таким образом, значительные площади орошаемых земель из сельскохозяйственного оборота, быстро и надолго делая их непригодными для выращивания сельскохозяйственных культур.

На протяжении ряда лет разработаны, проверены в опытных и производственных условиях рациональные режимы орошения с управлением ими по инструментальному методу, разработаны методики расчета поливных норм для различных почвенно-гидрологических условий орошаемой зоны Крыма (почвы различных типов с глубоким и близким залеганием уровня грунтовых вод, маломощные почвы, подстилаемые известняково-щебнистыми отложениями с различными глубинами залегания от поверхности, структурой и плотностью).

Суть рациональных режимов орошения состоит в том, чтобы получать не максимально возможный урожай с отдельных полей, а экономически выгодный (рентабельный) со всего севооборота, рационально используя при этом поливную воду. Здесь имеет значение структура посевных площадей, научно обоснованное соотношение озимых и яровых культур с целью ритмичной работы оросительной системы. В понятие структуры поливных площадей входит также и то, какие культуры выгодно выращивать в Степном Крыму, а долю каких лучше снизить, так как их выгоднее закупить в других регионах, чем выращивать у себя, неся при этом неоправданные затраты по возделыванию.

Для правильного управления режимами орошения в Крыму, не допуская при этом потерь поливной воды, исходя из климатических особенностей региона, нужно обладать информацией о приходных и расходных элементах водного баланса орошаемого поля в суточных интервалах, т. е. в конце каждого дня специалист агроформирования должен точно знать, сколько активной влаги находится на каждом поле, чтобы иметь возможность дать заявку на воду, сманеврировать поливной техникой, спланировать проведение полива в соответствии с другими технологическими операциями на полях.

Задачи сложные, но решаемые. Приходная часть (осадки и поливы) измеряется непосредственно в хозяйстве. Осадки – с помощью осадкомера Третьякова, установленного из расчета один прибор на 500–700 га. В измерении объема подаваемой на полив воды также нет принципиальных трудностей, специалисты управлений водного хозяйства обладают достаточно высокой квалификацией в этих вопросах. Основная трудность состоит в получении суточных величин суммарного испарения – расходной части водного баланса. В подавляющем большинстве случаев эту величину рассчитывают по эмпирическим зависимостям суммарного испарения от метеорологических элементов. Существует достаточно много расчетных методов, разработанных в разные годы различными авторами, известными учеными в области мелиорации и орошаемого земледелия. Однако эти методы дают необходимую для водобалансовых расчетов и управления режимами орошения точность (30 %) в интервалах, превышающих месяц, что для условий Крыма неприемлемо, так как, во-первых, межполивные периоды часто бывают меньше декады и, во-вторых, эти методы региональные, т. е. применимы в той климатической зоне, для которой разработаны.

В Крыму для точного расчета режима орошения необходимо использовать измеренные величины суммарного испарения в суточных интервалах.

Для измерения суточных величин элементов водного баланса применялись ГПБ, устанавливаемые непосредственно на производственном поле и представляющие собой крупногабаритную модельную установку, состоящую из емкости (бака) с водой, плавающей системы и контейнера с почвенным монолитом (площадь 0,75–1,0 м², высота 2–2,5 м) в зависимости от модификации. При поступлении воды на поверхность монолита (осадки, поливы) и расходе ее на суммарное испарение происходит изменение веса и, следовательно, изменение положения плавающей системы относительно уровня

воды в баке (соответственно погружение или всплытие), что фиксируется на ленте самописца с точностью ± 5 м³/га. Чувствительность прибора – 100 г, радиус действия – 100 км от места установки для соответствующей культуры.

Для введения поля в управляемый режим необходимо перед началом сезона определить термостатно-весовым методом исходные общие влагозапасы, привести их значение к кубическим метрам на гектар, для чего процент содержания влаги в горизонте умножить на соответствующее значение плотности сложения, вследствие этого результат получится в миллиметрах слоя воды, затем результат нужно умножить еще на 10. Из общих влагозапасов вычисляются активные влагозапасы расчетного слоя, для чего нужно вычесть влажность разрыва капилляров (ВРК), которая рассчитывается по формуле, м³/га:

$$\text{ВРКа} = 2350 \cdot \alpha,$$

где α – расчетный слой почвы, м.

Вычислив активные влагозапасы и приняв их за стартовые (исходные), далее уже несложно управлять режимом орошения соответствующей культуры. Для этого из активных влагозапасов, оставшихся на поле в конце дня (после 18:00), считая от стартовых, вычитают величину суммарного испарения за прошедший день и прибавляют к ним величины осадков, если они были в этот день.

Далее по тенденции хода суммарного испарения за прошедшие три дня прогнозируется его ход на ближайшие три дня в соответствии с наличием активных влагозапасов.

В случае если после прогноза полива выпали осадки, по их величине принимается решение либо отложить полив на более позднюю дату, либо снизить поливную норму на количество осадков. В любом случае решать придется на месте, исходя из соображений целесообразности, а не следуя указаниям, поступающим из вышестоящих организаций [5].

Нужно иметь в виду также еще и то, что роль воды, как поливной, так и прошедшей в виде осадков, в формировании урожая неравнозначна. Естественное увлажнение обеспечивает 23 %, влагозарядка 52 %, остальные 25 % – доля вегетационных поливов, которые также различаются по вкладу в общий урожай: первый полив дает 16 %, второй 6 %, третий и четвертый в сумме 3 % от урожая, полученного в условиях конкретного года. Эти цифры приведены для озимой пшеницы. Таким образом, перераспределяя два последних полива на другие культуры, теряя при этом 2–3 % от максимального урожая, экономят порядка 25–30 % оросительной нормы. Следует отметить, что прибавка урожая в активный период, например, на кукурузе составляет 20 %.

Из приведенных выше данных видна роль влагозарядки в формировании урожая, поэтому данным поливом пренебрегать нельзя.

Норма влагозарядки рассчитывается по формуле, м³/га:

$$M_{\text{взлз}} = 2000 - B_{0,7},$$

где $M_{\text{взлз}}$ – норма влагозарядкового полива;

$B_{0,7}$ – общие влагозапасы в слое 0,7 м.

Нужно отметить, что норма влагозарядки составляет порядка 500–600 м³/га, т. е. сравнима с вегетационным поливом. Теоретически возможная максимальная норма влагозарядки, т. е. при иссушении слоя почвы 0,7 м до влажности завядания, составляет 985 м³/га. Однако таких условий увлажнения в октябре, во время посева озимой пшеницы еще не наблюдалось ни разу за все годы исследований [6].

Выводы. На основе вышеизложенного можно сделать вывод, что орошение

в Крыму необходимо, без него невозможно получать гарантированные высокие урожаи сельскохозяйственных культур. Применяя научно обоснованные поливные нормы, правильно управляя режимами орошения, выращивая экономически выгодные культуры, можно сделать орошение рентабельным и безопасным в экологическом плане.

Список источников

1. Зонн И. С. Толковый словарь по опустыниванию земель. М.: Коркис, 1996. 208 с.
2. Агроклиматический справочник по Крымской области / сост.: Н. И. Черенкова [и др.]. Л.: Гидрометеиздат, 1959. 136 с.
3. Тищенко А. П. Управление режимами орошения сельскохозяйственных культур по инструментальному методу: монография. Симферополь: Таврия, 2003. 240 с.
4. Шатилов И. С., Чудновский А. Ф. Агрофизические, агрометеорологические и агротехнические основы программирования урожая. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 320 с.
5. Тищенко А. П. Назначение очередного срока полива с помощью инструментального метода управления режимами орошения в Крыму // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2016. № 4(64). С. 16–22.
6. Ляшевский В. И., Тищенко А. П. Влагозарядковые поливы в Крыму // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2017. № 1(65). С. 16–21.

References

1. Zonn I.S., 1996. *Tolkovyy slovar po opustynivaniyu zemel* [Explanatory Dictionary of Land Desertification]. Moscow, Korkis Publ., 208 p. (In Russian).
2. Cherenkova N.I. [and others], 1959. *Agroklimaticheskiy spravochnik po Krymskoy oblasti* [Agro-Climatic Guide for the Crimean Region]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 136 p. (In Russian).
3. Tishchenko A.P., 2003. *Upravlenie rezhimami orosheniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur po instrumental'nomu metodu: monografiya* [Management of Crop Irrigation Regimes of Agricultural Crops by Instrumental Method: monograph]. Simferopol, Tavria Publ., 240 p. (In Russian).
4. Shatilov I.S., Chudnovsky A.F., 1980. *Agrofizicheskie, agrometeorologicheskie i agrotekhnicheskie osnovy programmirovaniya urozhaya* [Agrophysical, Agrometeorological and Agrotechnical Basis of Yield Programming]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 320 p. (In Russian).
5. Tishchenko A.P., 2016. *Naznachenie ocherednogo sroka poliva s pomoshch'yu instrumental'nogo metoda upravleniya rezhimami orosheniya v Krymu* [Assignment of the next irrigation period using the instrumental method of controlling irrigation regimes in the Crimea]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 4(64), pp. 16-22. (In Russian).
6. Lyashevsky V.I., Tishchenko A.P., 2017. *Vlagozaryadkovye polivy v Krymu* [Moisture-charging irrigation in the Crimea]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 1(65), pp. 16-21. (In Russian).

Информация об авторах

А. П. Тищенко – начальник отдела, доктор сельскохозяйственных наук;
Ф. Г. Тагиров – директор филиала.

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 1(89).

Ways of increasing the efficiency of irrigated agriculture. 2023. № 1(89).

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

THE ROLE OF LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT
IN ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

Information about the authors

A. P. Tishchenko – Head of the Department, Doctor of Agricultural Sciences;

F. G. Tagirov – Division Director.

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 20.02.2023; одобрена после рецензирования 02.03.2023; принята к публикации 21.03.2023.

The article was submitted 20.02.2023; approved after reviewing 02.03.2023; accepted for publication 21.03.2023.

Научная статья
УДК 631.67:635.21

Особенности питания картофеля весенней посадки на орошаемых землях

Дмитрий Петрович Сидаренко

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация, sidarenko1@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3273-6499>

Аннотация. Цель: изучение различных режимов питания картофеля весенней посадки при его возделывании на фоне капельного орошения, их влияния на качественные и количественные показатели урожая. **Материалы и методы.** Исследования начаты в 2022 г. на опытном участке Бирючукотской овощной селекционной опытной станции в Ростовской области. Почвы в слое 0–40 см – суглинки тяжелые, на глубине 60–80 см переходят в суглинок средний. В среднем очень высоко обеспечены калием, высоко обеспечены фосфором и средне азотом. Содержание гумуса в слое 0–40 см составляет 4,8 %. Схема опыта: фактор А: 1) без удобрений – контроль; 2) N₁₆₀P₁₇₅K₁₆₀; 3) N₁₁₀P₁₅₀K₁₀₀ + 10 т навоза; фактор В: 1) без орошения – контроль; 2) поддержание предполивного порога увлажнения 80 % НВ в слое почвы 0,4 м в течение всей вегетации; 3) то же в слое 0,6 м. В ходе проводимых исследований был использован ряд методик: теоретические, экспериментальные, полевые. **Результаты.** Проведенные исследования выявили, что урожайность картофеля по вариантам опыта без орошения находилась в пределах 14,2–26,3 т/га. Применение минеральных удобрений на фоне различных вариантов орошения позволило повысить урожайность до 26,6–48,8 т/га, что выше, чем в вариантах без орошения, на 12,4–22,5 т/га и больше результата без удобрений на 14,8–19,3 т/га. Дополнение минеральными и органическими удобрениями позволило повысить урожайность в 1,7–1,9 раза (до 44,6–48,8 т/га). **Выводы.** Выявлено преимущество органоминеральной системы питания картофеля при его возделывании на орошении, так как она обеспечивает получение высоких и стабильных урожаев картофеля с высокими качественными показателями.

Ключевые слова: удобрения, орошаемые земли, урожайность, картофель

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия» (г. Новочеркасск, 28 февраля 2023 г.).

Для цитирования: Сидаренко Д. П. Особенности питания картофеля весенней посадки на орошаемых землях // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 1(89). С. 107–114.

Original article

Features of spring planting potatoes nutrition on irrigated lands

Dmitry P. Sidarenko

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation, sidarenko1@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3273-6499>

Abstract. Purpose: to study different nutritional regimes of spring planting potatoes during their cultivation against the background of drip irrigation, their influence on the crop qualitative and quantitative indicators. **Materials and methods.** Research began in 2022 at

the experimental plot of the Biryuchekutskaya vegetable breeding experimental station in Rostov region. Soils in the 0–40 cm layer are heavy loams, at a depth of 60–80 cm they turn into medium loam. On average, they are very high in potassium, high in phosphorus, and moderate in nitrogen. The humus content in the 0–40 cm layer is 4.8 %. Experiment scheme: factor A: 1) without fertilizers – control; 2) $N_{160}P_{175}K_{160}$; 3) $N_{110}P_{150}K_{100}$ + 10 tons of manure; factor B: 1) without irrigation – control; 2) maintaining a pre-irrigation moisture sill of 80 % minimum water capacity in a soil layer of 0.4 m throughout the growing season; 3) the same in a layer of 0.6 m. During the research, a number of methods were used: theoretical, experimental, field ones. **Results.** The conducted studies revealed that the yield of potatoes according to the variants of the experiment without irrigation was in the range of 14.2–26.3 t/ha. The use of mineral fertilizers against the background of various irrigation options made it possible to increase the yield to 26.6–48.8 t/ha, which is higher than in the variants without irrigation by 12.4–22.5 t/ha and more than the result without fertilizers by 14.8–19.3 t/ha. The addition of mineral and organic fertilizers made it possible to increase the yield by 1.7–1.9 times (up to 44.6–48.8 t/ha). **Conclusions.** The advantage of the organomineral system of potato nutrition during its cultivation using irrigation was revealed, as it provides high and stable yields of potatoes with high quality indicators.

Keywords: fertilizers, irrigated lands, productivity, potatoes

Evaluation of the research results: the main provisions of the article were reported at the All-Russian scientific and practical conference “The role of land reclamation and water management in ensuring the sustainable development of agriculture” (Novocherkassk, February 28, 2023).

For citation: Sidarenko D. P. Features of spring planting potatoes nutrition on irrigated lands. *Ways of increasing the efficiency of irrigated agriculture*. 2023;1(89):107–114. (In Russ.).

Введение. Картофель предъявляет более высокие требования к питательным веществам, чем многие другие сельскохозяйственные культуры: он накапливает больше сухого вещества, а его корневая система слаборазвита. Наибольшую потребность картофель испытывает в следующих элементах (на 100 кг клубней): азот – около 0,5 кг; фосфор – 0,2; калий – 0,9; кальций – около 0,4; магний – 0,2 кг [1].

Под эту ценную сельскохозяйственную культуру в Ростовской области отводятся небольшие площади, которые постоянно увеличиваются, так, под урожай 2021 г. посевная площадь, занятая картофелем, составила 16,5 тыс. га, это 101,1 % к уровню 2020 г. Столь небольшая площадь возделывания в условиях Ростовской области объясняется непростыми климатическими условиями с повышенным температурным режимом и низкой влагообеспеченностью, которые очень неблагоприятны при возделывании картофеля. В районах с суммами активных температур 3200 °С и выше большая вероятность вырождения картофеля, и поэтому выращивать его здесь крайне нежелательно. В остальных районах экономический эффект возможен лишь при орошении [2].

При возделывании картофеля в крайне непростых природных условиях необходимо найти оптимальное сочетание элементов технологии его возделывания, при котором даже в критический период роста и развития будут выполняться требования для получения высоких стабильных урожаев [3–7].

Один из важных элементов технологии возделывания картофеля – это питательный режим. Многолетние опыты, проводимые как в нашей стране, так и за рубежом, убедительно доказывают, что высокий урожай картофеля можно получить при правильном использовании минеральных и органических удобрений, обеспечивающих значительные прибавки урожая. Пищевой режим данной культуры невозможно опти-

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ
THE ROLE OF LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT
IN ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

мизировать только с помощью азота, фосфора и калия. Растениям также нужны и микроэлементы, применение которых под картофель дает возможность вовлечь в формирование дополнительного урожая потенциальные резервы почвы, климата, растений и удобрений [8, 9].

Цель проведения наших исследований состояла в изучении влияния различных режимов питания картофеля весенней посадки при его возделывании на фоне капельного орошения на урожайность и товарное качество картофеля.

Материалы и методы. В ходе проводимых исследований был использован ряд методик: теоретические, экспериментальные, полевые. Во время проведения полевых опытов, при обработке и анализе результатов экспериментальных исследований были применены следующие методы: теории вероятностей и математической статистики, физического и математического моделирования.

Исследования начаты в 2022 г. на опытном участке, расположенном на территории Бирючуктской ОСОС – филиала ФГБНУ ФНЦО. По гранулометрическому составу почвы в слое 0–40 см относятся к суглинкам тяжелым. Лишь на глубине 60–80 см переходят в суглинок средний. Структурное состояние при сухом просеивании характеризуется как отличное, но водопроходимость агрегатов оценивается как удовлетворительная.

Почвы участка относятся к категории незасоленных. По оценке щелочности – нещелочные, но реакция почвенной среды превышает 7,5 ед. рН, при которых нормальные условия для развития сельскохозяйственных культур нарушаются.

По агрохимическим показателям почвы опытного участка в среднем до 0–40 см и ниже очень высоко обеспечены калием, высоко обеспечены фосфором и средне азотом.

Содержание гумуса в среднем в слое 0–40 см составляет 4,8 %, что относит данные почвы к среднеобеспеченным по данному показателю (таблица 1).

Таблица 1 – Агрохимические показатели почвы опытного участка, 2022 г.

Table 1 – Agrochemical indicators of soil on the experimental plot, 2022

Слой, см	Азот нитратный, мг/кг	Фосфор, мг/кг	Калий, мг/кг	Гумус, %
0–20	8,5	77	822	4,9
20–40	7,7	64	631	4,7
40–60	6,2	39	495	4,4
0–40	8,1	71	727	4,8

Климат района проведения исследований умеренно континентальный, несмотря на смягчающее влияние Азовского моря, увлажнение неустойчивое, ГТК колеблется от 0,7 до 0,9. Сумма температур за период активной вегетации составляет 3200–3400 °С. За год выпадает 450–500 мм атмосферных осадков, а за период активной вегетации 250–290 мм [10].

Схемой опыта было предусмотрено использование двух вариантов питательного режима картофеля (фактор А) и вариант без удобрений (контроль):

- 1) без удобрений (естественное плодородие) – контроль;
- 2) внесение N₁₆₀P₁₇₅K₁₆₀ под планируемую урожайность 40 т/га;
- 3) внесение N₁₁₀P₁₅₀K₁₀₀ + 10 т навоза под планируемую урожайность 40 т/га.

Кроме того, было предусмотрено использование двух вариантов режима орошения картофеля (фактор В) и вариант без орошения (контроль).

- 1) без орошения (естественные атмосферные осадки) – контроль;
- 2) поддержание предполивного порога увлажнения 80 % наименьшей влагоемкости (НВ) в слое почвы 0,4 м в течение всей вегетации;

3) поддержание предполивного порога увлажнения 80 % НВ в слое почвы 0,6 м в течение всей вегетации.

Орошение опытной делянки производилось капельным способом. Забор оросительной воды осуществлялся из естественного источника р. Тузлов.

Учет урожайности и обработка полученных результатов осуществлялись согласно Б. А. Доспехову [11], общепринятым методикам с применением программного продукта Microsoft Excel.

Результаты и обсуждения. Анализ результатов исследований свидетельствует о преимуществах в развитии растений в вариантах с изучаемыми питательными режимами и орошением в сравнении с вариантом без внесения удобрений и орошения (таблица 2).

Таблица 2 – Биометрические показатели картофеля весенней посадки по вариантам опыта

Table 2 – Biometric indicators of spring planting potatoes by experiment options

Вариант опыта	Средняя высота растений, м	Количество стеблей, шт.	Количество листьев, шт.
Без орошения			
Без удобрений	0,40	1,9	21,2
N ₁₆₀ P ₁₇₅ K ₁₆₀	0,52	2,3	22,4
N ₁₁₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + 10 т навоза	0,64	2,7	23,0
80 % НВ в слое почвы 0,4 м в течение всей вегетации			
Без удобрений	0,43	2,4	23,5
N ₁₆₀ P ₁₇₅ K ₁₆₀	0,56	2,8	24,2
N ₁₁₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + 10 т навоза	0,68	3,3	25,1
80 % НВ в слое почвы 0,6 м в течение всей вегетации			
Без удобрений	0,51	2,6	23,7
N ₁₆₀ P ₁₇₅ K ₁₆₀	0,60	3,1	24,5
N ₁₁₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + 10 т навоза	0,72	3,6	25,5

Наибольшей высоты достигли растения в вариантах с сочетанием органических и минеральных удобрений. Максимальная высота (в среднем 0,72 м) была получена в варианте N₁₁₀P₁₅₀K₁₀₀ + 10 т навоза на фоне орошения с поддержанием влажности на уровне 80 % НВ в слое 0,6 м.

Первую подкормку осуществляли при высоте растений около 20 см, вторую – в период бутонизации. Удобрения вносили на глубину 8–12 см и на расстоянии от растения 12–15 см при первой подкормке или в середину междурядья – при второй.

Как правило, органические удобрения уже в год внесения не только поставляют питательные вещества, но и могут оказывать влияние на изменения в общем плодородии почвы, вследствие накапливания фосфорнокислых соединений, калия, постепенно уменьшается гидролитическая кислотность, увеличивая тем самым сумму поглощенных оснований и незначительно содержание гумуса.

По количеству стеблей и сформировавшихся на них листьев в год проведения исследований варианты с сочетанием минеральных и органических удобрений превосходили остальные. Так, количество стеблей в данном варианте опыта колебалось от 2,7 до 3,6 шт., в то время как данный показатель в варианте без орошения и без удобрений составил всего 1,9 шт., а количество листьев 21,2 шт. против 23,0–25,5 шт.

Максимальный прирост клубней и процент формирования товарных (калиброванных) клубней также отмечен в вариантах опыта с применением органоминеральной системы питания картофеля (таблица 3).

Таблица 3 – Товарные качества картофеля весенней посадки по вариантам опыта В %**Table 3 – Marketability of spring planting potatoes by experiment options**

In %

Вариант опыта	Товарное качество картофеля		
	I + II фракция (масса клубня 70–200 г)	III фракция (масса клубня 30–70 г)	IV фракция (масса клубня 30 г)
Без орошения			
Без удобрений	46,3	47,5	6,2
N ₁₆₀ P ₁₇₅ K ₁₆₀	52,1	42,6	5,3
N ₁₁₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + 10 т навоза	57,7	40,9	1,4
80 % НВ в слое почвы 0,4 м в течение всей вегетации			
Без удобрений	50,5	41,4	8,1
N ₁₆₀ P ₁₇₅ K ₁₆₀	56,8	37,3	5,9
N ₁₁₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + 10 т навоза	63,1	32,8	4,1
80 % НВ в слое почвы 0,6 м в течение всей вегетации			
Без удобрений	54,2	40,3	5,5
N ₁₆₀ P ₁₇₅ K ₁₆₀	61,5	35,7	2,8
N ₁₁₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + 10 т навоза	70,4	27,3	2,3

Анализ данных таблицы 3 показывает, что при проведении опыта в вариантах с орошением и внесением удобрений более 50 % составили клубни I + II фракций, т. е. продовольственный картофель. В варианте опыта без орошения и внесения минеральных и органических удобрений процент продовольственного картофеля составляет 46,3 %, применение различных норм орошения позволяет увеличить процент продовольственного картофеля в общей массе до 50,5–54,2 %. Применение минеральных удобрений на фоне орошения позволяет повысить выход продовольственного картофеля до 56,8–61,5 %, а сочетание минеральных и органических удобрений позволяет увеличить выход продовольственного картофеля до 63,1–70,4 %. Максимальный выход продовольственного картофеля 70,4 % от общего урожая в опыте был получен в варианте N₁₁₀P₁₅₀K₁₀₀ + 10 т навоза на фоне орошения с поддержанием влажности не ниже 80 % НВ в слое 0,6 м.

Урожайность картофеля по вариантам опыта (таблица 4) существенно варьировала.

Таблица 4 – Урожайность картофеля весенней посадки по вариантам опыта**Table 4 – Yield of spring planting potatoes by experiment options**

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Прибавка от удобрений		Прибавка от орошения, т/га
		т/га	%	
1	2	3	4	5
Без орошения				
Без удобрений	14,2	–	–	–
N ₁₆₀ P ₁₇₅ K ₁₆₀	25,2	11,0	77,5	–
N ₁₁₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + 10 т навоза	26,3	12,1	85,2	–
80 % НВ в слое почвы 0,4 м в течение всей вегетации				
Без удобрений	26,6	–	–	12,4
N ₁₆₀ P ₁₇₅ K ₁₆₀	41,4	14,8	55,6	16,2
N ₁₁₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + 10 т навоза	44,6	18,0	67,7	18,3

Продолжение таблицы 4

Table 4 continued

1	2	3	4	5
80 % НВ в слое почвы 0,6 м в течение всей вегетации				
Без удобрений	29,5	–	–	15,3
N ₁₆₀ P ₁₇₅ K ₁₆₀	45,2	15,7	53,2	20,0
N ₁₁₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀ + 10 т навоза	48,8	19,3	65,4	22,5
НСП ₀₅ (А)	10,6			
НСП ₀₅ (В)	11,8			
НСП ₀₅ (АВ)	11,2			

Анализ данных об урожайности картофеля по вариантам опыта выявил, что она находилась в пределах 14,2–26,3 т/га в вариантах без орошения. Применение минеральных удобрений на фоне различных вариантов орошения позволило повысить урожайность до 26,6–48,8 т/га, что выше, чем в вариантах без орошения, на 12,4–22,5 т/га и больше результата без удобрений на 14,8–19,3 т/га. Дополнение минеральными и органическими удобрениями позволило повысить урожайность в 1,7–1,9 раза (до 44,6–48,8 т/га).

При этом следует отметить, что прибавка от внесения минеральных и органических удобрений в среднем по вариантам опыта составила 65,4–85,2 %.

Математическая обработка результатов определения урожайности картофеля весенней посадки по трем повторностям опыта позволила вычислить статистические показатели полученной урожайности, значения которых составили: дисперсия $\sigma = 12,25$; стандартное отклонение $S = 2,24$; абсолютная ошибка $Sx = 0,87$ т/га; относительная ошибка $Sx = 0,02$ %.

Выводы. Проведенные исследования доказали преимущество органоминеральной системы питания картофеля при его возделывании на фоне орошения, так как она обеспечивает получение высоких и стабильных урожаев картофеля с высокими качественными показателями. Результаты проведенных нами исследований свидетельствуют об изменении фракционного состава в полученном урожае картофеля в зависимости от норм внесения минеральных и органических удобрений на фоне различных норм орошения.

Список источников

1. Мельничук Д. И., Мельничук Г. Д., Рыло В. А. Растениеводство. Клубнеплоды и корнеплоды: учеб. пособие. Горки: БГСХА, 2020. 78 с.
2. Посевные площади основных сельскохозяйственных культур под урожай 2021 года в Ростовской области [Электронный ресурс]. URL: <https://rostov.gks.ru/storage/mediabank/7agK7sSh/Посевные%20площади%20основных%20сельскохозяйственных%20культур%20под%20урожай%202021%20года%20в%20Ростовской%20области.htm> (дата обращения: 13.02.2023).
3. Рембалович Г. К., Костенко М. Ю., Безносюк Р. В. Перспективы повышения эффективности технического сервиса картофелеуборочных комбайнов // Материально-техническое обеспечение учреждений уголовно-исполнительной системы: современное состояние и перспективы развития: сб. материалов Всерос. науч.-практ. круглого стола. 2017. С. 107–112.
4. Старовойтова О. А. Разработка и совершенствование элементов технологии возделывания картофеля применительно к условиям изменяющегося климата Нечерноземной зоны России: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 05.20.01. М., 2020. 42 с.

5. Бабичев А. Н., Сидаренко Д. П. Влияние современных способов орошения на водопотребление картофеля // Актуальные вопросы совершенствования систем земледелия в современных условиях: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (с междунар. участием). Махачкала: ФАНЦ РД, 2020. С. 190–193.

6. Бабичев А. Н., Сидаренко Д. П. Дифференцированное внесение минеральных удобрений при использовании точного земледелия на фоне орошения // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 2(78). С. 23–29.

7. Key weather extremes affecting potato production in The Netherlands / P. A. J. Van Oort, B. G. H. Timmermans, H. Meinke, M. K. Van Ittersum // European Journal of Agronomy. 2012. Vol. 37, iss. 1. P. 11–22. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2011.09.002>.

8. Васильев А. А. Листовая подкормка картофеля эффективна // Картофель и овощи. 2013. № 9. С. 24–25.

9. Осипов А. И., Шкрабак Е. С. Влияние некорневого питания на урожай и качество картофеля // Известия Санкт-Петербургского аграрного университета. 2013. № 47. С. 62–68.

10. Полуэктов Е. В., Цвылев Е. М. Почвенно-земельные ресурсы Ростовской области: учеб. пособие. Новочеркасск: НГМА, 1999. 201 с.

11. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Кн. по требованию, 2013. 349 с.

References

1. Melnichuk D.I., Melnichuk G.D., Rylo V.A., 2020. *Rastenievodstvo. Klubneplody i korneplody: uchebnoe posobie* [Crop Production. Tuber Crops and Root Crops: textbook]. Gorki, BSHA Publ., 78 p. (In Russian).

2. *Posevnye ploshchadi osnovnykh sel'skokhozyaystvennykh kul'tur pod urozhay 2021 goda v Rostovskoy oblasti* [Sown area of main agricultural crops for the yield of 2021 in Rostov region], available: <https://rostov.gks.ru/storage/mediabank/7agK7sSh/Посевные%20площади%20основных%20сельскохозяйственных%20культур%20под%20урожаем%202021%20года%20в%20Ростовской%20области.htm> [accessed 13.02.2023]. (In Russian).

3. Rembalovich G.K., Kostenko M.Yu., Beznosyuk R.V., 2017. *Perspektivy povysheniya effektivnosti tekhnicheskogo servisa kartofeleuborochnykh kombaynov* [Prospects for improving the efficiency of technical service of potato harvesters]. *Material'no-tekhnicheskoe obespechenie uchrezhdeniy ugovovno-ispolnitel'noy sistemy: sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya: sb. materialov Vserossiyskogo nauchno-prakticheskogo kruglogo stola* [Material and Technical Support of Institutions of Penitentiary System: Current State and Development Prospects: Proc. of All-Russian Scientific-Practical Round Table], pp. 107-112. (In Russian).

4. Starovoitova O.A., 2020. *Razrabotka i sovershenstvovanie elementov tekhnologii vzdelyvaniya kartofelya primenitel'no k usloviyam izmenyayushchegosya klimata Nechernozemnoy zony Rossii. Avtoreferat diss. kand. s.-kh. nauk* [Development and improvement of elements of potato cultivation technology in relation to the conditions of the changing climate of the Non-Black Earth Zone of Russia. Abstract of cand. agri. sci. diss.]. Moscow, 42 p. (In Russian).

5. Babichev A.N., Sidarenko D.P., 2020. *Vliyaniye sovremennykh sposobov orosheniya na vodopotrebleniye kartofelya* [Influence of modern irrigation methods on potato water consumption]. *Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya sistem zemledeliya v sovremennykh usloviyakh: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (s mezhdunarodnym*

uchastiem) [Current Issues of Improving Farming Systems under Modern Conditions: Proc. of Scientific-Practical Conference (With International Participation)]. Makhachkala, FANC RD, pp. 190-193. (In Russian).

6. Babichev A.N., Sidarenko D.P., 2020. *Differentsirovannoe vnesenie mineral'nykh udobreniy pri ispol'zovanii tochnogo zemledeliya na fone orosheniya* [Differentiated application of mineral fertilizers when using precision farming against the background of irrigation]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshayemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 2(78), pp. 23-29. (In Russian).

7. Van Oort P.A.J., Timmermans B.G.H., Meinke H., Van Ittersum M.K., 2012. Key weather extremes affecting potato production in The Netherlands. *European Journal of Agronomy*, vol. 37, iss. 1, pp. 11-22, <https://doi.org/10.1016/j.eja.2011.09.002>.

8. Vasiliev A.A., 2013. *Listovaya podkormka kartofelya effektivna* [Foliar treatment of potatoes is effective]. *Kartofel' i ovoshchi* [Potato and Vegetables], no. 9, pp. 24-25. (In Russian).

9. Osipov A.I., Shkrabak E.S., 2013. *Vliyaniye nekornevoy pitaniya na urozhay i kachestvo kartofelya* [Influence of foliar feeding on the yield and quality of potatoes]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo agrarnogo universiteta* [Bull. of St. Petersburg State Agrarian University], no. 47, pp. 62-68. (In Russian).

10. Poluektov E.V., Tsvylev E.M., 1999. *Pochvenno-zemel'nye resursy Rostovskoy oblasti: ucheb. posobie* [Soil and Land Resources of Rostov Region: textbook]. Novocherkassk, NGMA, 201 p. (In Russian).

11. Dospikhov B.A., 2013. *Metodika polevogo opyta: s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy* [Methods of Field Experience: with the Basics of Statistical Processing of Research Results]. Moscow, Book on Demand Publ., 349 p. (In Russian).

Информация об авторе

Д. П. Сидаренко – научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук.

Information about the author

D. P. Sidarenko – Researcher, Candidate of Agricultural 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 20.02.2023; одобрена после рецензирования 15.03.2023; принята к публикации 23.03.2023.

The article was submitted 20.02.2023; approved after reviewing 15.03.2023; accepted for publication 23.03.2023.

Научная статья
УДК 621.65

Технологические режимы лопастного насоса с новыми элементами проточной части

Олег Яковлевич Гловацкий¹, Рустам Рахимович Эргашев²,
Наира Равильевна Насырова³, Шерзод Рустамович Рустамов⁴,
Жалолиддин Ибодуллаевич Рашидов⁵, Александр Сергеевич Газарян⁶

^{1,3,6}Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем, Карасу-4/11,
Ташкент, Республика Узбекистан

^{2,4,5}Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров
ирригации и механизации сельского хозяйства», Ташкент, Республика Узбекистан

¹n_naira1982@mail.ru

²erustamrah@mail.ru

³n_naira1982@mail.ru

⁴erustamrah@mail.ru

⁵jaloliddin5@mail.ru

⁶gazaryan.lex@gmail.com

Аннотация. **Цель:** совершенствование проточной части насосов на оросительных системах для уменьшения абразивного и кавитационного износа рабочего колеса и повышения рабочих параметров. **Материалы и методы.** Полученные данные были статистически обработаны, и на их основе подготовлен первоначальный вариант насоса по оптимальным параметрам. **Результаты.** Установлено, что эрозия возникает на входе и выходе лопаток рабочих колес насосов. На входе в рабочее колесо определяются точки кавитации и эрозии из-за частиц песка. На основе программных исследований рабочие колеса при большой нагрузке сравнивались с рабочими колесами, используемыми в рабочем процессе. После сравнения с научными разработками была определена совместимость в естественных условиях. Для снижения кавитационных и эрозионных процессов в рабочем колесе рекомендуется его новая модель и способы свободного поступления воды на входе рабочего колеса. **Выводы.** В результате опытов по снижению кавитации насосы показали, что рабочие колеса могут эксплуатироваться без дефектов в течение длительного времени. На основании анализа дефектов рабочих органов насоса с целью устранения выявленных недостатков было создано проточное сечение насоса с использованием спирали Архимеда. В результате была обеспечена пропорциональность рабочего колеса насоса и проточной части, сформирована сплошность потока в насосе, достигнуто увеличение КПД на 3–5 %.

Ключевые слова: надежность, эксплуатация, насосные агрегаты, кавитация, проточная часть, рабочее колесо, лопасть, абразивный износ

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия» (г. Новочеркасск, 28 февраля 2023 г.).

Для цитирования: Особенности питания картофеля весенней посадки на орошаемых землях / О. Я. Гловацкий, Р. Р. Эргашев, Н. Р. Насырова, Ш. Р. Рустамов, Ж. И. Ра-

шидов, А. С. Газарян // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 1(89). С. 115–125.

Original article

Operating schedule of the impeller pump with flow part new elements

Oleg Ya. Glovatskiy¹, Rustam R. Ergashev², Naira R. Nasyrova³,

Sherzod R. Rustamov⁴, Jaloliddin I. Rashidov⁵, Aleksandr S. Gazaryan⁶

^{1,3,6}Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems, Karasu-4/11, Tashkent, Republic of Uzbekistan

^{2,4,5}“Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers” National Research University, Tashkent, Republic of Uzbekistan

¹n_naira1982@mail.ru

²erustamrah@mail.ru

³n_naira1982@mail.ru

⁴erustamrah@mail.ru

⁵jaloliddin5@mail.ru

⁶gazaryan.lex@gmail.com

Abstract. Purpose: improvement of the flow part of pumps on irrigation systems for reducing abrasive and cavitation wear of the impeller and increasing operating parameters. **Materials and methods.** The data obtained were statistically processed, and on their basis the initial version of the pump was developed according to the optimal parameters. **Results.** It has been found out that erosion occurs at the inlet and outlet of the pump impeller blades. At the inlet to the impeller, points of cavitation and erosion due to sand particles are determined. Based on program studies, impellers under heavy load were compared with impellers used in the operating process. Compatibility in vivo was determined after comparison with scientific developments. To reduce cavitation and erosion processes in the impeller, its new model and methods of free water flow at the impeller inlet are recommended. **Conclusions.** As a result of experiments to reduce cavitation, the pumps have shown that the impellers can be operated flawless for a long time. Based on the analysis of defects in the pump working parts, in order to eliminate the identified shortcomings, a flow section of the pump was created using the Archimedes spiral. As a result, the proportionality of the pump impeller and the flow path was ensured, the continuity of the flow in the pump was formed, and an increase in efficiency by 3–5 % was achieved.

Keywords: reliability, operation, pumping units, cavitation, flow path, impeller, blade, abrasive wear

Evaluation of the research results: the main provisions of the article were reported at the All-Russian scientific and practical conference “The role of land reclamation and water management in ensuring the sustainable development of agriculture” (Novocherkassk, February 28, 2023).

For citation: Glovatskiy O. Ya., Ergashev R. R., Nasyrova N. R., Rustamov Sh. R., Rashidov J. I., Gazaryan A. S. Operating schedule of the impeller pump with flow part new elements. *Ways of increasing the efficiency of irrigated agriculture*. 2023;1(89):115–125. (In Russ.).

Введение. В Республике Узбекистан 4,3 млн га орошаемых площадей снабжаются водой посредством 1688 насосных станций (НС). Дополнительно более 8047 малых НС и агрегатов обеспечивают водой 25 % сельскохозяйственных угодий. Из 11,0 млрд кВт·ч

электроэнергии, потребляемой ежегодно в сельском хозяйстве, 8,2 млрд кВт·ч потребляется НС. В литературе мало информации о трехмерных рабочих колесах (РК) центробежных насосов. Если смотреть на такое колесо в меридиональном плане, лопасти представляют собой лопасти, которые поворачиваются от осевого направления к радиальному в трех измерениях. Тросколански и Леннеманн очень четко сравнили поведение потока в трехмерных колесах [1, 2]. Исследовалось течение только вблизи выходного отверстия РК. Ученые республики также изучали срок службы, методы эрозии, динамику течения, материалы, влияние увеличения расхода в насосах и влияние частиц, подмешиваемых в поток, на скорость эрозии [3, 4]. Авторами установлено, что различные виды мелкозернистых сверхтвердых частиц в воде наносят вред режиму работы насосов [5, 6] (рисунок 1).



Рисунок 1 – Эрозия рабочих колес насосов типа «Д» из-за кавитации и дисбаланса между рабочим колесом и проточной частью (фото О. Я. Гловацкого, НИИИВП)

Figure 1 – Erosion of the type “D” pump impellers due to cavitation and imbalance between the impeller and the flow part (photo by O. Ya. Glovatsky, SRIWP)

С целью устранения данного вида износа РК были изучены работы ряда ученых, проведен анализ и исследования, посвященные устранению этих проблем [6–8].

Материалы и методы. На ремонтные предприятия привозили РК крупных насосов, изучали проточные сечения, ремонтировали и улучшали свойства материалов [9, 10]. На основе программных чертежей проанализированы расчеты непрерывного движения воды в проточной части насоса. Была изучена корреляция между полевыми исследованиями и результатами диагностики, теоретическими и экспериментальными исследованиями [11, 12]. На основании анкетирования и исследований, проведенных на производственном предприятии, определено влияние осевых сил на рабочие органы насосов. С целью изучения процесса кавитационной эрозии были выполнены анализы количества и формы рабочих лопаток насосного устройства.

Результаты и обсуждение. В ходе исследования было установлено, что РК бывают открытыми, закрытыми и полуоткрытыми. Также лопасти РК можно сделать прямыми, загнутыми вперед и назад. Когда вода движется вверх, необходимо преобразовать меридиональное движение воды от РК в радиальное, обеспечив вход потока в центробежный насос без гидравлического сопротивления. На этапе проектирования необходимо учитывать форму и размеры лопастей РК. Для решения задачи, как и в двумерном случае, учитывались основные понятия непрерывности поверхности, кривизны и

изменения кривизны. Для построения этих форм лопасти были проведены исследовательские работы с тремя различными РК (рисунки 2–4). Углы входа и выхода лопастей, их радиальная $V_{\theta r}$ и поперечная V_{θ} ширина определялись в рабочем уравнении, в котором используется выходная угловая скорость U :

$$V_{\theta} = U - \frac{V_M}{\operatorname{tg}\beta} - V_s, \quad (1)$$

где U – скорость выходной лопасти, м/с;

V_M – меридиональная скорость, м/с;

β – угол выходной лопасти;

V_s – скорость скольжения, м/с.

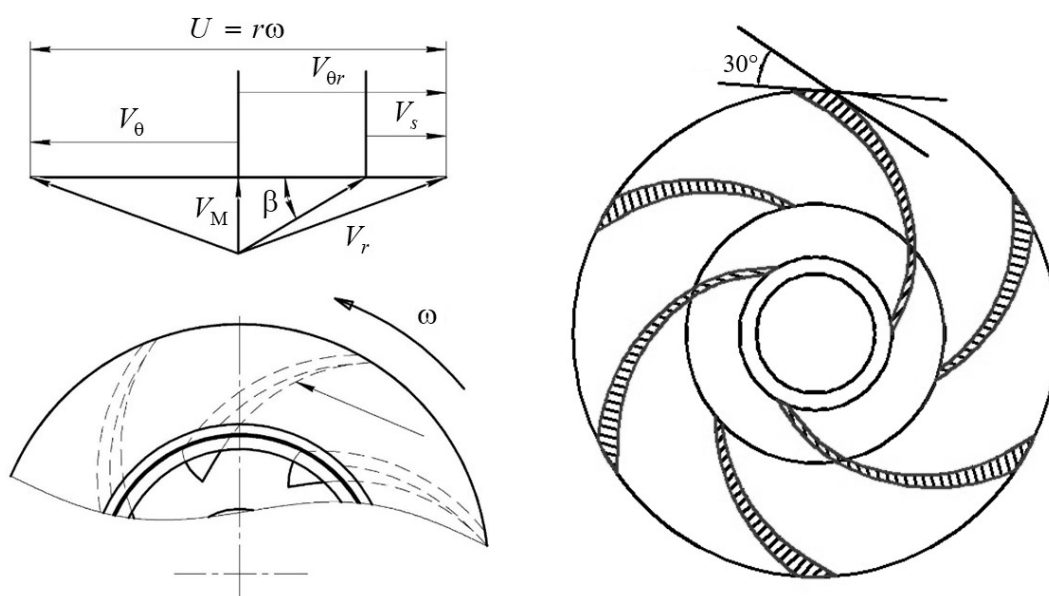


Рисунок 2 – Треугольник скорости на выходе рабочего колеса, повернутого против направления потока

Figure 2 – Velocity triangle at the outlet of the impeller, turned against the direction of flow

В приведенном выражении (1) абсолютная скорость вращения жидкости, выходящей из РК, т. е. меридиональная скорость V_M , определяется углом выходной лопасти β (скорость выходной лопасти – U и скорость скольжения – V_s). Следуя принципу неразрывности потока, можно оценить меридиональную скорость V_M :

$$V_M = \frac{Q}{A} \text{ и } A = 2\pi Rq - zqb, \quad (2)$$

где Q – расход через РК, м³/с;

A – выходная площадь, доступная для потока, мм²;

R – радиус РК, мм;

q – количество параллельных потоков, шт.;

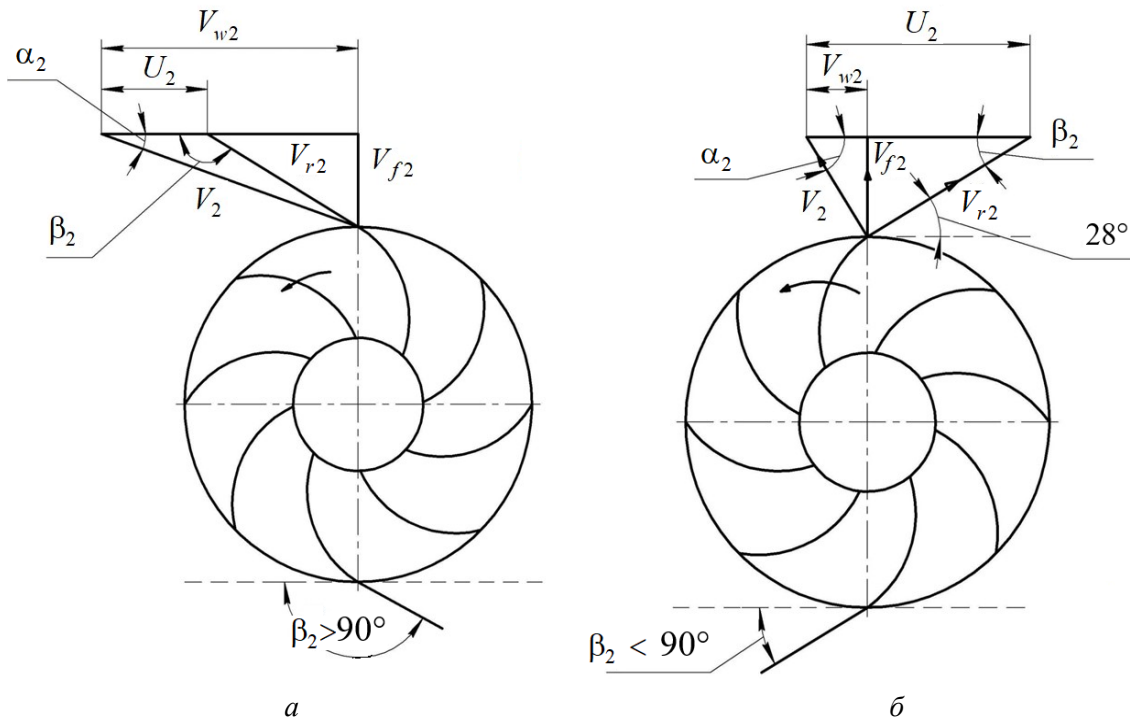
z – количество лопастей, шт.;

b – ширина проточной части лопатки, мм.

В выражении (2) Q представляет собой скорость потока через РК, а A пред-

ставляет собой ширину выходного сечения, доступного для потока. Самая большая проблема – определение формы РК. В ходе исследований были обнаружены преимущества углов поворота РК, главным образом основанные на использовании таких типов лопаток РК:

- лопасти загнуты вперед, т. е. повернуты по направлению потока (рисунок 3а);
- лопасти загнуты назад, т. е. повернуты против направления потока (рисунок 3б).



β_2 – угол выходной лопасти при V_{f2} (скорость на выходе);

$$V_2 = \frac{U_2}{\cos \beta_2}; V_2 = \frac{V_{f2}}{\sin \beta_2}; V - \text{относительная скорость, м/с}$$

Рисунок 3 – Треугольники скорости рабочего колеса

Figure 3 – Impeller speed triangles

Максимальное давление развивается в центробежных насосах:

$$H = \frac{V_{w2} \cdot U_2}{g}$$

Он генерируется из выходной угловой скорости:

$$\tan \beta_2 = \frac{V_{f2}}{U_2 - V_{w2}},$$

$$V_{w2} = U_2 - V_{f2} \operatorname{ctg} \beta_2,$$

но потребление формируется от скорости следующим образом:

$$V_{f2} = \frac{Q}{\pi D_2 b_2},$$

$$(Q = \pi D_2 B_2 V_{f2}),$$

где D_2 и b_2 – диаметр РК и ширина выходного отверстия;

$$V_{w2} = U_2 - \frac{Q}{\pi D_2 b_2} \operatorname{ctg} \beta_2;$$

V_{f2} – скорость на выходе;

V – относительная скорость, м/с;

$\operatorname{tg} \beta$ – отношение лежащего против данного острого угла катета к другому катету, рад;

$\operatorname{ctg} \beta$ – это отношение прилежащего (близкого) катета к противолежащему (дальнему), рад.

Если U_2 , D_2 , b_2 не изменяются, то давление H зависит от угла выхода β_2 и расхода на выходе Q (рисунок 4).

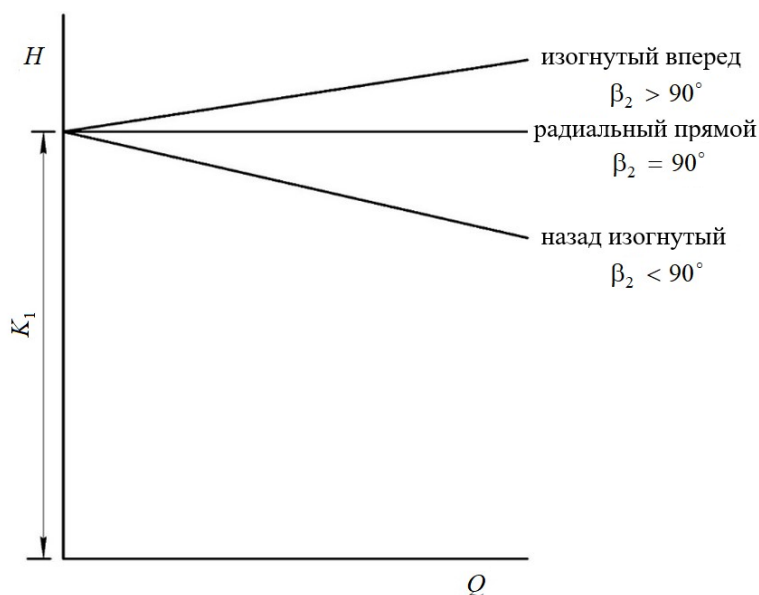


Рисунок 4 – Влияние углов поворота лопастей рабочего колеса

Figure 4 – The influence of the angles of impeller blade rotation

На основе расчетов был подготовлен новый вид РК и выявлены точки высокого давления на входе и выходе из РК (рисунок 5).

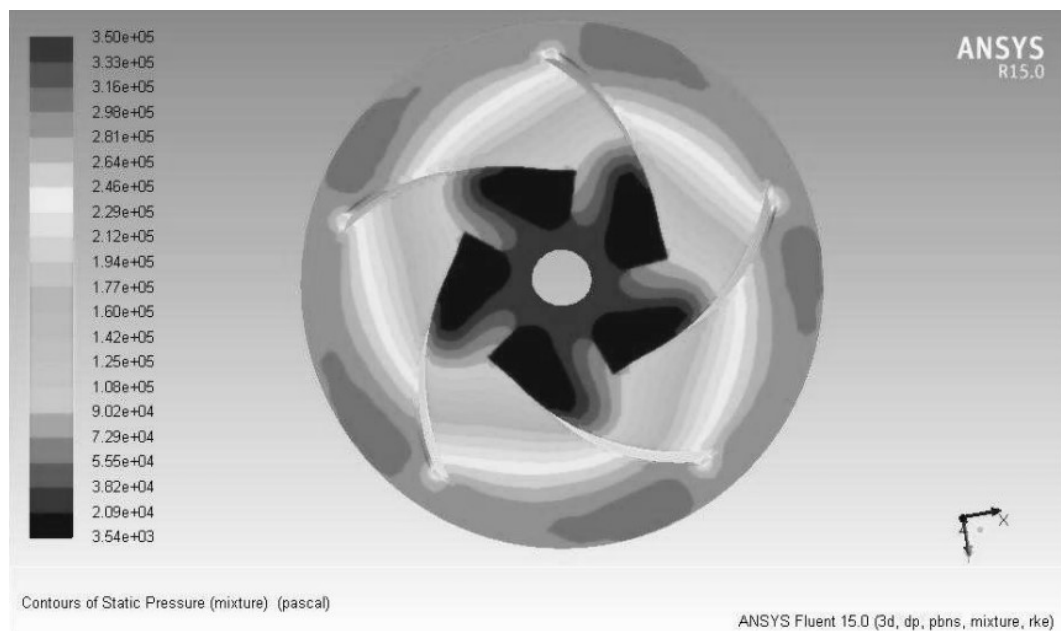
При этом входные отверстия лопаток РК, расположенных в нечетных местах, были перерезаны на 12 % и восстановлено непрерывное движение воды (рисунок 2). В результате кавитация, вибрация и шум в насосе значительно снизились. Достигнуто увеличение подачи и КПД насоса на 3 %. Угол $\beta_2 < 90^\circ$ мал в лопастях, отогнутых назад, отогнутых против направления потока, $\operatorname{ctg} \beta_2$ положителен, и поэтому давление на выходе уменьшается и V_{w2} минимизируется.

$$H = \frac{U_2}{g} \left[U_2 - \left(\frac{Q}{\pi D_2 B_2} \right) \operatorname{ctg} \beta_2 \right],$$

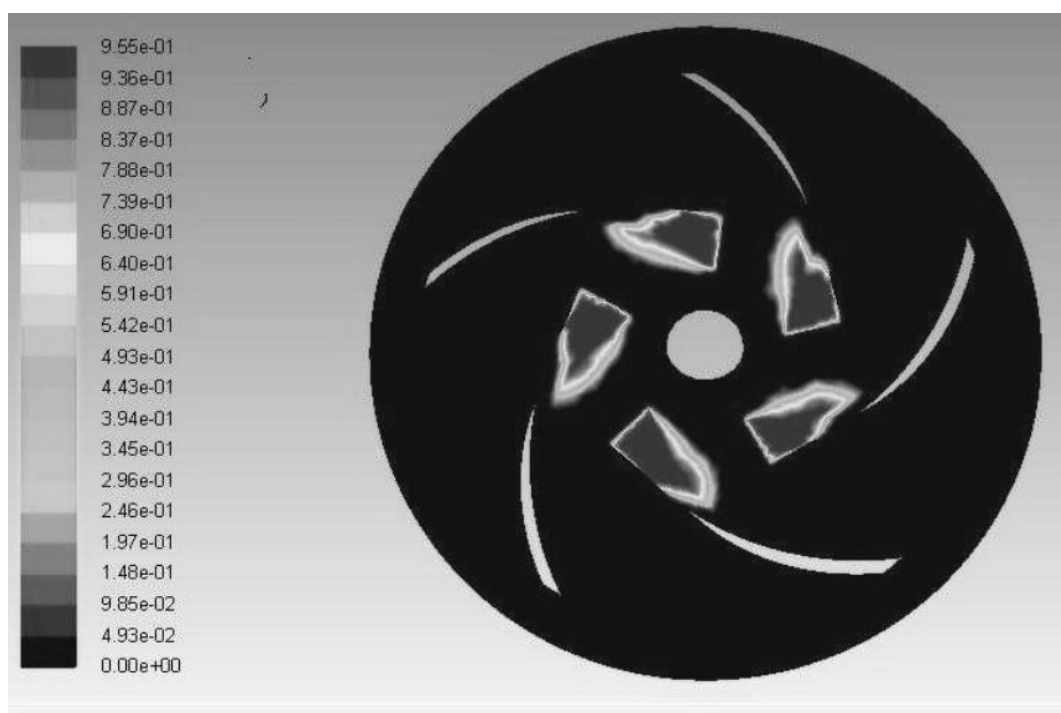
где H – давление, м;

U – окружная скорость на входе, м/с;

$\operatorname{ctg} \beta$ – это отношение прилежащего (близкого) катета к противолежащему (дальнему), рад.



a



б

Рисунок 5 – Точки высокого давления на входе в рабочее колесо и выходе из него
Figure 5 – High pressure points at the impeller inlet and outlet

Выяснилось, что если U_2 уменьшить, то насос начинает давать малый напор и скорость увеличивается. То есть по мере уменьшения U_2 угол β_2 начинает увеличиваться. В этом процессе наблюдается переход жидкости из потенциальной энергии в кинетическую. При уменьшении угла β_2 было замечено, что давление на РК увеличи-

вается. При увеличении угла β_2 оказалось, что энергия скорости увеличивается. При рассмотрении наилучшей точки эффективности КПД было установлено, что возвратно-поступательные лопасти являются лучшими и имеют длительный срок службы без дефектов. Поскольку потенциальная энергия в обратно отогнутых лопатках велика, при работе насоса не возникает кавитация и увеличивается возможность длительной безотказной работы насоса.

Насос был разработан с использованием спирали Архимеда, чтобы согласовать углы входа и выхода с сечением потока. Чтобы соответствовать проходному сечению, РК насоса было переработано. Количество лопастей выбиралось исходя из диаметра РК, для создания лопастей использовалась Архимедова спираль [13]. Из анализа было видно, что предпочтительнее загнутые назад лопатки (рисунок 3б).

Исследования показали, что чем меньше сегменты, тем точнее расположение лопастей. Входной угол крыльчатки определялся с помощью диаграммы треугольника скоростей, которая показывала различные скорости компонентов потока, входящего в крыльчатку. После того, как углы входа были установлены с подходящей плавной кривой, были установлены остальные точки лопастей, пока они не достигли диаметра входа. По чертежам готового РК и проточной части Д315-71SM изготовлена модель насоса, на основе модели подготовлено РК насоса и проточная часть. Готовый насос был испытан в испытательной лаборатории в течение 60 мин при различных расходах воды, получены рабочие параметры (рисунок 6).

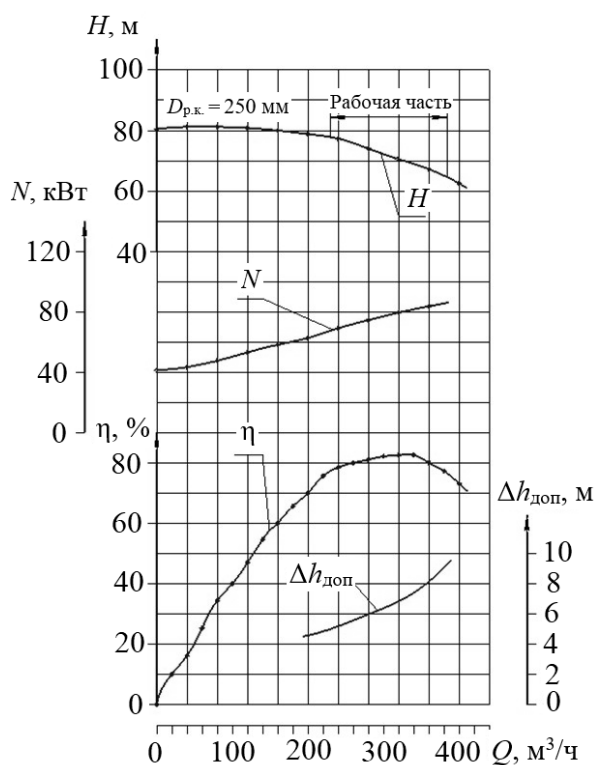


Рисунок 6 – Рабочие характеристики нового изготовленного насоса Д315-71SM

Figure 6 – Performance characteristics of the new manufactured pump D315-71SM

КПД насоса превосходит по рабочему диапазону угол β_2 от 20° к 30° загнутых назад лопастей. Загнутая назад лопасть имеет большую радиальную силу, которой нет у колеса с радиальными лопастями.

Выводы

1 В результате исследований установлено, что РК у большинства насосов, входная и выходная части лопаток повреждены, определены точки эрозии, вызванные кавитацией и частицами песка на входе в РК, и зоны работы РК под большой нагрузкой.

2 Для снижения кавитационных и эрозионных процессов в РК были рекомендованы модели РК и проточной части насоса. За счет рекомендованного РК освобождается приток воды на входе в РК и предотвращается дефицит воды, значительно снижается уровень кавитации и эрозии.

3 Каждая часть нового насоса спроектирована так, чтобы быть разделенной на отдельные участки в проточной части. В результате была обеспечена пропорциональность расчетов РК насоса и проточной части, сформирована сплошность потока в насосе, достигнуто увеличение КПД на 3–5 %.

Список источников

1. Результаты программного моделирования проточной части лопастного насоса / О. Я. Гловацкий, Р. Р. Эргашев, А. А. Абдуллаев, Ж. И. Рашидов // Ирригация и мелиорация. 2021. № 4. С. 28–33. (На узб. яз.).

2. Lennemann E. Flows in a blade impeller pumps // Trans. ASME J. of Engineering for Power. Canada, 2001.

3. Машидов Т., Рашидов Ж. Учет местных условий при выборе мелиоративных насосов // Сельское и водное хозяйство Узбекистана. 2019. Спецвып. С. 30–32. (На узб. яз.).

4. Furno F., Vasile L., Andersson D. The LMS Imagine.Lab AMESim tool for the analysis and the optimization of hydraulic vane pumps // The 11th Scandinavian International Conference on Fluid Power, SICFP09. Linkoping, Sweden, 2009, June 2–4.

5. Рустамов Ш., Рашидов Ж. Исследование рабочих колес центробежных насосов // AGRO ILM. 2020. № 5(68). С. 65–67. (На узб. яз.).

6. Analysis of vane loads and motion in a hydraulic double vane pump with integrated electrical drive / W. Fiebig, P. Cепенда, H. Kuczvara, F. Wang // Archives of Civil and Mechanical Engineering. 2021. Vol. 21. 112. <https://doi.org/10.1007/s43452-021-00254-y>.

7. Jonson M. Secondary flows in blade pumps impeller / Department of Engineering Cambridge University. London, 2009. P. 22–45.

8. Cavitation-abrasive wear working collectors of pumps / O. Glovatsky, R. Ergashev, A. Saparov, M. Berdiev, B. Shodiev // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Hanoi, Vietnam, 2021. 869(4). 042006. DOI: 10.1088/1757-899X/869/4/042006.

9. Dzhurabekov A. I., Rustamov Sh. R., Glovatsky O. Ya. Mechanism of cavitation and hydroabrasive wear of centrifugal pumps of irrigation pumping stations // Collection of Scientific Works / SIC ICWC of Central Asia. Tashkent, 2017. P. 153–159.

10. Almeida A., Ferreira F. J. T. E., Fong J. Standards for efficiency of electric motors // IEEE Industry Applications Magazine. 2011, Jan.-Febr. Vol. 17, iss. 1. P. 12–19. DOI: 10.1109/MIAS.2010.939427.

11. Derakhshan S., Pourmahdavi M. Optimal design of centrifugal pump impellers // 4th International Conference on Computational Methods (ICCM 2012). Gold Coast, Australia. 2012.

12. Design aspects of operation of water supply facilities of pumping stations / N. Nasyrova, O. Glovatsky, R. Ergashev, J. Rashidov, B. Kholbutaev // E3S Web Conf. 2021. Vol. 274. 03008. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127403008>.

13. Erosion processes during non-stationary cavitation of irrigation pumps / A. Dzhu-

rabekov, S. Rustamov, N. Nasyrova, J. Rashidov // E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 264. 03016. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126403016>.

References

1. Glovatsky O.Ya., Ergashev R.R., Abdullaev A.A., Rashidov Zh.I., 2021. *Rezultaty programmnogo modelirovaniya protochnoy chasti lopastnogo nasosa* [Results of software simulation of the flow path of an impeller pump]. *Irrigatsiya i melioratsiya* [Journal of Irrigation and Melioration], no. 4, pp. 28-33. (In Uzbek).

2. Lennemann E., 2001. Flows in a blade impeller pumps. *Trans. ASME J. of Engineering for Power*. Canada.

3. Majidov T., Rashidov Zh., 2019. *Uchet mestnykh usloviy pri vybore meliorativnykh nasosov* [Consideration of local conditions in the selection of reclamation pumps]. *Sel'skoe i vodnoe khozyaystvo Uzbekistana* [Uzbekistan Agriculture and Water Management], spec. iss., pp. 30-32. (In Uzbek).

4. Furno F., Vasile L., Andersson D., 2009. The LMS Imagine.Lab AMESim tool for the analysis and the optimization of hydraulic vane pumps. The 11th Scandinavian International Conference on Fluid Power, SICFP09. Linkoping, Sweden, June 2–4.

5. Rustamov Sh., Rashidov Zh., 2020. *Issledovanie rabochikh koles tsentrobezhnykh nasosov* [Research of impellers in centrifugal pumps]. *AGRO ILM*, no. 5(68), pp. 65-67. (In Uzbek).

6. Fiebig W., Cependa P., Kuczvara H., Wang F., 2021. Analysis of vane loads and motion in a hydraulic double vane pump with integrated electrical drive. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, vol. 21, 112, <https://doi.org/10.1007/s43452-021-00254-y>.

7. Jonson M., 2009. Secondary flows in blade pumps impeller. Department of Engineering Cambridge University, London, pp. 22-45.

8. Glovatsky O., Ergashev R., Saparov A., Berdiev M., Shodiev B., 2021. Cavitation-abrasive wear working collectors of pumps. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Hanoi, Vietnam, 869(4), 042006, DOI: 10.1088/1757-899X/869/4/042006.

9. Dzhurabekov A.I., Rustamov Sh.R., Glovatsky O.Ya., 2017. Mechanism of cavitation and hydroabrasive wear of centrifugal pumps of irrigation pumping stations. *Collection of Scientific Works. SIC ICWC of Central Asia*, Tashkent, pp. 153-159.

10. Almeida A., Ferreira F.J.T.E., Fong J., 2011. Standards for efficiency of electric motors. *IEEE Industry Applications Magazine*, Jan.-Febr., vol. 17, iss. 1, pp. 12-19, DOI: 10.1109/MIAS.2010.939427.

11. Derakhshan S., Pourmahdavi M., 2012. Optimal design of centrifugal pump impellers. 4th International Conference on Computational Methods (ICCM 2012). Gold Coast, Australia.

12. Nasyrova N., Glovatsky O., Ergashev R., Rashidov J., Kholbutaev B., 2021. Design aspects of operation of water supply facilities of pumping stations. *E3S Web Conf.*, vol. 274, 03008, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127403008>.

13. Dzhurabekov A., Rustamov S., Nasyrova N., Rashidov J., 2021. Erosion processes during non-stationary cavitation of irrigation pumps. *E3S Web of Conferences*, vol. 264, 03016, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126403016>.

Информация об авторах

О. Я. Гловацкий – заведующий лабораторией, доктор технических наук, профессор;

Р. Р. Эргашев – заведующий кафедрой, доктор технических наук, профессор;

Н. Р. Насырова – докторант;

Ш. Р. Рустамов – старший научный сотрудник, доктор философии (PhD) технических наук;

Ж. И. Рашидов – докторант;
А. С. Газарян – докторант.

Information about the authors

O. Ya. Glovatskiy – Head of the Laboratory, Doctor of Technical Sciences, Professor;
R. R. Ergashev – Head of the Department, Doctor of Technical Sciences, Professor;
N. R. Nasyrova – Doctoral Student;
Sh. R. Rustamov – Senior Researcher, Doctor of Philosophy (PhD) of Technical Sciences;
J. I. Rashidov – Doctoral Student;
A. S. Gazaryan – Doctoral 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.*

*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 interest.

*Статья поступила в редакцию 17.02.2023; одобрена после рецензирования 14.03.2023;
принята к публикации 22.03.2023.*

*The article was submitted 17.02.2023; approved after reviewing 14.03.2023; accepted for
publication 22.03.2023.*

Научная статья
УДК 556

Современное состояние гидрологической сети Черноморского побережья

Таисия Сергеевна Пономаренко¹, Алексей Николаевич Рыжаков²

^{1,2}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

¹rosniipmopvparк@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2003-1686>

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

Аннотация. Цель: изучить современное состояние гидрологической сети Черноморского побережья. **Материалы и методы.** В качестве исходных материалов использовались справочные данные, научные публикации и профильные информационные порталы. Методами обработки информации являлись: анализ, синтез, сравнение. **Результаты и обсуждения.** Всего в разные годы, по имеющимся сведениям, на Черноморском побережье действовало 35 гидрологических постов (входящих в государственную сеть наблюдений), расположенных крайне неравномерно и без учета гидрологических особенностей водосборов. Десятки рек исследуемого региона не были охвачены данными наблюдений. Наблюдения здесь ведутся с 1913 г. Всего в период с 1913 по 1917 г. начали свою работу 12 гидрологических постов. Наибольшее развитие сети гидрологических наблюдений происходило в период с 1918 по 1991 г. – за это время к гидрологической сети добавилось 20 новых постов. В постсоветский период было основано лишь три гидропоста. К настоящему времени продолжает функционировать 16 гидропостов (то есть 45 %), из них пять постов имеют данные наблюдений как по расходам, так и по уровням воды за период, превышающий 100 лет, еще два – за период более 95 лет. **Выводы.** Несмотря на более чем вековую историю гидрологических наблюдений в данном районе, имеет место как недостаток гидропостов, так и неравномерность расположения существующих пунктов наблюдения на указанной территории. В отличие от других районов, в 90-е гг. прошлого столетия было утрачено только три поста гидрологических наблюдений, тем не менее их изначального количества для столь обширной и разнородной области явно недостаточно. Ввиду этого для проведения инженерных гидрологических расчетов чаще всего приходится использовать методики определения гидрологических характеристик при отсутствии данных наблюдений.

Ключевые слова: гидрологическая сеть, гидропост, водосбор, инженерные гидрологические расчеты, сток, гидрологические характеристики

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия» (г. Новочеркасск, 28 февраля 2023 г.).

Для цитирования: Пономаренко Т. С., Рыжаков А. Н. Современное состояние гидрологической сети Черноморского побережья // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 1(89). С. 126–135.

Original article

The current state of the hydrological network of the Black Sea coast

Taisiya S. Ponomarenko¹, Alexey N. Ryzhakov²

^{1,2}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

¹rosniipmopvpapk@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2003-1686>

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

Abstract. Purpose: to study the current state of the hydrological network of the Black Sea coast. **Materials and methods.** Reference data, scientific publications and specialized information portals were used as source materials. The methods of information processing were: analysis, synthesis, comparison. **Results and discussions.** In total, in different years, according to the available information, 35 gauging stations (included in the state observation network) located extremely unevenly and without taking into account the hydrological features of the watersheds, were operating on the Black Sea coast. Dozens of rivers in the study region were not covered by observational data. Observations have been carried out here since 1913. In total, 12 gauging stations began their work in the period from 1913 to 1917. The greatest development of the hydrological observations network occurred in the period from 1918 to 1991 – during this time, 20 new gauging stations were added to the hydrological network. In the post-Soviet period, only three gauging stations were founded. To date, 16 gauging stations (i. e. 45 %) continue to function, of which five stations have observational data both on discharges and on water levels for a period exceeding 100 years, and two more for a period of more than 95 years. **Conclusions.** Despite more than a century-old history of hydrological observations in this area, there is both a lack of gauging stations and uneven location of existing observation points in the specified territory. Unlike other areas, in the 90-s last century, only three hydrological observations stations were lost, however, their initial number for such a vast and heterogeneous area is clearly not enough. In view of this, for engineering hydrological calculations, the methods for determining hydrological characteristics in the absence of observation are often to be used.

Keywords: hydrological network, gauging station, watershed, engineering hydrological calculations, runoff, hydrological characteristics

Evaluation of the research results: the main provisions of the article were reported at the All-Russian scientific and practical conference “The role of land reclamation and water management in ensuring the sustainable development of agriculture” (Novocherkassk, February 28, 2023).

For citation: Ponomarenko T. S., Ryzhakov A. N. The current state of the hydrological network of the Black Sea coast. *Ways of increasing the efficiency of irrigated agriculture*. 2023;1(89):126–135. (In Russ.).

Введение. Для проведения различных мероприятий, связанных с такими водохозяйственными задачами, как водоснабжение населенных пунктов, промышленных и сельскохозяйственных предприятий, а также при разработке мероприятий по охране водных ресурсов необходимо осуществление инженерных гидрологических расчетов с целью определения гидрологических характеристик водных объектов. Для осуществления данных работ необходима информация по многолетним наблюдениям на гидрологических постах. Гидрологическим постом называется пункт на водном объекте, выбранный с соблюдением известных правил и оборудованный для производства систематических гидрологических наблюдений и сбора информации по определенной программе и методике [1]. На постах проводятся наблюдения за гидрологическим режимом рек: уровнем (уровенные гидрологические посты) и стоком воды (расходные гидрологические по-

сты), а также стоком взвешенных наносов, температурой воды, ледовыми явлениями. Гидрологические сведения о режиме рек, поступающие с постов, анализируются, корректируются и публикуются в справочнике Государственного водного кадастра (ГВК) «Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод и суши» (ЕДС) [2].

Однако по тем или иным причинам при выполнении гидрологических расчетов зачастую имеются сложности, связанные с недостатком информации по многолетним наблюдениям на гидропостах, а часто и с полным ее отсутствием [3]. Согласно данным Росгидромета¹, сеть гидрологических постов, действовавших в РФ в разные годы, достигла своего максимального развития в 1986 г., а именно – 4481 пост (3947 речных и 514 озерных). В последующие годы их количество неуклонно сокращалось – за 10 лет число постов уменьшилось более чем на 1000, и к 1995 г. их число составило 3423 поста. К 2018 г. количество действующих постов упало до 2978 шт. (2640 речных и 338 озерных). По данным другого отчета Росгидромета от 2020 г.², в период с 2012 по 2020 г. состав действующей гидрологической сети сократился на 279 гидрологических постов, или на 8,3 %, что обусловлено дефицитом кадров и недостаточным финансированием сети наблюдений. По состоянию на 1 июля 2020 г. еще 99 гидропостов, или 3,2 %, законсервированы.

Подобная картина присуща также и другим регионам постсоветского пространства. Например, в Республике Таджикистан в 90-е гг. прошлого столетия количество гидрологических постов также начало катастрофически сокращаться. Основными причинами явились разрушение постов многоводными паводками, изношенность измерительных приборов и оборудования. Число гидрологических постов на реках сократилось с 147 до 75 шт. Общее количество сокращенных постов составляет 49 % [4]. Такая же ситуация наблюдается и в Кыргызстане – там также идет постоянное сокращение сети гидрометеорологических наблюдений, вследствие чего их объем и детальность снижаются, а качество гидрологической информации ухудшается. В настоящее время из 244 гидропостов, действовавших в советский период, не действуют 144 [5]. Существенно сократилось количество станций наблюдения за стоком воды рек и в Беларуси. Основными причинами закрытия постов являются снижение финансирования и выход из строя гидрометрического оборудования [6].

Если говорить непосредственно о Черноморском побережье, то необходимо отметить, что изученность минимального стока многих рек этого района не позволяет получить надежные расчетные гидрологические характеристики для обеспечения устой-

¹Обзор состояния системы гидрологических наблюдений, обработки данных и подготовки информационной продукции в 2018 году [Электронный ресурс]: справ. изд. / Т. И. Яковлева, О. Е. Кучеренко, Т. М. Аксянов, П. А. Голосовский, Е. А. Ковеза, Л. П. Алексеев, Т. В. Фуксова, С. И. Гусев, Е. А. Павлова, Е. И. Куприёнок, О. П. Чистякова, И. Г. Полякова, О. А. Киселёва; под общ. ред. Т. И. Яковлевой, С. И. Гусева. СПб., 2019. URL: http://www.hydrology.ru/sites/default/files/Books/obzor_seti_2018_240519.pdf (дата обращения: 13.02.2023).

²Отчет о результатах экспертно-аналитического мероприятия «Анализ результативности принятых мер по экологической реабилитации водных объектов в 2012–2019 годах и истекшем периоде 2020 года, а также оценка достижения показателей, предусмотренных документами стратегического планирования, касающихся экологического состояния водных объектов» [Электронный ресурс] / Счетная палата Рос. Федерации. 2020. 37 с. URL: <https://ach.gov.ru/upload/iblock/957/9572511e33202b74a7abc2199bc58da9.pdf#:~:text=Отмечается%20динамика%20сокращения%20гидрологических%20постов,и%20недостаточным%20финансированием%20сети%20наблюдений> (дата обращения: 13.02.2023).

чивого водопользования и разработки мероприятий по охране водных объектов, на большинстве которых нет гидрологических наблюдений [7]. Во-первых, стационарные наблюдения за гидрологическим режимом рек проводились и так здесь нерегулярно, а во-вторых, как было отмечено выше, в связи с известными событиями 1990-х гг. произошла еще большая деградация сети гидрологических наблюдений.

Материалы и методы. В качестве исходных материалов для анализа использовались справочные данные, научные публикации и профильные информационные порталы. Методами обработки информации являлись: анализ, синтез, сравнение.

Результаты и обсуждения. В настоящее время Черноморское побережье – это бурно развивающийся район для расширения строительства, но в то же время он является неблагоприятным с точки зрения вероятности возникновения стихийных бедствий (в основном затопление территории вследствие паводков). Ввиду этого проведение инженерных гидрологических расчетов является неотъемлемой частью при ведении здесь хозяйственной деятельности.

Необходимо отметить, что в гидрологическом отношении Черноморское побережье Краснодарского края сильно отличается от бассейна Кубани и Приазовских рек. Оно расчленено на многочисленные мелкие водосборные бассейны. Здесь насчитывается около 100 отдельных рек, впадающих в море, причем только три из них – Мзымта, Шахе и Псоу – имеют длину более 50 км и площадь водосбора более 400 км². Наиболее крупными реками длиной свыше 20 км являются Псоу, Мзымта, Сочи, Шахе, Псеуапсе, Аше, Туапсе, Нечепсухо, Шапсухо, Джубга, Вулан, Пшада [8].

В разные периоды наблюдений количество гидрологических постов на реках постоянно менялось. Также необходимо отметить и их неравномерность распределения по данной территории. Всего в разные годы, по имеющимся сведениям, действовало 35 постов, входящих в государственную сеть наблюдений [9]: с. Эсто-Садок, с. Пластунка, ущелье Греческое, с. Береговое, р. п. Красная Поляна, п. Хоста, с. Навагинское, г. Сочи, ст. Гостагаевская, с. Мамедова Щель, 70-я верста Сухумского шоссе, с. Тух-Аул, ущелье Ах-Цу, свх Абрау-Дюрсо, с. Небуг, к. п. Архипо-Осиповка, с. Татьяновка, 30-й километр Краснополянского шоссе, п. Светлый, п. Кепш, п. Казачий Брод, с. Аше, п. Дагомыс, с. Тихоновка, с. Возрождение, с. Солох-Аул, кордон Лаура, с. Кудепста, с. Горское, с. Волковка, с. Тхагапш, с. Головинка и два поста в г. Туапсе.

Посты Росгидромета расположены на равнинных или предгорных участках сравнительно больших рек Черноморского побережья: р. Мзымта, р. Сочи, р. Пшада, р. Бешенка, р. Хоста, р. Сочи, р. Гастогайка, р. Туапсе, р. Куапсе, р. Псий, р. Дюрсо, р. Небуг, р. Паук, р. Вулан, р. Псеуапсе, р. Кепш, р. Адербя, р. Аше, р. Западный Дагомыс, р. Мезыб, р. Шахе, р. Лаура, р. Кудепста, р. Джубга. Полученные материалы позволяют сделать вывод, что из всего перечня рек, расположенных в бассейне Черного моря, наиболее изученными являются такие притоки, как р. Гастогайка, р. Вулан, р. Туапсе, р. Куапсе, р. Шахе, р. Сочи, р. Хоста, р. Мзымта. Схема размещения гидропостов представлена на рисунке 1.

Как видно из данных рисунка, режимные гидрологические посты на реках Черноморского побережья расположены крайне неравномерно и без учета гидрологических особенностей изучаемых районов. Десятки рек этого региона не освещены данными наблюдений. Исходя из этого метод аналогии для определения расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных наблюдений здесь использовать сложно, так как природные условия формирования стока, особенно минимального, существенно различаются в горных речных бассейнах [7].

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ
THE ROLE OF LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT
IN ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

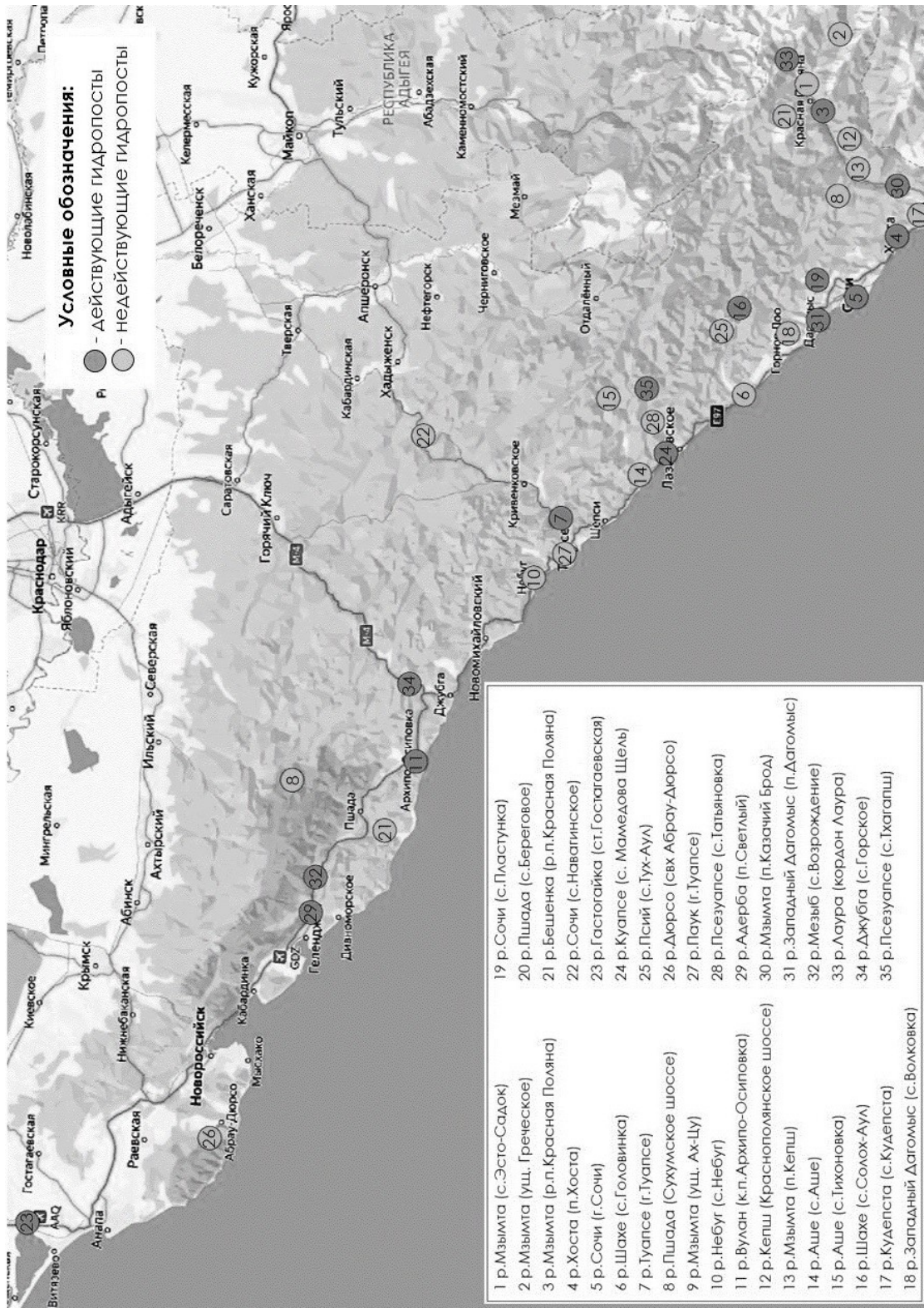


Рисунок 1 – Схема расположения гидропостов Черноморского побережья

Figure 1 – Layout of gauging stations on the Black Sea coast

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ
THE ROLE OF LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT
IN ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

Еще одним немаловажным аспектом является продолжительность периода наблюдений на постах. На рисунке 2 представлены периоды функционирования как действующих, так и ранее действовавших гидрологических постов на побережье Черного моря.

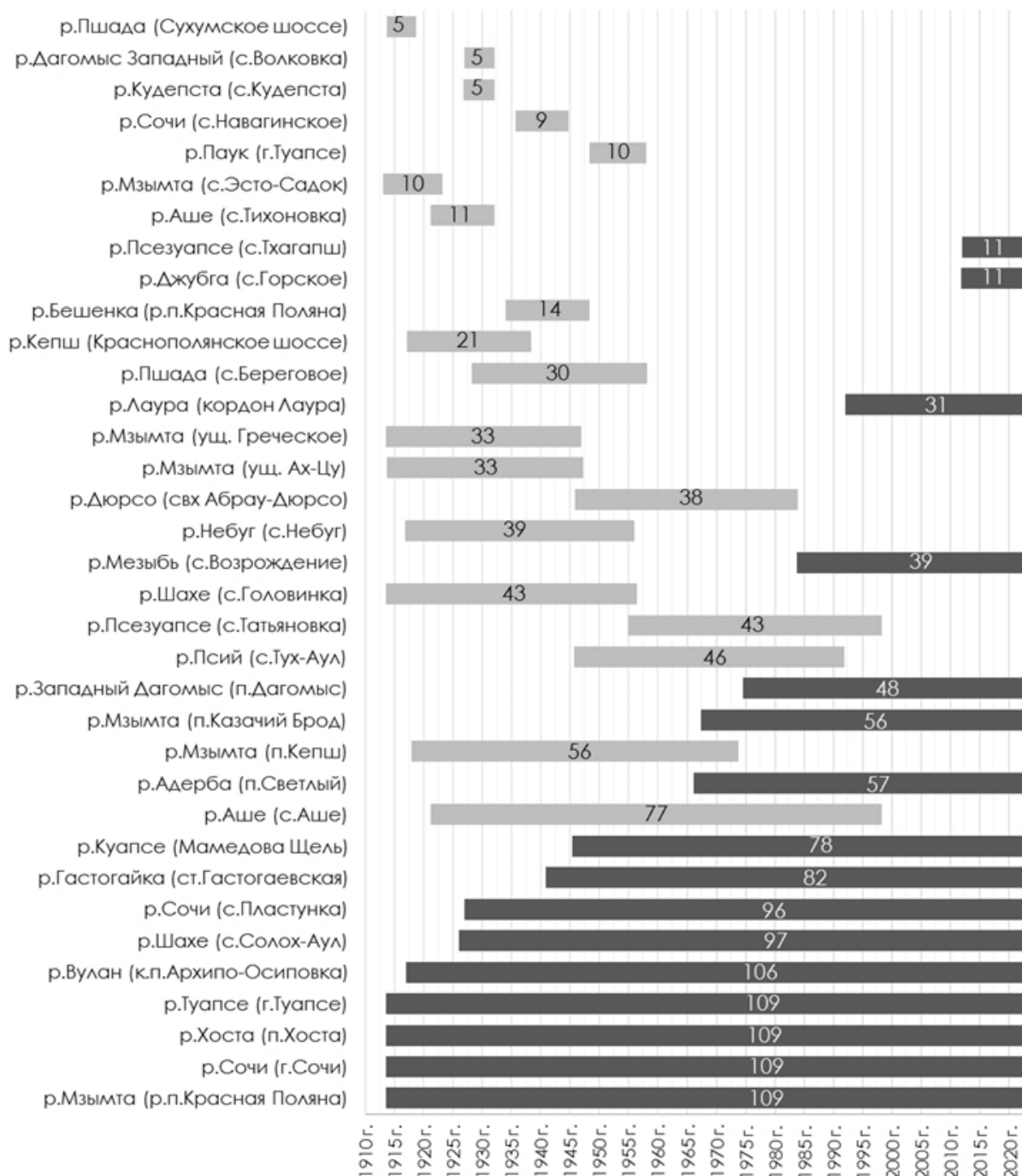


Рисунок 2 – Период действия гидрологических постов (с указанием продолжительности функционирования постов, лет)

Figure 2 – The period of validity of gauging stations (indicating the duration of their functioning, years)

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ
THE ROLE OF LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT
IN ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

Стационарные гидрологические наблюдения ведутся на реках Черноморского побережья за счет организации постов на малых реках с 1913 г. Самый первый гидропост открылся в с. Эсто-Садок 21 марта 1913 г. на р. Мзымта. Некоторые из этих постов функционируют до настоящего времени и имеют самые продолжительные непрерывные ряды наблюдений стока воды. Всего в период с 1913 по 1917 г. начали свою работу 12 гидропостов (один из них закрылся, проработав не более 5 лет).

Наибольшее развитие сети гидрологических наблюдений происходило в советский период с 1918 по 1991 г. – за это время к гидрологической сети добавилось 20 новых постов (но в то же время семь дореволюционных постов и 10 открытых после – прекратили свою работу). В постсоветский период было основано лишь три поста (самый новый начал свою работу в конце 2011 г. на р. Джубга в с. Горское), а закрылось – два. К настоящему времени продолжают функционировать 16 гидропостов (т. е. 45 %), из них пять постов имеют данные наблюдений как по расходам, так и по уровням за период, превышающий 100 лет, еще два – более 95 лет.

Помимо действующей сети гидрологических постов Госгидромета, на территории Краснодарского края в настоящее время действует автоматизированная система мониторинга паводковой ситуации Краснодарского края (АСМПС КК), созданная по заказу Министерства ГОЧС и общественной безопасности Краснодарского края компанией «Эмерсит» [10]. Данная система эксплуатируется с 2012 г., и к настоящему моменту к ней подключено около 200 гидропостов. Данная система функционирует и на Черноморском побережье (рисунок 3).

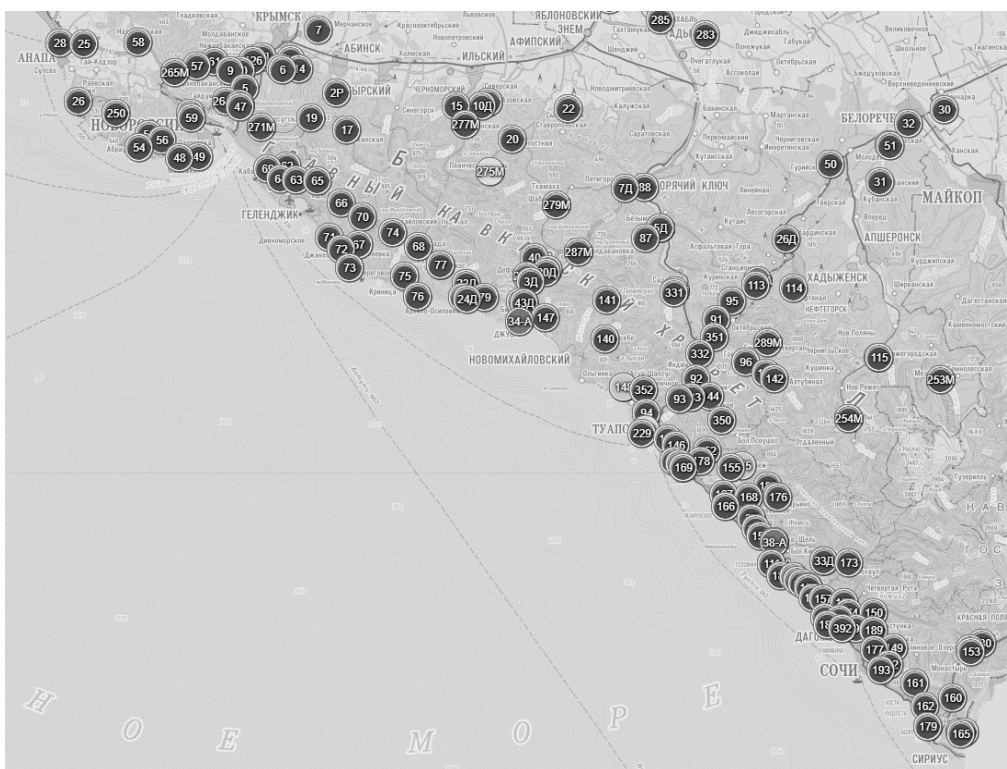


Рисунок 3 – Схема расположения постов в автоматизированной системе мониторинга паводковой ситуации на Черноморском побережье (<http:emercit.com/map/#>; дата обращения: 07.02.2023)

Figure 3 – Layout of stations in an automated system of monitoring the flood situation on the Black Sea coast (<http:emercit.com/map/#>; accessed 07.02.2023)

В штатном режиме функционирования АСМПС КК происходит сбор гидрологической информации, содержащей текущие уровни воды в реках и водоемах в режиме реального времени. В штатном режиме проводится периодический контроль работоспособности всех подсистем. При поступлении информации об опасных и неблагоприятных явлениях на водных объектах происходит немедленная активация подсистемы экстренного оповещения должностных лиц по каналам мобильной и стационарной телефонной связи. Вся текущая и архивная информация об уровнях воды доступна сотрудникам регионального мониторингового центра и оперативным дежурным ЕДДС МО (единая дежурно-диспетчерская служба муниципального образования).

Несмотря на то, что в результате работы данной системы был накоплен значительный объем сведений об уровнях воды большого количества водотоков побережья Черного моря, исходя из существующих и общепринятых методик гидрологических расчетов использование только этих данных не представляется возможным. Однако их можно использовать для верификации полученных расчетов и моделей на основе официальных данных Гидромета.

Вывод. Таким образом, можно сделать вывод, что, несмотря на более чем вековую историю гидрологических наблюдений в данном районе, имеет место как недостаток гидропостов, так и неравномерность расположения существующих пунктов наблюдения на указанной территории. В отличие от других районов, в 1990-е гг. было утрачено только три поста гидрологических наблюдений, тем не менее их изначального количества для столь обширной и разнородной области явно недостаточно. Ввиду этого для проведения инженерных гидрологических расчетов чаще всего приходится использовать методики определения гидрологических характеристик при отсутствии данных наблюдений.

Список источников

1. Владимиров А. М. Гидрологические расчеты: учебник. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 366 с.
2. Отдел гидрологии суши // Федеральное государственное бюджетное учреждение «Специализированный центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Черного и Азовского морей» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.pogodasochi.ru/companu/17/> (дата обращения: 08.02.2023).
3. Ситнов А. Н., Кочкурова Н. В. Особенности восстановления гидрологических данных для гидропоста при недостаточности информации // Великие реки – 2020: тр. 22-го Междунар. науч.-пром. форума, г. Нижний Новгород, 27–29 мая 2020 г. Н. Новгород: ВГУВТ, 2020. С. 41.
4. Кобулиев З. В., Кодиров Ш. С. Состояния гидрологических характеристик и гидрологических сетей бассейна реки Кафирниган // Вестник Педагогического университета. Естественные науки. 2019. № 3-4(3-4). С. 69–75.
5. Фролова Г. П., Атаманова О. В. Гидрологическая изученность рек Кыргызстана // Экологические проблемы промышленных городов: сб. науч. тр. по материалам 8-й Междунар. науч.-практ. конф., г. Саратов, 20–22 апр. 2017 г. Саратов: СГТУ имени Гагарина Ю. А., 2017. С. 216–220.
6. Волчек А. А. Оптимизация пунктов наблюдений на реках Беларуси // Мелиорация. 2020. № 4(94). С. 24–28.
7. Марков М. Л., Гуревич Е. В., Виноградов А. Ю. Минимальный сток рек Черноморского побережья России // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2019. Т. 1, № 3. С. 408–425. DOI: 10.34753/HS.2019.1.3.003.

8. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 9, вып. 1. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 579 с.

9. Действующие гидрологические посты сети Росгидромета [Электронный ресурс]. URL: http://esimo.ru/dataview/viewresource?resourceId=RU_RIHMI-WDC_2665 (дата обращения: 13.02.2023).

10. Автоматизированная система мониторинга паводковой ситуации на территории Краснодарского края // Emercit [Электронный ресурс]. URL: <http://emercit.ru/main/projects/9.php> (дата обращения: 07.02.2023).

References

1. Vladimirov A.M., 1990. *Gidrologicheskie raschety: uchebnik* [Hydrological Calculations: textbook]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 366 p. (In Russian).

2. *Otdel gidrologii sushy* [Department of Terrestrial Hydrology]. *Federal'noe gosudarstvennoe byudzhetnoe uchrezhdenie "Spetsializirovannyi tsentr po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchey sredy Chernogo i Azovskogo morey"* [Federal State Budgetary Institution "Specialized Center for Hydrometeorology and Environmental Monitoring of the Black and Azov Seas"], available: <https://www.pogodasochi.ru/company/17/> [accessed 08.02.2023]. (In Russian).

3. Sitnov A.N., Kochkurova N.V., 2020. *Osobennosti vosstanovleniya gidrologicheskikh dannykh dlya gidroposta pri nedostatochnosti informatsii* [Particularities of hydrological data recovery for a hydropost in case of insufficient information]. *Velikie reki – 2020: trudy 22-go Mezhdunarodnogo nauchno-promyshlennogo foruma* [Great Rivers – 2020: Proc. Of the 22nd International Scientific-Industrial Forum]. Nizhny Novgorod, VGUVT, p. 41. (In Russian).

4. Kobuliev Z.V., Kodirov Sh.S., 2019. *Sostoyaniya gidrologicheskikh kharakteristik i gidrologicheskikh setey basseyna reki Kafirnigan* [Hydrological characteristics and hydrological networks conditions of the Kafirnigan river basin]. *Vestnik Pedagogicheskogo universiteta. Estestvennye nauki* [Herald of Pedagogical University. Natural Sciences], no. 3-4(3-4), pp. 69-75. (In Russian).

5. Frolova G.P., Atamanova O.V., 2017. *Gidrologicheskaya izuchennost' rek Kyrgyzstana* [Hydrological research of the rivers of Kyrgyzstan]. *Ekologicheskie problemy promyshlennykh gorodov: sbornik nauchnykh trudov po materialam 8-y Mezhdunarodnoy nauchno-prakicheskoy konferentsii* [Environmental Problems of Industrial Cities: collection of articles of the Scientific Works Based on Proceedings of the 8th International Scientific-Practical Conference]. Saratov, Yu. A. Gagarin State Technical University, pp. 216-220. (In Russian).

6. Volchek A.A., 2020. *Optimizatsiya punktov nablyudeniya na rekakh Belarusi* [Optimization of observation points on the rivers of Belarus]. *Melioratsiya* [Land Reclamation], no. 4(94), pp. 24-28. (In Russian).

7. Markov M.L., Gurevich E.V., Vinogradov A.Yu., 2019. *Minimal'nyy stok rek Chernomorskogo poberezh'ya Rossii* [Minimum flow of rivers of the Black Sea coast of Russia]. *Gidrosfera. Opasnye protsessy i yavleniya* [Hydrosphere. Hazard Processes and Phenomena], vol. 1, no. 3, pp. 408-425, DOI: 10.34753/HS.2019.1.3.003. (In Russian).

8. *Resursy poverkhnostnykh vod SSSR* [Surface Waters Resources of the USSR]. 1974, vol. 9, no. 1, Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 579 p. (In Russian).

9. *Deystvuyushchie gidrologicheskie posty seti Rosgidrometa* [Operating hydrological stations of the Roshydromet network], available: http://esimo.ru/dataview/viewresource?resourceId=RU_RIHMI-WDC_2665 [accessed 13.02.2023]. (In Russian).

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 1(89).

Ways of increasing the efficiency of irrigated agriculture. 2023. № 1(89).

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ
THE ROLE OF LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT
IN ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

10. *Avtomatizirovannaya sistema monitoringa pavodkovoy situatsii na territorii Krasnodarskogo kraya* [Automated system of monitoring of a flood situation on the territory of the Krasnodar Territory]. Emercit, available: <http://emergit.ru/main/projects/9.php> [accessed 07.02.2023]. (In Russian).

Информация об авторах

Т. С. Пономаренко – научный сотрудник;

А. Н. Рыжаков – научный сотрудник.

Information about the authors

T. S. Ponomarenko – Researcher;

A. N. Ryzhakov – 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.

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 interest.

Статья поступила в редакцию 17.02.2023; одобрена после рецензирования 28.03.2023; принята к публикации 28.03.2023.

The article was submitted 17.02.2023; approved after reviewing 28.03.2023; accepted for publication 28.03.2023.

Научная статья
УДК 631.62:631.6.03

Оценка качества дренажных вод с осушительных систем Приволжского федерального округа

Михаил Вячеславович Власов¹, Светлана Вячеславовна Куприянова²

^{1,2}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

¹m_vlasov@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9103-1958>

²schedrikova@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8556-8823>

Аннотация. Цель: сравнительный анализ качества дренажных вод с осушительных систем, находящихся в оперативном управлении ФГБУ «Управление «Саратовмелиоводхоз», и природных вод в поверхностных водоисточниках – водоприемниках этих вод. **Материалы и методы.** Исходной информацией для сравнительного анализа качества дренажных вод с осушительных систем и вод в природных поверхностных водоисточниках являлись протоколы испытаний качества проб воды, предоставленные Гидрогеолого-мелиоративной партией – филиалом ФГБУ «Управление «Саратовмелиоводхоз». **Результаты.** Показатели качества дренажных вод с осушительных систем «Ладка» и «Атьма», за исключением концентрации железа, не содержат превышения предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих компонентов. Концентрация железа превышает ПДК норматива качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения в 2 раза, тем не менее она в 1,2 раза меньше, чем в р. Ладке и Б. Атьме. Показатели качества дренажных вод с осушительной системы «Кергуды», за исключением концентрации сульфатов, магния и железа, не содержат превышения ПДК загрязняющих компонентов. Концентрация сульфатов, магния и железа превышает ПДК нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения в 2,3; 1,1 и 6,0 раза соответственно, тем не менее она для сульфатов в 2,1 раза меньше, чем в р. Кергуды. **Выводы.** Дренажные воды с исследованных осушительных систем в основном не ухудшают фоновые показатели речных бассейнов объектов-представителей, поэтому необходимо продолжить исследования в данном направлении с целью накопления необходимого и достаточного статистического материала, который позволит собрать всю доказательную базу, для подтверждения необходимости установления региональных нормативов, учитывающих фоновую концентрацию природных водных объектов, что даст возможность для ФГБУ, подведомственных Департаменту мелиорации, исключить существующие платежи за негативное воздействие дренажных вод на природные водные объекты.

Ключевые слова: дренажные воды, осушительные системы, качественные показатели дренажных вод, негативное воздействие на окружающую среду

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия» (г. Новочеркасск, 28 февраля 2023 г.).

Для цитирования: Власов М. В., Куприянова С. В. Оценка качества дренажных вод с осушительных систем Приволжского федерального округа // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 1(89). С. 136–144.

Original article

Assessment of drainage water quality from drainage systems of the Volga Federal District

Mikhail V. Vlasov¹, Svetlana V. Kupriyanova²

^{1, 2}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

¹m_vlasov@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9103-1958>

²shedrikova@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8556-8823>

Abstract. Purpose: a comparative analysis of the quality of drainage water from drainage systems that are under the operational management of the Federal State Budgetary Institution “Management “Saratovmeliovodkhoz” and natural waters in surface water sources – the water inlets of these waters. **Materials and methods.** The initial information for a comparative analysis of drainage water quality from drainage systems and water in natural surface water sources was the test reports for the quality of water samples provided by the Hydrogeological and Reclamation crew – a branch of the Federal State Budgetary Institution “Management “Saratovmeliovodkhoz”. **Results.** Indicators of the drainage water quality from the drainage systems “Ladka” and “At’ma”, with the exception of iron concentration, do not exceed the maximum permissible concentrations (MPC) of polluting components. The concentration of iron exceeds the MPC of the water quality standard for fishery water bodies by 2 times, however, it is 1.2 times less than in the rivers Ladka and B. At’ma. The indicators of the drainage water quality from the drainage system “Kergudy”, with the exception of sulfates, magnesium and iron concentration, do not exceed the MPC of polluting components. The concentration of sulfates, magnesium and iron exceeds the MPC of water quality standards for fishery water bodies by 2.3; 1.1 and 6.0 times, respectively, however, it is 2.1 times less for sulfates than in the river Kergudy. **Conclusions.** Drainage waters from the studied drainage systems basically do not worsen the background indicators of the river basins of the representative objects, therefore, it is necessary to continue research in this direction in order to accumulate the necessary and sufficient statistical material, which will allow collecting the entire evidence base to confirm the need to establish regional standards that take into account the background concentration of natural water bodies, which will enable the Federal State Budgetary Institution, subordinated to the Department of Land Reclamation, to exclude existing payments for the negative impact of drainage water on natural water bodies.

Keywords: drainage water, drainage systems, quality indicators of drainage water, negative impact on the environment

Evaluation of the research results: the main provisions of the article were reported at the All-Russian scientific and practical conference “The role of land reclamation and water management in ensuring the sustainable development of agriculture” (Novocherkassk, February 28, 2023).

For citation: Vlasov M. V., Kupriyanova S. V. Assessment of drainage water quality from drainage systems of the Volga Federal District. *Ways of increasing the efficiency of irrigated agriculture*. 2023;1(89):136–144. (In Russ.).

Введение. С опубликованием и введением в действие в 2013 г. новой редакции Водного кодекса Российской Федерации (ВК РФ) [1] термин «сточные воды» трактуется как дождевые, талые, инфильтрационные, поливомоечные, дренажные воды, сточные воды централизованной системы водоотведения и другие воды, отведение которых в водные объекты (ВО) осуществляется после их использования или сток которых осуществляется с водосборной площади. К качественным и количественным характеристикам дренажных вод с мелиорированных земель, сбрасываемых в ВО, предъявляются требования, определенные законодательством в области охраны окружающей среды.

Так, согласно ч. 6 ст. 60 ВК РФ запрещено осуществлять сброс в ВО сточных вод, не подвергшихся очистке (исходя из недопустимости превышения нормативов допустимого воздействия на ВО и нормативов предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ (ЗВ) в ВО). Порядок ведения собственниками ВО и водопользователями учета объема забора (изъятия) водных ресурсов из ВО и объема сброса дренажных вод, их качества [2] закрепил обязанность ведения учета объема сброса дренажных вод и их качества (п. 2). Данный учет и контроль осуществляется лицами, которым предоставлено право пользования ВО в целях сброса сточных вод [3]. В связи с этим все ФГБУ по мелиорации земель, подведомственные Департаменту мелиорации, имея в оперативном управлении осушительные системы, на которых они осуществляют хозяйственную деятельность, в результате которой производится сброс дренажных вод (а вместе с тем и ЗВ в ВО), относящийся к одному из видов негативного воздействия на окружающую среду (НВОС), обязаны соблюдать требования и нормы экологического законодательства, предъявляемые к объектам НВОС, а также осуществлять платежи за негативное воздействие дренажных вод на природные ВО. Целью данной работы является анализ качества дренажных вод с осушительных систем, находящихся в оперативном управлении ФГБУ «Управление «Саратовмелиоводхоз», и природных вод в поверхностных водоисточниках – водоприемниках этих вод.

Материалы и методы. Исходной информацией для сравнительного анализа качества дренажных вод с осушительных систем и вод в природных поверхностных водоисточниках являлись протоколы испытаний качества проб воды, предоставленные Гидрогеолого-мелиоративной партией – филиалом ФГБУ «Управление «Саратовмелиоводхоз».

Результаты и обсуждение. В таблице 1 приведены результаты качественного анализа проб воды (отбор проб осуществлен 11 июля 2022 г.) из осушительной системы «Ладка», полученные в Гидрогеолого-мелиоративной партии – филиале ФГБУ «Управление «Саратовмелиоводхоз». В таблице дренажная вода – проба из осушительной системы «Ладка», нагорно-ловчий канал НЛК-1 около ТП-5 (графа 6). Данные сравнивались с нормативами качества воды ВО рыбохозяйственного значения (графа 3) [4], гигиеническими нормативами и требованиями к обеспечению безопасности и безвредности для человека факторов среды обитания (графа 4) [5], 95% вероятностной концентрацией ЗВ (графа 5), определенной Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды («Качество поверхностных вод Российской Федерации. Ежегодник. 2020»¹).

Таблица 1 – Состав дренажных вод с осушительной системы «Ладка»

Table 1 – The composition of drainage water from the drainage system “Ladka”

Определяемый показатель	Единица измерения	ПДК _{РХ}	ПДК _{ХП}	X ₉₅	Дренажная вода
1	2	3	4	5	6
Цветность	град.	–	–	–	22,5 ± 4,5
Водородный показатель	ед. (рН)	6–9	6–9	–	7,48 ± 0,20
Сухой остаток	мг/дм ³	1000	1000	–	358 ± 32

¹Ежегодники и обзоры // Гидрохимический институт Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды [Электронный ресурс]. URL: <https://gidrohim.com/node/44> (дата обращения: 01.02.2023).

Продолжение таблицы 1

Table 1 continued

1	2	3	4	5	6
Общая жесткость	мг-экв/л	–	–	–	$7,4 \pm 0,7$
Щелочность	ммоль/дм ³	–	–	–	$7,2 \pm 1,4$
Гидрокарбонаты	мг/дм ³	–	–	–	439 ± 48
Хлориды	мг/дм ³	300	350	37,8	< 10(6)
Сульфаты	мг/дм ³	100	500	83,4	25 ± 3
Кальций	мг/дм ³	180	–	–	84 ± 9
Магний	мг/дм ³	40	50	–	32
Натрий	мг/дм ³	120	200	–	12
Железо (суммарно)	мг/дм ³	0,1	0,3	0,33	$0,20 \pm 0,05$
Аммиак (по азоту) – азот общий	мг/дм ³	–	–	0,6	$0,99 \pm 0,30$
Нитриты	мг/дм ³	0,08	3,3	0,032	< 0,02
Нитраты	мг/дм ³	40,0	45,0	0,62	$0,13 \pm 0,02$
Окисляемость перманганатная	мгО/дм ³	–	–	–	$7,1 \pm 0,7$
Марганец (суммарно)	мг/дм ³	0,01	0,1	–	< 0,01
Медь (суммарно)	мг/дм ³	0,001	1,0	0,005	< 0,02
Нефтепродукты	мг/дм ³	0,05	0,3	0,09	$0,018 \pm 0,006$
Взвешенные вещества	мг/дм ³	фон + 0,75	–	–	$13,5 \pm 2,7$

Оценивая показатели качества дренажной воды с осушительной системы «Ладка», можно сделать вывод о том, что показатели качества дренажных вод не содержат превышения ПДК загрязняющих компонентов, за исключением концентрации железа (рисунок 1).

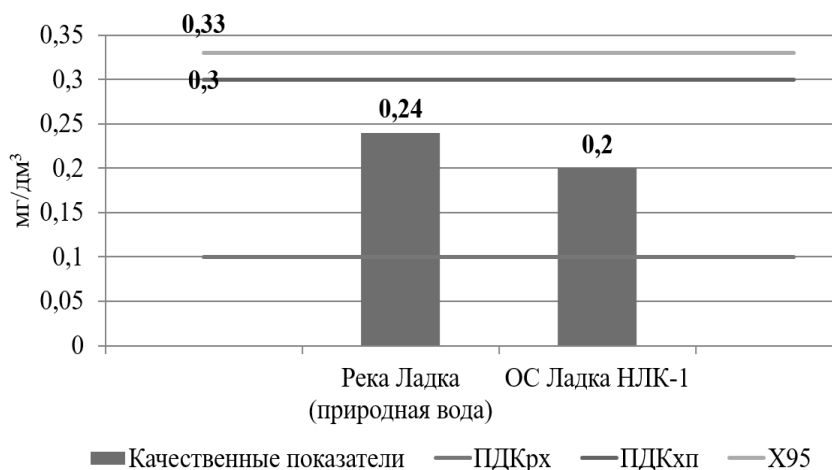


Рисунок 1 – Массовая концентрация железа (общего)

Figure 1 – Mass concentration of iron (total)

Вместе с тем концентрация железа превышает ПДК нормативов качества воды ВО рыбохозяйственного значения в 2 раза, тем не менее она в 1,2 раза меньше, чем в р. Ладке, что указывает на необходимость установления нормативов, учитывающих фоновую концентрацию природных ВО.

В таблице 2 приведены результаты качественного анализа проб воды из осушительной системы «Атьма» и р. Б. Атьмы (отбор проб осуществлен 9 июля 2022 г.), в таблице дренажная вода – проба из осушительной системы «Атьма», из устья нагорно-ловчего канала НЛК-15 (графа 6).

Таблица 2 – Состав дренажных вод с осушительной системы «Атьма»

Table 2 – The composition of drainage water from the drainage system “At’ma”

Определяемый показатель	Единица измерения	ПДК _{РХ}	ПДК _Х п	X ₉₅	Дренажная вода
Цветность	град.	–	–	–	32,5 ± 6,5
Водородный показатель	ед. (рН)	6–9	6–9	–	7,83 ± 0,20
Сухой остаток	мг/дм ³	1000	1000	–	386 ± 35
Общая жесткость	мг-экв/л	–	–	–	7,6 ± 0,7
Щелочность	ммоль/дм ³	–	–	–	7,04 ± 1,34
Гидрокарбонаты	мг/дм ³	–	–	–	430 ± 47
Хлориды	мг/дм ³	300	350	37,8	< 10(3)
Сульфаты	мг/дм ³	100	500	83,4	48 ± 6
Кальций	мг/дм ³	180	–	–	100 ± 11
Магний	мг/дм ³	40	50	–	32
Натрий	мг/дм ³	120	200	–	12
Железо (суммарно)	мг/дм ³	0,1	0,3	0,33	0,20 ± 0,05
Аммиак (по азоту) – азот общий	мг/дм ³	–	–	0,6	0,99 ± 0,30
Нитриты	мг/дм ³	0,08	3,3	0,032	0,042 ± 0,008
Нитраты	мг/дм ³	40,0	45,0	0,62	0,12 ± 0,02
Окисляемость перманганатная	мгО/дм ³	–	–	–	7,1 ± 0,7
Марганец (суммарно)	мг/дм ³	0,01	0,1	–	< 0,01
Медь (суммарно)	мг/дм ³	0,001	1,0	0,005	< 0,02
Нефтепродукты	мг/дм ³	0,05	0,3	0,09	0,018 ± 0,006
Взвешенные вещества	мг/дм ³	фон + 0,75	–	–	13,5 ± 2,7

Оценивая показатели качества дренажной воды с осушительной системы «Атьма», можно сделать вывод о том, что показатели качества дренажных вод не содержат превышения ПДК загрязняющих компонентов, за исключением концентрации железа (рисунок 2).

Вместе с тем концентрация железа превышает ПДК нормативов качества воды ВО рыбохозяйственного значения в 2 раза, тем не менее она в 7 раз меньше, чем в р. Б. Атьме, что указывает на необходимость установления нормативов, учитывающих фоновую концентрацию природных ВО.

В таблице 3 приведены результаты качественного анализа проб воды из осушительной системы «Кергуды» и р. Алатырь (отбор проб осуществлен 9 июля 2022 г.), в таблице дренажная вода – проба из осушительной системы «Кергуды» из магистрального канала МК-1 около ТП-1 (графа 6).

Оценивая показатели качества дренажных вод с осушительной системы «Кергуды», можно сделать вывод о том, что они не содержат превышения ПДК загрязняющих компонентов, за исключением концентрации сульфатов, магния и железа (рисунки 3–5).

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ
THE ROLE OF LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT
IN ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

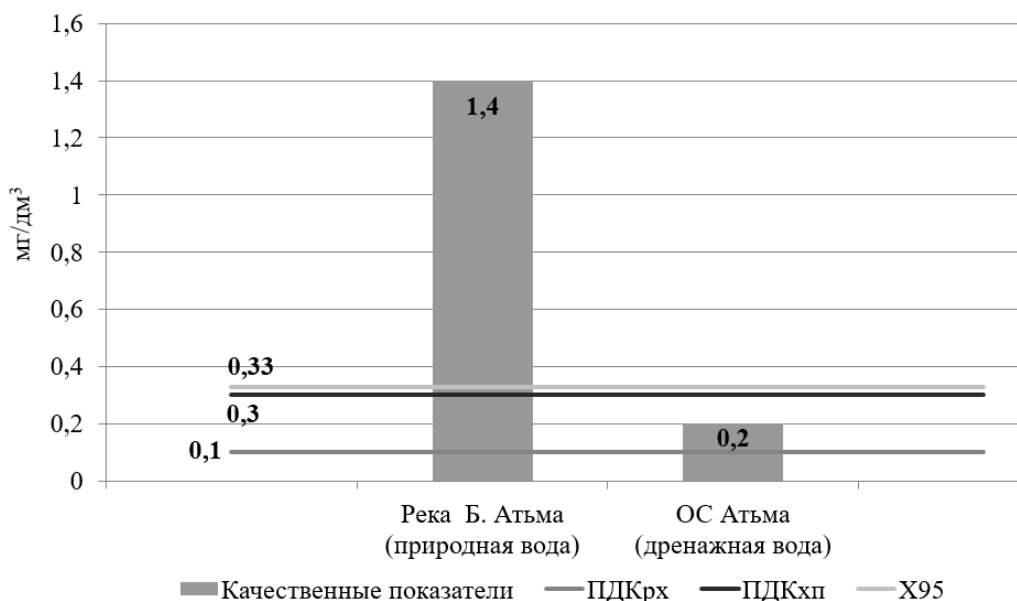


Рисунок 2 – Массовая концентрация железа (суммарного)

Figure 2 – Mass concentration of iron (total)

Таблица 3 – Состав дренажных вод с осушительной системы «Кергуды»

Table 3 – Composition of drainage water from the drainage system “Kergudy”

Определяемый показатель	Единица измерения	ПДК _{рх}	ПДК _{хп}	X ₉₅	Дренажная вода
Цветность	град.	–	–	–	32,5 ± 6,5
Водородный показатель	ед. (рН)	6–9	6–9	–	7,55 ± 0,20
Сухой остаток	мг/дм ³	1000	1000	–	636 ± 57
Общая жесткость	мг-экв/л	–	–	–	7,4 ± 0,7
Щелочность	ммоль/дм ³	–	–	–	5,28 ± 1,00
Гидрокарбонаты	мг/дм ³	–	–	–	322 ± 35
Хлориды	мг/дм ³	300	350	37,8	28 ± 3
Сульфаты	мг/дм ³	100	500	83,4	230 ± 21
Кальций	мг/дм ³	180	–	–	76 ± 8
Магний	мг/дм ³	40	50	–	44
Натрий	мг/дм ³	120	200	–	80
Железо (суммарно)	мг/дм ³	0,1	0,3	0,33	0,60 ± 0,07
Аммиак (по азоту) – азот общий	мг/дм ³	–	–	0,6	0,61 ± 0,18
Нитриты	мг/дм ³	0,08	3,3	0,032	< 0,02
Нитраты	мг/дм ³	40,0	45,0	0,62	0,28 ± 0,05
Окисляемость перманганатная	мгО/дм ³	–	–	–	6,8 ± 0,7
Марганец (суммарно)	мг/дм ³	0,01	0,1	–	< 0,01
Медь (суммарно)	мг/дм ³	0,001	1,0	0,005	< 0,02
Нефтепродукты	мг/дм ³	0,05	0,3	0,09	0,009 ± 0,004
Взвешенные вещества	мг/дм ³	фон + 0,75	–	–	5,75 ± 1,72

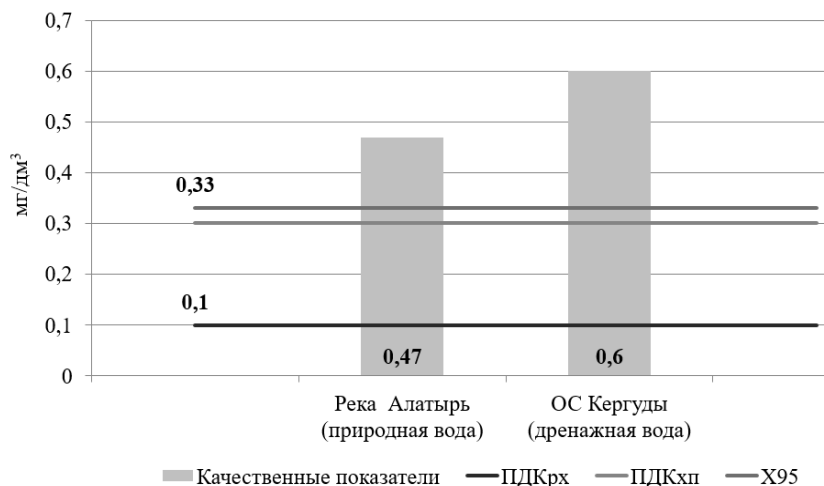


Рисунок 3 – Массовая концентрация железа (суммарная)

Figure 3 – Mass concentration of iron (total)



Рисунок 4 – Массовая концентрация магния

Figure 4 – Mass concentration of magnesium



Рисунок 5 – Массовая концентрация сульфатов

Figure 5 – Mass concentration of sulfates

Вместе с тем концентрация сульфатов, магния и железа в дренажных водах превышает ПДК нормативов качества воды ВО рыбохозяйственного значения в 2,3; 1,1 и 6,0 раза соответственно, к тому же она для сульфатов в 2,1 раза, а для железа и магния в 1,3 раза больше, чем в р. Алатырь, что указывает на необходимость проведения мероприятий по ее снижению.

Вывод. Дренажные воды из исследованных осушительных систем в основном не ухудшают фоновые показатели речных бассейнов объектов-представителей, поэтому необходимо продолжить исследования в данном направлении с целью накопления необходимого и достаточного статистического материала, который позволит собрать всю доказательную базу, для подтверждения необходимости установления региональных нормативов, учитывающих фоновую концентрацию природных ВО, что даст возможность для ФГБУ, подведомственных Департаменту мелиорации, исключить существующие платежи за негативное воздействие дренажных вод на природные ВО.

Список источников

1. Водный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс]: Кодекс РФ от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ: по состоянию на 1 мая 2022 г. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

2. Об утверждении Порядка ведения собственниками водных объектов и водопользователями учета объема забора (изъятия) водных ресурсов из водных объектов и объема сброса сточных, в том числе дренажных, вод, их качества [Электронный ресурс]: приказ Минприроды России от 9 нояб. 2020 г. № 903: по состоянию на 31 мая 2022 г. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

3. Разъяснения Росводресурсов об особенностях ведения учета объема сброса сточных и дренажных вод, их качества [Электронный ресурс]: письмо Росводресурсов о рассмотрении обращения от 2 авг. 2021 г. № ВН-02-21/6625. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

4. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения [Электронный ресурс]: приказ Минсельхоза России от 13 дек. 2016 г. № 552: по состоянию на 10 марта 2020 г. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

5. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [Электронный ресурс]: СанПиН 1.2.3685-21: утв. Гл. гос. санитар. врачом РФ 28.01.21. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

References

1. *Vodnyy kodeks Rossiyskoy Federatsii* [Water code of the Russian Federation]. Code of the Russian Federation of 3 June, 2006, no. 74-FZ, as of 1 May, 2022. (In Russian).

2. *Ob utverzhdanii Poryadka vedeniya sobstvennikami vodnykh ob"ektov i vodopol'zovatelyami ucheta ob"ema zabora (iz'yatiya) vodnykh resursov iz vodnykh ob"ektov i ob"ema sbrosa stochnykh, v tom chisle drenazhnykh, vod, ikh kachestva* [On approval of the procedure for keeping records by the owners of water bodies and water users of accounting for the volume of intake (withdrawal) of water resources from water bodies and the volume of waste, including drainage, water, their quality]. Order of the Ministry of Natural Resources of Russia of 9 November, 2020, no. 903, as of 31 May, 2022. (In Russian).

3. *Raz'yasneniya Rosvodresursov ob osobennostyakh vedeniya ucheta ob"ema sbrosa stochnykh i drenazhnykh vod, ikh kachestva* [Explanations of the Federal Water Resources Agency on the peculiarities of keeping records of the volume of waste and drainage water discharges, their quality]. Letter of the Federal Water Resources Agency on consideration of the appeal of 2 August, 2021, no. VN-02-21/6625. (In Russian).

4. *Ob utverzhenii normativov kachestva vody vodnykh ob"ektov rybokhozyaystvennogo znacheniya, v tom chisle normativov predel'no dopustimykh kontsentratsiy vrednykh veshchestv v vodakh vodnykh ob"ektov rybokhozyaystvennogo znacheniya* [On approval of water quality standards for fishery water bodies, including standards of maximum permissible concentrations of harmful substances of waters bodies of fishery purposes]. Order of the Ministry of Agriculture of Russia of 13 December, 2016, no. 552, as of 10 March, 2020. (In Russian).

5. *SanPiN 1.2.3685-21. Gigenicheskie normativy i trebovaniya k obespecheniyu bezopasnosti i (ili) bezvrednosti dlya cheloveka faktorov sredy obitaniya* [Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans], approved by Chief Public Health Officer of the Russian Federation 28.01.2021. (In Russian).

Информация об авторах

М. В. Власов – ведущий научный сотрудник, кандидат физико-математических наук;

С. В. Куприянова – научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук.

Information about the authors

M. V. Vlasov – Leading Researcher, Candidate of Physical and Mathematical Sciences;

S. V. Kupriyanova – 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 17.02.2023; одобрена после рецензирования 01.03.2023; принята к публикации 20.03.2023.

The article was submitted 17.02.2023; approved after reviewing 01.03.2023; accepted for publication 20.03.2023.

Научная статья
УДК 631.61

Совершенствование технологических процессов биомелиорации и окультуривания малопродуктивных почв, переувлажненных и деградированных земель с созданием комбинированных агрегатов

Виталий Станиславович Пунинский

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова, Москва, Российская Федерация, vspuninsky@rambler.ru

Аннотация. Цель: изучение технологических процессов биомелиорации и окультуривания малопродуктивных и деградированных почв на переувлажненных грунтах, маломощных торфяников с древесной растительностью и разработка предложений по самоходным агрегатам для освоения неиспользуемых сельскохозяйственных угодий и земель, переведенных из других фондов. **Материалы и методы.** Исследования проводились по общепринятым методикам с обоснованием количества технологических операций, выполняемых комбинированным агрегатом за один проход. **Результаты.** Требуется повышение плодородия почв на 51,88 млн га сельскохозяйственных угодий. На основе математического моделирования получены показатели ведущих машин и определены рациональные параметры вспомогательных технических средств для биомелиорации не используемых в агропроизводстве мелиорированных почв и освоения ранее не мелиорированных сельскохозяйственных угодий, выполнения культуртехнических мероприятий с осушением почв. Разработаны три направления совершенствования технологических процессов – для улучшения используемых малопродуктивных почв без вывода и с выводом из агропроизводства, для освоения и окультуривания неиспользуемых деградированных почв и совершенствования технологических процессов биомелиорации, которая предусматривает разработку технологий освоения земель, переведенных из других фондов, и землевание и рекультивацию полигонов. **Выводы.** Для модулей с мало-проходными машинами и однопроходным самоходным комбинированным агрегатом предусматриваются конструкции рабочих органов, обеспечивающих срезку грунта под почвой с укладкой дренажных труб, измельчение древесины и древесной зелени, ее ярусную утилизацию в дрене с покрытием минеральным фильтром, внесение мелиоранта в почву с пневмосевом травосмеси.

Ключевые слова: самоходный комбинированный агрегат, дрена, органоминеральные биологически активные удобрительные смеси, слой обработки, утилизация, посев

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия» (г. Новочеркасск, 28 февраля 2023 г.).

Для цитирования: Пунинский В. С. Совершенствование технологических процессов биомелиорации и окультуривания малопродуктивных почв, переувлажненных и деградированных земель с созданием комбинированных агрегатов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 1(89). С. 145–158.

Original article

Improvement of bioreclamation and cultivation technological processes of unproductive soils, waterlogged and degraded lands with the formation of combination machine units

Vitaly S. Puninsky

All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov, Moscow, Russian Federation, vspuninsky@rambler.ru

Abstract. Purpose: to study the technological processes of bioreclamation and cultivation of unproductive and degraded soils on waterlogged soils, thin peatlands with woody vegetation and the development of proposals for self-propelled units for developing unused agricultural land and land transferred from other funds. **Materials and methods.** The studies were carried out according to generally accepted methods with the justification of the number of technological operations performed by the combination machine unit in one pass. **Results.** It is required to increase soil fertility on 51.88 million hectares of agricultural land. On the basis of mathematical modeling, the indicators of the leading machines were obtained and the rational parameters of auxiliary technical means for bioreclamation of non-used reclaimed lands and development of previously unreclaimed agricultural land, the implementation of land-clearing operations with soil drainage were determined. Three directions for improving technological processes have been developed – to improve the used low-productive soils without withdrawal and with withdrawal from agricultural production, for the development and cultivation of unused degraded soils and to improve the technological processes of bioreclamation, which provides for the technology development of lands transferred from other funds, and earthing and reclamation of test sites. **Conclusions.** For modules with low-passage machines and a single-passage self-propelled combined machine unit, the design of working bodies is provided for soil cutting under the ground with the drainage pipes laying, wood and greenery grinding, its layer disposal in a drain coated with a mineral filter, an ameliorant introduction into soil with pneumatic sowing of grass mixture.

Keywords: self-propelled combination machine unit, drain, organic-mineral biologically active fertilizer mixtures, treatment layer, utilization, sowing

Evaluation of the research results: the main provisions of the article were reported at the All-Russian scientific and practical conference “The role of land reclamation and water management in ensuring the sustainable development of agriculture” (Novocherkassk, February 28, 2023).

For citation: Puninsky V. S. Improvement of bioreclamation and cultivation technological processes of unproductive soils, waterlogged and degraded lands with the formation of combination machine units. *Ways of increasing the efficiency of irrigated agriculture*. 2023; 1(89):145–158. (In Russ.).

Введение. В настоящее время в условиях обострившейся геополитической ситуации задача по снижению импортной продовольственной продукции становится актуальной, и ее решение требует, наряду с повышением продуктивности почв, расширения использования сельскохозяйственных угодий, которые являются исходной базой продовольственной безопасности. Земли сельскохозяйственного назначения России подвергаются деградации от антропогенных нагрузок при обработке, а также от влияния природно-климатических условий при длительном неиспользовании в сельскохозяйственном производстве, общая площадь деградации сельскохозяйственных угодий составляет 130 млн га [1, 2].

Целью исследований является изучение технологических процессов биомелиорации и окультуривания малопродуктивных и деградированных почв на переувлажненных грунтах, маломощных торфяников с древесной растительностью и разработка предложений по самоходным агрегатам для освоения неиспользуемых сельскохозяйственных угодий и земель, переведенных из других фондов.

Материалы и методы. Объектом исследований являются процессы и способы повышения плодородия почв деградированных сельскохозяйственных угодий [2–4] и

мелиоративные машины для восстановительно-эксплуатационных работ на неиспользуемых землях России.

Изучены базовые типизированные технологии и технические средства (ТС) для выполнения мелиоративных работ на деградированных землях. Для анализа новых технических решений применена авторская методика имитационного моделирования. Исследования проводились по общепринятым методикам с использованием научно-практических методов определения прогнозных технико-экономических показателей ведущих машин [5, 6].

Результаты и обсуждение. По результатам изучения в литературных источниках, в патентах и отчетах о НИР существующих технологических процессов биомелиорации сильнокислых малопродуктивных почв, переувлажненных грунтов, маломощных торфяников с древесной растительностью осуществлена разработка предложений по комплексу ТС для повышения плодородия неиспользуемых земель. На основе математического моделирования получены показатели ведущих машин и определены рациональные параметры вспомогательных ТС для биомелиорации почв. Разработаны три направления совершенствования технологических процессов с созданием комбинированных агрегатов с учетом агромелиоративного состояния почв, области их использования в агропроизводстве (структурно-блочная схема направлений совершенствования процессов – на рисунке 1). После выполнения культуртехнических мероприятий во всех трех направлениях совершенствования осуществляется технологический процесс обработки почвогрунта с внесением веществ, удовлетворяющих потребность растений, микроорганизмов и биоты в питательных веществах, физико-химической среде, в оптимальном соотношении твердой, жидкой и газообразной фаз почвы [7].

По первому направлению совершенствования процессов на малопродуктивных сельскохозяйственных угодьях актуально сократить применение на мелиоративных работах однооперационных ТС [7] с отказом от многопроходности и с созданием самоходных комбинированных агрегатов.

По второму направлению совершенствования процессов для восстановления плодородия деградированных земель предлагаются две ранее разработанные технологии, содержащие технологические модули комплексов машин. В технологии на ранее мелиорированных землях с неиспользованием от 2 до 10 лет, на кислой почве, заросшей древесной растительностью до 80 плотных кубов на 1 га, рекомендовано осуществлять 20 технологических процессов, а в технологии на немелиорированных землях с неиспользованием от 10 до 30 лет и древесной растительностью от 60 до 100 плотных кубов и более на 1 га варианты технологических модулей предусматривают 22 технологических процесса.

На заболоченных землях с древесной растительностью, не используемых от 20 до 30 лет и более, для разработанной в 2022 г. технологии с целью восстановления агропроизводства предлагаются технологические приемы (патенты на изобретения RU № 2760480, № 2618097), осуществляемые в 19 технологических процессах. Варианты модулей из машин осуществляют технологические приемы с опорой на категории работы ТС и количество их проходов по обрабатываемому объекту.

Окультуривание почв в третьем направлении совершенствования после освоения немелиорированных земель и рекультивации переведенных из других земельных фондов и из 28 млн га залежей, включающих 10 млн га неиспользуемой пашни, целесообразно проводить с учетом удаленности расположения сельскохозяйственных угодий от сельских и городского типа поселений и источников загрязнения приземной атмосферы, возможного в дальнейшем типа ведения сельского хозяйства в зависимости от размеров контурности мелиорируемых участков.

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ
THE ROLE OF LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT
IN ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

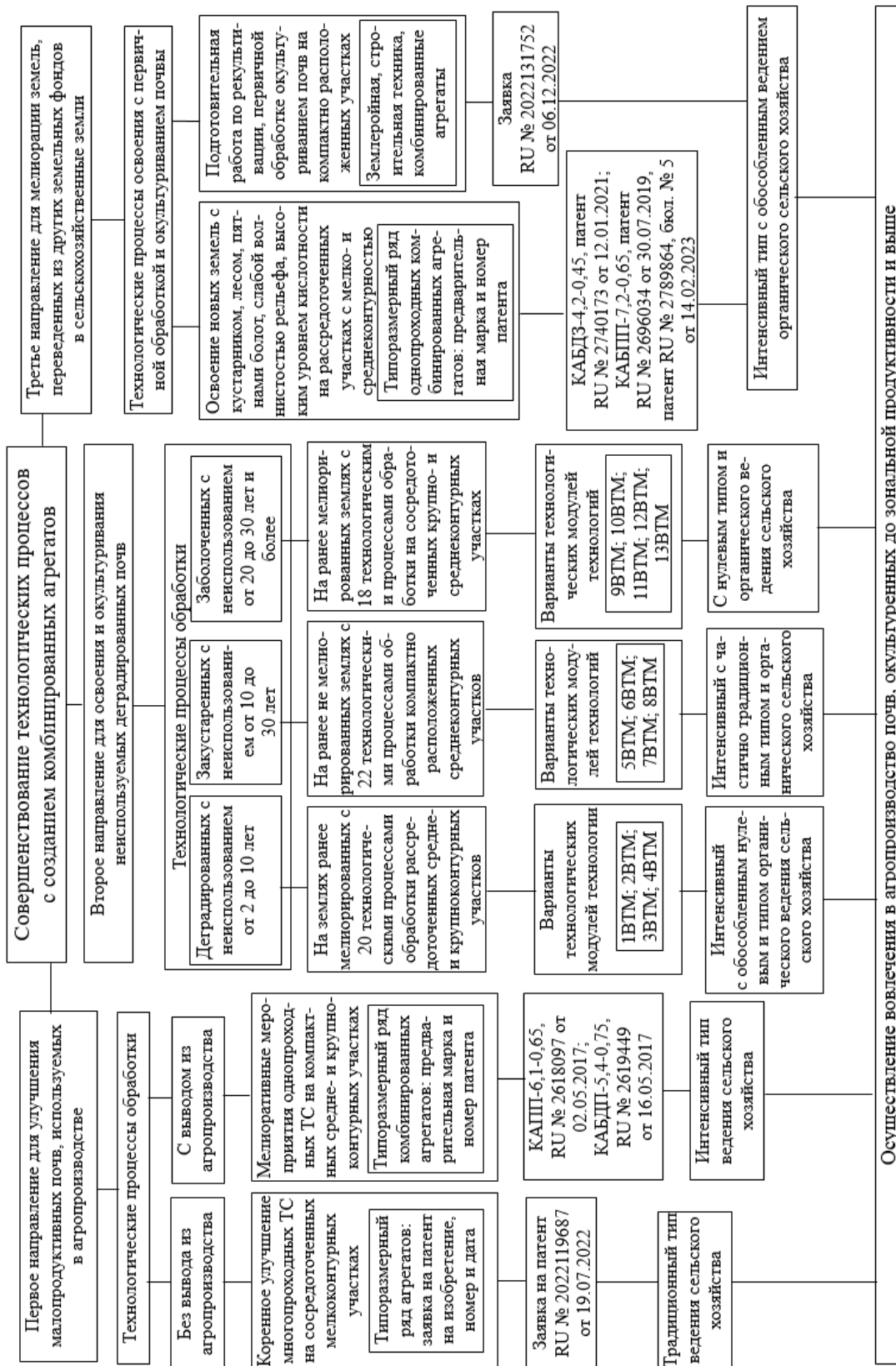


Рисунок 1 – Структурно-блочная схема совершенствования технологических процессов с созданием комбинированных агрегатов

Figure 1 – Block diagram of the improvement of technological processes with the formation of machine team

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ
THE ROLE OF LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT
IN ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

В 2022 г. разработаны агротехнические требования на комбинированный агрегат биомелиорации неиспользуемых деградированных земель с низкой несущей способностью при окультуривании почв для восстановления агропроизводства, они устанавливают, что агрегат предназначен для комплексной обработки за один проход пятен почвы с разной кислотностью, кустарником, полосами редкого мелколесья с включением участков смешанного и хвойного леса, с наличием бессточных понижений.

Новизна технического решения защищена патентом на способ и устройство для его осуществления RU № 2789864, бюл. № 5 от 14.02.2023. Агрегат должен выполнять адресную обработку земель с внесением водного раствора штаммов азотфиксирующих ассоциированных микроорганизмов «мизорин» и ускорителей роста «лентехнин» с рядовым пневматическим посевом высокостебельных растений и между рядами поверхностный сев травосмеси с заделкой семян, внесение мелиоранта, удобрений, прокладку дренажной траншеи с ярусными полками, измельчать древесную массу с внесением в щель ниже полки с гибкой дренажной трубой. Комбинированный агрегат должен включать самоходное базовое шасси с трехсекционной рамой с установленными на каждой секции рамы двумя опорно-тяговыми колесными парами с армированными резино-металлическими гусеницами с треугольной обводкой колес и рамой со спаренными колесами, содержать на первой секции рамы кабину комбинированного агрегата с компьютером, управляющим процессором с кодовым ГЛОНАСС – приемником координат и пультом управления автоматическим включением и выключением привода рабочих органов. Во фронтальной части рамы первой секции агрегат должен содержать шнекобильный мульчер с метателем измельченной древесной массы в раструбную трапецеидально сужающуюся к эжектору – приемнику отсепарированной массы щель на параболическом отвале с закрепленными на тыльной стороне эжектором и продуктопроводом и направлять древесную массу в колею либо бункер дреноукладчика. Перед кабиной должен быть установлен двигатель внутреннего сгорания (мощностью не менее $N_0 = 620$ кВт), соединенный трансмиссией с дискорубильным оборудованием, с закрепленными эжектором и продуктопроводом, разделителем пневмоструи с запорным устройством и должен направлять древесную массу в резервную емкость либо бункер дреноукладчика. На второй секции рамы должен быть установлен фронтальный манипулятор, установочно-подвижно соединенный с вертикальным четырехсекционным полым ножом, пятисекционным бункером с шириной боковых стенок меньше ширины стенок вертикального полого ножа. Сбоку от второй секции рамы должен содержаться шнек-метатель подачи фракции камней и мелкой щепы на лопасть метателя, перемещающий их через эжектор и продуктопровод во вторую секцию бункера дреноукладчика. За фронтальным манипулятором может быть установлен дополнительный двигатель внутреннего сгорания, соединенный трансмиссией с дискорубильным оборудованием и продуктопроводом для подачи древесной массы в четвертую секцию полого-вертикального ножа дреноукладчика с укладкой на дно щели. На третьей секции рамы за накопителем стволов должна быть размещена емкость для раствора азотфиксирующих микроорганизмов, соединенная с распределительной головкой и продуктопроводом, закрепленным на кронштейне дискового сошника, и установлены семенные бункеры секций пневматической сеялки с дозаторами и распределительными головками, соединенные с продуктопроводами, закрепленными с тыльной стороны стоек с долотами на конце и с семенным ложом в щели за дисковым сошником, для рядового сева семян высокостебельных культур, с насадками бинарного пневмовысева семян травосмеси между рядками либо на поверхность почвы, за стойками сошников располагается прикатывающее устройство, включающее прутково-бильный каток.

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ
THE ROLE OF LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT
IN ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

Ранее разработаны технологии (на ранее мелиорированных землях с неиспользованием от 2 до 10 лет четыре варианта технологических модулей комплексов машин (1ВТМ – 4ВТМ), на немелиорированных землях с неиспользованием от 10 до 30 лет варианты технологических модулей комплексов машин 5ВТМ – 8ВТМ), характеристика условий, область применения и технико-эксплуатационные показатели опубликованы в 2022 г. [8]. Что касается новой технологии биомелиорации на заболоченных землях с древесной растительностью, не используемых от 20 до 30 лет и более, характеристика условий, область применения приведены в таблице 1, а структура пяти вариантов технологических модулей (9ВТМ – 13ВТМ) комплексов ведущих машин, номера технологических процессов и эффективность приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 1 – Агротехнические показатели условий объекта биомелиорации и применения комплекса машин

Table 1 – Agrotechnical indicators for the conditions of bioreclamation facility and the use of machine complex

Вариант технологического модуля комплекса машин (ВТМ)				
9ВТМ	10ВТМ	11ВТМ	12ВТМ	13ВТМ
Рельеф				
Равнинный на пойменных заливных сенокосах	Равнинный в бессточных макропонижениях пашни, лугов	Слабоволнистый полого-склоновый	Волнистый с небольшой площадью деградации	Равнинный в бессточных понижениях пашни, лугов
Закустаренность, пнистость при неиспользовании лугов, пашни и пастбищ от 2 до 30 лет				
Куртины кустарника, мелкий и средний кустарник, кочки, новая поросль	Кустарниковая поросль, мелкий и средний кустарник, кочки и сорные травы	Куртины кустарника, средний кустарник, мелкие пни, редкий лес, новая поросль	Перестойный лес, мелколесье, пни, кустарник, ядовитые травы	Спелый лес, мелколесье, крупный кустарник, пни, сорные травы
Тип почвогрунта				
Торфяник	Торфяник	Минеральный	Минеральный	Минеральный
Вид повторности хода ТС при восстановлении плодородия почв				
С многопроходностью прицепных машин	С многопроходностью навесных машин	Сокращенной проходностью комбинированных орудий	Сниженной проходностью многофункциональных комбинированных агрегатов	Однопроходные самоходные многофункциональные комбинированные агрегаты
Количество технологических операций, совмещаемых ТС за один проход, в ВТМ				
С 1 либо 2 операциями у каждого ТС в модуле	С 1 либо 2 или 3 операциями у каждого ТС в модуле	С 2 либо 3 или 4 операциями у всех орудий модуля	С 4 либо 5 или 6 операциями у всех агрегатов модуля	С 6 операциями или более у комбинированного агрегата
Вид расположения объектов с почвами, требующими коренного улучшения				
Компактный, близко от баз и населенных пунктов, с мелкоконтурными либо крупными площадями	Сосредоточенный, близко от баз, складов, стоянок ТС и населенных пунктов, с крупными площадями	Рассредоточенный от баз, складов и стоянок ТС со среднеконтурными площадями	Компактный с дальнотемьем со средне-, крупноконтурными площадями	Компактный с дальнотемьем и крупноконтурными площадями вдали от баз, складов и стоянок ТС

Таблица 2 – Варианты технологических модулей (9ВТМ, 10ВТМ, 11ВТМ) обработки деградированных заболоченных почв техническими средствами

Table 2 – Variants of technological modules (9VТМ, 10VТМ, 11VТМ) for the degraded waterlogged soils processing by technical means

Вариант технологического модуля комплекса машин (ВТМ)	
9ВТМ	11ВТМ
1	3
Наименование последующего типа ведения сельского хозяйства	
Традиционный	Интенсивный
Нулевой с обособленным интенсивным	
<p>Основные виды работ по восстановлению плодородия деградированных почв ведущими мелиоративными машинами</p> <p>- экскаватор-каналокопатель коллаторов; +8; ЭТР-153; $W = 210 \text{ м}^3/\text{ч}$; $M_{\text{маш}} = 4,93 \text{ т}$; $H = 1,5 \text{ м}$; трактор Т10МБ.0121; $M_{\text{тр}} = 16,17 \text{ т}$; $q = 220 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$; $P = 100 \text{ кВт}$; $N_0 = 132 \text{ кВт}$; $C = 18 \text{ млн руб.}$;</p> <p>- дренаукладчик; +8; ЭТЦ-1609; $W = 210 \text{ м}^3/\text{ч}$; $M_{\text{маш}} = 1,1 \text{ т}$; $H = 1,6 \text{ м}$; трактор «Беларус-1221.1»; $M_{\text{тр}} = 5,300 \text{ т}$; $q = 226 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$; $P = 20 \text{ кВт}$; $N_0 = 96 \text{ кВт}$; $C = 5,40 \text{ млн руб.}$</p>	<p>Нулевой с обособленным интенсивным</p> <p>- траншекопатель коллаторов; +8; ЭТЦ-250 самоходный; $W = 10...630 \text{ м}^3/\text{ч}$; $M_{\text{маш}} = 14,0 \text{ т}$; $H = 2,5 \text{ м}$; $B = 0,25$; $0,4$; $0,5 \text{ м}$; $q = 220 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$; $P = 100 \text{ кВт}$; $N_0 = 132 \text{ кВт}$; $C = 12 \text{ млн руб.}$;</p> <p>- дренаукладчик; +8; МД-12 самоходный бестраншейный; $W = 410...1030 \text{ м}^3/\text{ч}$; $M_{\text{маш}} = 35,0 \text{ т}$; $H = 1,8 \text{ м}$; $B = 0,25 \text{ м}$; $q = 220 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$; $P = 150 \text{ кВт}$; $N_0 = 132 \text{ кВт}$; $C = 21 \text{ млн руб.}$</p>
<p>- экскаватор-каналокопатель коллаторов; +8; ЭТР-153; $W = 210 \text{ м}^3/\text{ч}$; $M_{\text{маш}} = 4,93 \text{ т}$; $H = 1,5 \text{ м}$; трактор Т10МБ.0121; $M_{\text{тр}} = 16,17 \text{ т}$; $q = 220 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$; $P = 100 \text{ кВт}$; $N_0 = 132 \text{ кВт}$; $C = 18 \text{ млн руб.}$;</p> <p>- дренаукладчик; +8; ЭТЦ-203 самоходный; $W = 14...390 \text{ м}^3/\text{ч}$; $M_{\text{маш}} = 14,0 \text{ т}$; $H = 2,0 \text{ м}$; $q = 226 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$; $P = 20 \text{ кВт}$; $N_0 = 96 \text{ кВт}$; $C = 9,60 \text{ млн руб.}$</p>	<p>- экскаватор-каналокопатель коллаторов; +8; ЭТР-153; $W = 210 \text{ м}^3/\text{ч}$; $M_{\text{маш}} = 4,93 \text{ т}$; $H = 1,5 \text{ м}$; трактор Т10МБ.0121; $M_{\text{тр}} = 16,17 \text{ т}$; $q = 220 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$; $P = 100 \text{ кВт}$; $N_0 = 132 \text{ кВт}$; $C = 18 \text{ млн руб.}$;</p> <p>- дренаукладчик; +8; ЭТЦ-203 самоходный; $W = 14...390 \text{ м}^3/\text{ч}$; $M_{\text{маш}} = 14,0 \text{ т}$; $H = 2,0 \text{ м}$; $q = 226 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$; $P = 20 \text{ кВт}$; $N_0 = 96 \text{ кВт}$; $C = 9,60 \text{ млн руб.}$</p>
<p>- полуприцеп – разбрасыватель удобрений; +11; ПРУ-12; $W = 12...16 \text{ га/ч}$; $M_{\text{маш}} = 4,980 \text{ т}$; $L = 25 \text{ м}$; $C = 5,0 \text{ млн руб.}$; трактор «Беларус-1221.1»; $M_{\text{тр}} = 5,300 \text{ т}$; $q = 226 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$; $P = 20 \text{ кВт}$; $N_0 = 96 \text{ кВт}$; $C = 5,40 \text{ млн руб.}$;</p> <p>- машина внесения слабопылящих химмелиорантов, минеральных удобрений; +12; МВУ-8Б; $W = 4...15 \text{ га/ч}$; $M_{\text{маш}} = 3,300 \text{ т}$; $L = 6 \text{ м}$; $C = 3,2 \text{ млн руб.}$; трактор РТМ-160У; $M_{\text{тр}} = 6,300 \text{ т}$; $q = 207 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$; $P = 30 \text{ кВт}$; $N_0 = 129 \text{ кВт}$; $C = 6,40 \text{ млн руб.}$;</p>	<p>- разбрасыватель твердых органических удобрений; +11; МТТ-9; $W = 75 \text{ т/(га}\cdot\text{ч)}$; $M_{\text{маш}} = 9,5 \text{ т}$; $L = 5...8 \text{ м}$; $C = 8,0 \text{ млн руб.}$; трактор «Беларус-1221.1»; $M_{\text{тр}} = 5,300 \text{ т}$; $q = 226 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$; $P = 20 \text{ кВт}$; $N_0 = 96 \text{ кВт}$; $C = 5,40 \text{ млн руб.}$;</p> <p>- машина самоходная внесения химмелиорантов; +11; МСХ-10; $W = 3,7 \text{ га/ч}$; $M_{\text{маш}} = 9,1 \text{ т}$; $L = 8...14 \text{ м}$; на шасси МАЗ 631 705-264; $M_{\text{тр}} = 11 \text{ т}$; расход топлива 9,8 кг/га; $N_0 = 243 \text{ кВт}$; $C = 8,288 \text{ млн руб.}$; машина внесения слабопылящих химмелиорантов, минера-</p>
<p>- борона дисковая мелиоративная; +9; +14; БДМ-2,5А; $W = 1,14 \text{ га/ч}$; $M_{\text{маш}} = 3,00 \text{ т}$; $L = 2,9 \text{ м}$; $C = 2,6 \text{ млн руб.}$; трактор К-744Р2; $M_{\text{тр}} = 15,68 \text{ т}$; $q = 215 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$; $P = 50 \text{ кВт}$; $N_0 = 257 \text{ кВт}$; $C = 15,67 \text{ млн руб.}$;</p> <p>- машина для внесения органических удобрений; +9; РОУ-5; $W = 52 \text{ т/ч}$; $M_{\text{маш}} = 2,00 \text{ т}$; $L = 4...6 \text{ м}$; $C = 1,95 \text{ млн руб.}$; трактор «Беларус-1221.1»; $M_{\text{тр}} = 5,300 \text{ т}$; $q = 226 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$; $P = 20 \text{ кВт}$; $N_0 = 96 \text{ кВт}$; $C = 5,40 \text{ млн руб.}$;</p>	<p>- борона дисковая мелиоративная; +9; +14; БДМ-2,5А; $W = 1,14 \text{ га/ч}$; $M_{\text{маш}} = 3,00 \text{ т}$; $L = 2,9 \text{ м}$; $C = 2,6 \text{ млн руб.}$; трактор К-744Р2; $M_{\text{тр}} = 15,68 \text{ т}$; $q = 215 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$; $P = 50 \text{ кВт}$; $N_0 = 257 \text{ кВт}$; $C = 15,67 \text{ млн руб.}$;</p> <p>- машина для внесения органических удобрений; +9; РОУ-5; $W = 52 \text{ т/ч}$; $M_{\text{маш}} = 2,00 \text{ т}$; $L = 4...6 \text{ м}$; $C = 1,95 \text{ млн руб.}$; трактор «Беларус-1221.1»; $M_{\text{тр}} = 5,300 \text{ т}$; $q = 226 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$; $P = 20 \text{ кВт}$; $N_0 = 96 \text{ кВт}$; $C = 5,40 \text{ млн руб.}$;</p>

Продолжение таблицы 2

Table 2 continued

1	2	3
<p>- щелерез-рыхлитель-кровоагелель; +12; РЩ-3,5; $W = 0,25$ га/ч; $M_{\text{маш}} = 0,510$ т; $L = 2,4...4,0$ м; $C = 0,56$ млн руб.; трактор К-744Р2; $M_{\text{тр}} = 15,68$ т; $q = 215$ г/кВт·ч; $P = 50$ кН; $N_0 = 257$ кВт; $C = 15,67$ млн руб.;</p> <p>- борона дисковая коническая; +12; +14; ПБЛ-10; $W = 17,8$ га/ч; $M_{\text{маш}} = 2,48$ т; $L = 11,2$ м; $C = 2,30$ млн руб.; трактор «Агрошармаш 90ТГ-3649А»; $M_{\text{тр}} = 7,02$ т; $q = 213$ г/кВт·ч; $P = 30$ кН; $N_0 = 75$ кВт; $C = 2,40$ млн руб.</p>	<p>льных удобрений; +12; МВУ-8Б; $W = 4...15$ га/ч; $M_{\text{маш}} = 3,300$ т; $L = 6$ м; $C = 3,2$ млн руб.; трактор РТМ-160У; $M_{\text{тр}} = 6,300$ т; $q = 207$ г/кВт·ч; $P = 30$ кН; $N_0 = 129$ кВт; $C = 6,40$ млн руб.; машина фрезерная; +13; МТП-44А; $W = 0,04...0,05$ га/ч; $M_{\text{маш}} = 3,300$ т; $B = 1,7$ м; $C = 2,3$ млн руб.; трактор Т10М.6000-1Е, ЧТЗ «Уралтрак»; $M_{\text{тр}} = 18,850$ т; $q = 218$ г/кВт·ч; $P = 350$ кН; $N_0 = 140,0$ кВт; $C = 5,567$ млн руб.; борона дисковая мелиоративная; +9; +14; БДМ-2,5А; $W = 1,14$ га/ч; $M_{\text{маш}} = 3,00$ т; $L = 2,9$ м; $C = 2,6$ млн руб.; трактор К-744Р2; $M_{\text{тр}} = 15,68$ т; $q = 215$ г/кВт·ч; $P = 50$ кН; $N_0 = 257$ кВт; $C = 15,67$ млн руб.</p>	<p>- машина самоходная внесения химмелиорантов (пылевидной извести); +9; +12; АРУП-8; $W = 44$ т/ч при норме 3,5 т/га; на шасси ЗИЛ-441510; $M_{\text{маш}} = 7,90$ т; $N_0 = 110$ кВт; $C = 8,0$ млн руб.;</p> <p>- ротор почвообрабатывающий; +13; РПН-1,8; $W = 0,54...1,44$ га/ч; $M_{\text{маш}} = 0,90$ т; $L = 1,8$ м; $C = 0,87$ млн руб.; трактор РТМ-160У; $M_{\text{тр}} = 6,300$ т; $q = 207$ г/кВт·ч; $P = 30$ кН; $N_0 = 129$ кВт; $C = 6,40$ млн руб.;</p> <p>- комбинированный универсальный агрегат для предпосевной обработки почвы; +17; КУМ-4; $W = 4$ га/ч; $M_{\text{маш}} = 2,90$ т; $L = 4$ м; $V = 7,2$ км/ч; $C = 1,47$ млн руб.; трактор РТМ-160У; $M_{\text{тр}} = 6,300$ т; $q = 207$ г/кВт·ч; $P = 30$ кН; $N_0 = 129$ кВт; $C = 6,40$ млн руб.</p>
<p>Агрегат комбинированный почвообрабатывающий навесной; +17; АКПН-6А; $W = 4,2...6,0$ га/ч; $M_{\text{маш}} = 2,90$ т; $L = 6,0$ м; $C = 2,84$ млн руб.; трактор К-744Р2; $M_{\text{тр}} = 15,68$ т; $q = 215$ г/кВт·ч; $P = 50$ кН; $N_0 = 257$ кВт; $C = 15,67$ млн руб.</p>	<p>Плуг универсальный навесной; +15; ПВУ-225; $W = 1,74...2,3$ га/ч; $M_{\text{маш}} = 4,10$ т; $L = 2,25$ м; $C = 3,8$ млн руб.; трактор РТМ-160У; $M_{\text{тр}} = 6,300$ т; $q = 207$ г/кВт·ч; $P = 30$ кН; $N_0 = 129$ кВт; $C = 6,40$ млн руб.</p>	<p>Комбинированный самоходный агрегат ярусной почвообработки земель с подсевом семян; +9; +10; +12; +16 (предварительная марка ТС, номер патента на изобретение) КАПП-6,1-0,65 № 2618097; самоходный; $W = 4,0$ га/ч; $M_{\text{маш}} = 30,60$ т; $L = 6,1$ м; $P = 195$ кН; $N_0 = 205$ кВт; $C = 29,74$ млн руб.</p>

Продолжение таблицы 2

Table 2 continued

1	2	3
Сеялка пневматическая широкозахватная «Берестье»; +18; С-9; $W = 7,2 \dots 13,5$ га/ч; $M_{\text{маш}} = 8,60$ т; $L = 9$ м; $C = 5,49$ млн руб.; трактор «Беларус-3522»; $M_{\text{тр}} = 11,00$ т; $q = 205$ г/кВт·ч; $P = 50$ кН; $N_0 = 261$ кВт; $C = 11,13$ млн руб.	Агрегат почвообрабатывающий посевной с комплектом разных блоков катков; +16; +18; АПП-6П; $W = 4,8 \dots 9,6$ га/ч; $M_{\text{маш}} = 8,40$ т; $L = 6$ м; $C = 4,54$ млн руб.; трактор «Беларус-3022/ДЦ.1»; $M_{\text{тр}} = 18,00$ т; $q = 205$ г/кВт·ч; $P = 50$ кН; $N_0 = 223$ кВт; $C = 9,51$ млн руб.	
2112,9	Суммарная номинальная мощность ДВС по ВТМ ведущих машин, кВт 2113,6	2426,4
166,32	Суммарные капвложения по ведущим машинам, млн руб. 215,17	221,9

Таблица 3 – Варианты технологических модулей (12ВТМ, 13 ВТМ) обработки деградированных заболоченных почв техническими средствами

Table 3 – Variants of technological modules (12VTM, 13 VTM) for the degraded waterlogged soils processing by technical means

12ВТМ	Вариант технологического модуля комплекса машин (ВТМ) 13ВТМ
1	2
Органическое сельское хозяйство при частичном интенсивном	Органическое сельское хозяйство
Основные виды работ по восстановлению плодородия деградированных почв ведущими мелиоративными машинами - траншеекопатель коллекторов; +8; ЭТЦ-250 самоходный; $W = 10 \dots 630$ м/ч; $M_{\text{маш}} = 14,0$ т; $H = 2,5$ м; $B = 0,25$; $0,4$; $0,5$ м; $q = 220$ г/кВт·ч; $P = 100$ кН; $N_0 = 132$ кВт; $C = 12$ млн руб.; - дренаукладчик; +8; МД-12 самоходный бестраншейный; $W = 410 \dots 1030$ м/ч; $M_{\text{маш}} = 35,0$ т; $H = 1,8$ м; $B = 0,25$ м; $q = 220$ г/кВт·ч; $P = 150$ кН; $N_0 = 132$ кВт; $C = 21$ млн руб.	Основные виды работ по восстановлению плодородия деградированных почв ведущими мелиоративными машинами - траншеекопатель коллекторов; +8; ЭТЦ-250 самоходный; $W = 10 \dots 630$ м/ч; $M_{\text{маш}} = 14,0$ т; $H = 2,5$ м; $B = 0,25$; $0,4$; $0,5$ м; $q = 220$ г/кВт·ч; $P = 100$ кН; $N_0 = 132$ кВт; $C = 12$ млн руб.; - комбинированный агрегат биомелиорации земель; +8; +9; +10; +12; +14; +16; +18; +19 (предварительная марка ТС) КАБОЗ-8,9-0,75, RU № 2789864, бюл. № 5 от 14.02.2023;

Продолжение таблицы 3

Table 3 continued

1	2
<p>- машина рубительная; +1; +9; МР-25/01; $W = 25...40$ м³/ч; $M_{\text{маш}} = 11,70$ т; $L = 6,5...7,2$ м; $C = 10,8$ млн руб.; трактор МТЗ-1221; $M_{\text{гр}} = 5,30$ т; $q = 226$ г/кВт·ч; $P = 20$ кН; $N_0 = 96,0$ кВт; $C = 10,7$ млн руб.;</p> <p>- борона дисковая мелиоративная; +9; +14; БДМ-2,5А; $W = 1,14$ га/ч; $M_{\text{маш}} = 3,00$ т; $L = 2,9$ м; $C = 2,6$ млн руб.; трактор К-744Р2; $M_{\text{гр}} = 15,68$ т; $q = 215$ г/кВт·ч; $P = 50$ кН; $N_0 = 257$ кВт; $C = 15,67$ млн руб.; машина самоходная внесения химмелиорантов; +11; МСХ-10; $W = 3,7$ га/ч; $M_{\text{маш}} = 9,1$ т; $L = 8...14$ м; на шасси МАЗ 631 705-264; $M_{\text{гр}} = 11$ т; расход топлива 9,8 кг/га; $N_0 = 243$ кВт; $C = 8,288$ млн руб.;</p> <p>- агрегат внутривпочвенного внесения жидких органических удобрений; +10; +11; +12; +16; АВВ-2,8; $W = 25,8$ т/ч; $M_{\text{маш}} = 4,740$ т; $L = 2,8$ м; $C = 2,92$ млн руб.; трактор РТМ-160У; $M_{\text{гр}} = 6,300$ т; $q = 207$ г/кВт·ч; $P = 30$ кН; $N_0 = 129$ кВт; $C = 6,40$ млн руб.</p>	<p>$W = 5,4$ га/ч; $M_{\text{маш}} = 52$ т; $H = 0,75$ м; $B = 6$ м; $L = 4,6...11,7$ м; $P = 500$ кН; $q = 247$ г/кВт·ч; $N_0 = 318$ кВт; $C = 45$ млн руб.</p> <p>- харвестер; +1; +9; «Амкодор 2551»; $W = 40,0$ м³/ч; $M_{\text{маш}} = 15,0$ т; $B = 9,5$ м; $q = 243$ г/кВт·ч; $N_0 = 132,0$ кВт; $C = 10,5$ млн руб.;</p> <p>- измелчитель пней; +1; +8; +9; SCH-75 компании АЕ, $H = 0,6$ м; трактор К-744Р2; $M_{\text{гр}} = 15,68$ т; $q = 215$ г/кВт·ч; $P = 50$ кН; $N_0 = 257$ кВт; $C = 15,67$ млн руб.;</p> <p>- мульчер; +1; +9; М-500; $W = 2,5$ га/ч; $M_{\text{маш}} = 2,0$ т; $B = 2,3$ м; $C = 2$ млн руб.; бульдозер Б10М.6000-1Е, ЧТЗ «Урал-трак»; $M_{\text{гр}} = 18,850$ т; $q = 218$ г/кВт·ч; $P = 350$ кН; $N_0 = 140,0$ кВт; $C = 5,567$ млн руб.;</p> <p>- автомобиль-самосвал повышенной проходимости; +5; +9; КамаЗ-55111; $W = 1,2$ тыс. т/км; $M_{\text{маш}} = 9,8$ т; $L = 4,5$ м; $N_0 = 154$ кВт; $P = 50$ кН; $C = 9,7$ млн руб.;</p> <p>- фронтальный погрузчик; +6; +7; +8; ПК-46; $W = 1,21$ га/ч; $M_{\text{маш}} = 16,00$ т; $L = 2,60$ м; $C = 14$ млн руб.; двигатель ЯМЗ-236М2-4; $q = 215$ г/кВт·ч; $P = 50$ кН; $N_0 = 257$ кВт;</p> <p>- экскаватор-погрузчик; +6; +7; +8; ЭО-2626; $N_0 = 118$ кВт; емкость ковша $W = 0,63$ м³; $M_{\text{маш}} = 6,90$ т; $L = 3,50$ м; $C = 7,1$ млн руб.;</p> <p>- автосмеситель; +7; +8; СБ-159А; 8 м³/20–25 мин; $V = 60$ км/ч; на шасси КамаЗ-5511; $M_{\text{гр}} = 10,05$ т; $N_0 = 154$ кВт; $C = 5,4$ млн руб.</p>

Продолжение таблицы 3

Table 3 continued

1	2
Агрегат почвообрабатывающий многофункциональный с блочно-модульной комплектацией трех рабочих органов; +10; +12; +14; +17; АПМ-6А; $W = 3,6 \dots 4,8$ га/ч; $M_{\text{маш}} = 9,60$ т; $L = 6,0$ м; $C = 4,65$ млн руб.; трактор К-744Р2; $M_{\text{тр}} = 15,68$ т; $q = 215$ г/кВт·ч; $P = 50$ кН; $N_0 = 257$ кВт; $C = 15,67$ млн руб.	Перегрузажель сыпучих фильтроматериалов (гравийно-песчаных); +7; +8; МВУ-8БП; $W = 35 \dots 75$ м ³ /ч; $M_{\text{маш}} = 4,05$ т; $C = 1,9$ млн руб.; «Агромаш 90ТГ-3649А»; $M_{\text{тр}} = 7,02$ т; $q = 213$ г/кВт·ч; $P = 30$ кН; $N_0 = 75$ кВт; $C = 2,40$ млн руб.
Комбинированный агрегат биомелиорации и комплексной обработки богарных земель; +10; +11; +17; +19 (предварительная марка ТС, номер патента на изобретение) КАБШ-7,2-0,65, RU № 2696034; $W = 6,0$ га/ч; $M_{\text{маш}} = 38,70$ т; $L = 7,2$ м; $P = 400$ кН; $q = 222$ г/кВт·ч; $N_0 = 522$ кВт; $C = 19,70$ млн руб.	
Суммарная номинальная мощность ДВС по ВТМ ведущих машин, кВт	1888,4
Суммарные капвложения по ведущим машинам, млн руб.	152,24

Выводы. Проведенные исследования показали, что совершенствование технологических процессов с разработкой вариантов технологических модулей технологий улучшения кислых почв на закустаренных землях либо заболоченных минеральных и торфяных почв с изреженным рельефом и переведенных из других земельных фондов в богарные сельскохозяйственные угодья актуально с процессами укладки органоминеральных биологически активных удобрительных смесей, пневматического сева культур-освоителей при устранении деградации, обеспечивает под почвой укладку дренажных труб, измельчение древесины и древесной зелени, ее ярусную утилизацию в дрене с покрытием минеральным фильтром и транспортирование грунта с отсыпкой над дренаем, внесение мелиоранта в почву с пневмосевом травосмеси при создании самоходных комбинированных агрегатов с рабочими органами, новизна которых подтверждена патентами.

Список источников

1. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2020 году. Ч. 13 [Электронный ресурс]. URL: https://www.zin-ref.ru/000_uchebniki/04600_raznie_15/850-nac-doklad-o-zemlah-v-RF-2020-g/013.htm (дата обращения: 20.02.2023).

2. Гордеев А. В., Романенко Г. А. Проблемы деградации и восстановления продуктивности земель сельскохозяйственного назначения в России. М.: Росинформагротех, 2008. 67 с.

3. Отчет о реализации I этапа (2014–2016 годы) федеральной целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы». М.: Росинформагротех, 2017. 80 с.

4. 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.

5. Методика эффективного освоения разновозрастных залежей на основе многовариантных технологий под пастбища и сенокосы и очередности возврата в пашню в Нечерноземной зоне РФ / А. А. Кутузова, К. Н. Привалова, Д. М. Тебердиев, Н. А. Семенов, А. П. Раев, Д. Н. Лебедев, Д. А. Алтунин, И. В. Степанищев, Е. Е. Проворная, А. В. Родионова, Н. В. Жезмер, Р. Р. Каримов, А. В. Лысыков; ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса. М.: Угреш. тип., 2017. 64 с.

6. Методические рекомендации по разработке прогнозных нормативных показателей для планирования развития сельского хозяйства на долгосрочную перспективу / А. Ф. Поцкалев, В. И. Петранев, И. Д. Олисаева, Т. Н. Макарова. М.: Изд-во НИИПиН, 1981. 52 с.

7. Пунинский В. С. Совершенствование механизации технологических процессов биомелиорации и водорегулирования на деградированных землях // Мелиорация земель – неотъемлемая часть восстановления и развития АПК Нечерноземной зоны Российской Федерации: материалы междунар. науч.-практ. конф. М.: Изд-во ВНИИГиМ, 2019. С. 256–262.

8. Технологии и технические средства повышения продуктивности сельскохозяйственных земель комплексными мелиорациями: коллектив. моногр. / Л. В. Кирейчева [и др.]. М.: ВНИИГиМ, 2022. 218 с.

References

1. *Gosudarstvennyy (natsional'nyy) доклад o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' v Rossiyskoy Federatsii v 2020 godu. Ch. 13* [State (National) Report on the State and Use of Land in the Russian Federation in 2018. Part 13], available: https://www.zinref.ru/000_uchebniki/04600_raznie_15/850-nac-doklad-o-zemlah-v-RF-2020-g/013.htm [accessed: 20.02.2023]. (In Russian).
2. Gordeev A.V., Romanenko G.A., 2008. *Problemy degradatsii i vosstanovleniya produktivnosti zemel sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya v Rossii* [Problems of Soil Degradation and Restoration of Agricultural Land Productivity in Russia]. Moscow, Rosinformagrotech Publ., 67 p. (In Russian).
3. *Otchet o realizatsii I etapa (2014–2016 gody) federal'noy tselevoy programmy "Razvitie melioratsii zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya Rossii na 2014–2020 gody"* [Report on the Implementation of Stage I (2014–2016) of the Federal Targeted-Oriented Program "Development of Land Reclamation for Agricultural Land of Russia for 2014–2020"]. Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 2017, 80 p. (In Russian).
4. 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).
5. Kutuzova A.A., Privalova K.N., Teberdiev D.M., Semenov N.A., Raev A.P., Lebedev D.N., Altunin D.A., Stepanishchev I.V., Provornaya E.E., Rodionova A.V., Zhezmer N.V., Karimov R.R., Lysikov A.V., 2017. *Metodika effektivnogo osvoeniya raznovozrastnykh zalezhey na osnove mnogovariantnykh tekhnologiy pod pastbishcha i senokosy i ocherednosti vozvrata v pashnyu v Nechernozemnoy zone RF* [Methods for the Effective Development of Deposits of Different Ages Based on Multi-Variant Technologies for Pastures and Hayfields and the Order of Return to Arable Land in the Non-Chernozem Zone of the Russian Federation]. All-Russian Williams Fodder Research Institute, Moscow, Ugresh Publ., 64 p. (In Russian).
6. Potskalev A.F., Petraney V.I., Olisaeva I.D., Makarova T.N., 1981. *Metodicheskie rekomendatsii po razrabotke prognoznykh normativnykh pokazateley dlya planirovaniya razvitiya sel'skogo khozyaystva na dolgosrochnuyu perspektivu* [Guidelines for the Development of Predictive Normative Indicators for Planning the Development of Agriculture for the Long Period]. Moscow, NIIPiN Publ., 52 p. (In Russian).
7. Puninsky V.S., 2019. *Sovershenstvovanie mekhanizatsii tekhnologicheskikh protsessov biomelioratsii i vodoregulirovaniya na degradirovannykh zemlyakh* [Improving the mechanization of technological processes of bioreclamation and water regulation on degraded lands]. *Melioratsiya zemel' – neot'emlemaya chast' vosstanovleniya i razvitiya APK Nechernozemnoy zony Rossiyskoy Federatsii: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Land Reclamation is an Integral Part of the Restoration and Development of Agro-Industrial Complex of the Non-Chernozem Zone of the Russian Federation: Proc. of the International Scientific-Practical Conf.]. Moscow, VNIIGiM Publ., pp. 256-262. (In Russian).
8. Kireycheva L.V. [and others], 2022. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva povysheniya produktivnosti sel'skokhozyaystvennykh zemel' kompleksnymi melioratsiyami: kollektivnaya monografiya* [Technologies and Technical Means of Increasing the Productivity of Agricultural Lands by Complex Reclamation: collect. monograph]. Moscow, VNIIGiM, 218 p. (In Russian).

Информация об авторе

В. С. Пунинский – ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук.

Information about the author

V. S. Puninsky – Leading 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 31.01.2023; одобрена после рецензирования 10.03.2023; принята к публикации 22.03.2023.

The article was submitted 31.01.2023; approved after reviewing 10.03.2023; accepted for publication 22.03.2023.

Научная статья
УДК 626.88

**Расчет и конструирование выходных участков (оголовков)
рыбоходных и рыбоходно-нерестовых каналов**

Алексей Викторович Шевченко¹, Виктор Николаевич Шкура²

^{1,2}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

¹rigge1111@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4839-6377>

²VNShkura@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4639-6448>

Аннотация. Цель: разработка основных положений и требований в области конструирования выходных (для рыб) оголовков пригидроузловых рыбоходных и (или) рыбоходно-нерестовых каналов. **Материалы и методы.** Материалами разработки послужили данные исследований выходных (для рыб) участков действующих рыбопропускных каналов Усть-Маньчского (р. Западный Маньч), Николаевского и Константиновского (р. Дон) гидроузлов. При формировании требований, предъявляемых к созданию выходных оголовков пригидроузловых рыбоходных (рыбоходно-нерестовых) каналов, и разработке методических рекомендаций по их расчету и конструированию использовались методы научного анализа и синтеза. При разработке выходного оголовка Кочетовского рыбоходно-нерестового канала учитывались сведения о рыбоведческих, топографических, гидрологических и других условиях его функционирования. **Результаты.** Выходной оголовок, устраиваемый в составе рыбоходного (рыбоходно-нерестового) канала, предназначен для создания благоприятных условий выхода рыб из его акватории в верхний бьеф гидроузла и обеспечения подвода водных масс к головному регулятору канала. Выходной участок канала выполняется расширяющимся в плане и углубляющимся по длине в направлении перемещения рыб. Скорость протекания водного потока по выходному оголовку должна плавно приближаться к среднему значению таковой в водохранилище. Указанное сочетание гидromетрических параметров выходного участка канала обеспечит адаптирование рыб к условиям их выхода в водохранилище, снизит их стрессовое состояние и минимизирует дезориентацию рыбных стад от направления их миграционного перемещения. **Вывод.** Разработаны основные положения конструирования и расчета выходных (для рыб) и истоковых (для водного потока) оголовков рыбопропускных каналов, апробированные при разработке компоновочно-конструктивного решения выходного участка рыбоходно-нерестового канала Кочетовского гидроузла на р. Дон.

Ключевые слова: миграционное перемещение рыб, нерест рыб, рыбоход, рыбоходный канал, рыбоходно-нерестовый канал, тракт канала, выходной оголовок канала

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия» (г. Новочеркасск, 28 февраля 2023 г.).

Для цитирования: Шевченко А. В., Шкура В. Н. Расчет и конструирование выходных участков (оголовков) рыбоходных и рыбоходно-нерестовых каналов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 1(89). С. 159–169.

Original article

**Calculation and design of output sections (heads) of
fish passage and fish passage and spawning channels**

Alexey V. Shevchenko¹, Viktor N. Shkura²

^{1,2}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

¹rigge1111@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4839-6377>

²VNShkura@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4639-6448>

Abstract. Purpose: development of the main provisions and requirements in the field of designing output (for fish) heads of fish passages and (or) fish passages and spawning channels at waterways. **Materials and methods.** The materials for it were data from studies of the output (for fish) sections of the existing fish passage channels of the Ust-Manych (Western Manych River), Nikolaevsky and Konstantinovsky (Don River) waterworks facilities. Methods of scientific analysis and synthesis were used in formulating the requirements for outlet heads for fish passage (fish passage and spawning) channels at waterways and the development of methodological recommendations for their calculation and design. When developing the outlet head of the Kochetovsky fish passage and spawning channel, information about the fishing, topographic, hydrological and other conditions of its operation was taken into account. **Results.** The output head, arranged as part of the fish passage (fish passage and spawning) channel, is designed to create favorable conditions for fish output from its fishing area to the waterworks upstream and to ensure the supply of water masses to the head regulator of the channel. The outlet section of the channel is made expanding in plan and deepening along the length in the direction of fish movement. The water flow rate along the outlet head should approach smoothly the average value of that in water reservoir. The specified combination of hydrometric parameters of the channel exit section will ensure fish adaptation to the conditions of their exit to the reservoir, reduce their stress state and minimize the disorientation of fish stocks from the direction of their migratory movement. **Conclusion.** The main provisions for the design and calculation of the outlet (for fish) and source (for water flow) heads of fish passage channels were developed, which were tested in the development of a layout and design solution for the exit section of the fish passage and spawning channel of the Kochetovsky waterwork on the river Don.

Keywords: fish migratory movement, fish spawning, fish pass, fish passage channel, fish passage and spawning channel, channel tract, output head of the channel

Evaluation of the research results: the main provisions of the article were reported at the All-Russian scientific and practical conference “The role of land reclamation and water management in ensuring the sustainable development of agriculture” (Novocherkassk, February 28, 2023).

For citation: Shevchenko A. V., Shkura V. N. Calculation and design of output sections (heads) of fish passage and fish passage and spawning channels. *Ways of increasing the efficiency of irrigated agriculture*. 2023;1(89):159–169. (In Russ.).

Введение. Каскадом низконапорных гидроузлов, устроенных на р. Дон и его притоках, преграждены естественные пути нерестовых миграций ценных и особо ценных проходных и полупроходных видов рыб [1]. Указанное обстоятельство привело к резкому снижению количества и разнообразия их популяций в Азово-Донском рыбохозяйственном бассейне. С целью минимизации ущерба, наносимого речными гидроузлами рыбному хозяйству региона, часть таких сооружений обустроена рыбоходными и рыбоходно-нерестовыми каналами, предназначенными для обеспечения пропуска мигрирующих на нерест рыб в русловые водохранилища. Подавляющее количество Нижне-Донских рыбопропускных каналов [2] запроектировано и построено в третьей чет-

верти XX в., и в настоящее время эти сооружения не отвечают современным требованиям к их созданию и характеризуются низкой эффективностью в части пропуска и нереста рыб, при том что часть Нижне-Донских гидроузлов (например, Кочетовский) не предусматривает наличия таких сооружений в своем составе.

Многолетний опыт исследования действующих Нижне-Донских рыбоходных и рыбоходно-нерестовых каналов [1–4] позволил установить причины их относительно низкой эффективности, среди которых отмечается и отсутствие (на момент создания) достаточного опыта разработки таких сооружений (применительно к условиям обеспечения пропуска и нереста нелососевых рыб), и имеющий место дефицит в должной степени проработанной нормативной документации по их расчету и конструированию. Указанные обстоятельства приводят к отсутствию у специалистов единого подхода к разработке рыбопропускных каналов, устраиваемых при речных низконапорных гидроузлах, и допущенным вследствие этого ошибкам при их проектировании.

Важными составными элементами рыбоходных и рыбоходно-нерестовых каналов, обеспечивающими их функционирование, являются выходные (для рыб) и истоковые (для водного потока) оголовки. Вопреки очевидной важности этих конструктивных элементов, установлен имеющий место дефицит научно обоснованных нормативно-технических данных об их устройстве. В связи с этим за цель исследования принята разработка основных требований и положений в области конструирования и расчета выходных оголовков при гидроузловых рыбоходных и рыбоходно-нерестовых каналов.

Материалы и методы. Для достижения целевой установки исследования были собраны и проанализированы материалы проектных решений выходных участков (оголовков) рыбопропускных (рыбоходных и рыбоходно-нерестовых) каналов, устраиваемых в обход водоподпорных и водосбросных сооружений низконапорных гидроузлов, расположенных на р. Дон и Западный Маныч, и данные их полевых обследований, собранные авторами за 2022 г. В процессе формирования основных положений по расчету и конструированию выходных (для рыб) оголовков рыбоходных и рыбоходно-нерестовых каналов использовались методы научного поиска, анализа и синтеза. При разработке конструкции выходного оголовка Кочетовского рыбоходно-нерестового канала (р. Дон) за основу приняты данные о топографии участка прохождения трассы канала и сведения о гидрометрии отдельно взятых створов Кочетовского водохранилища.

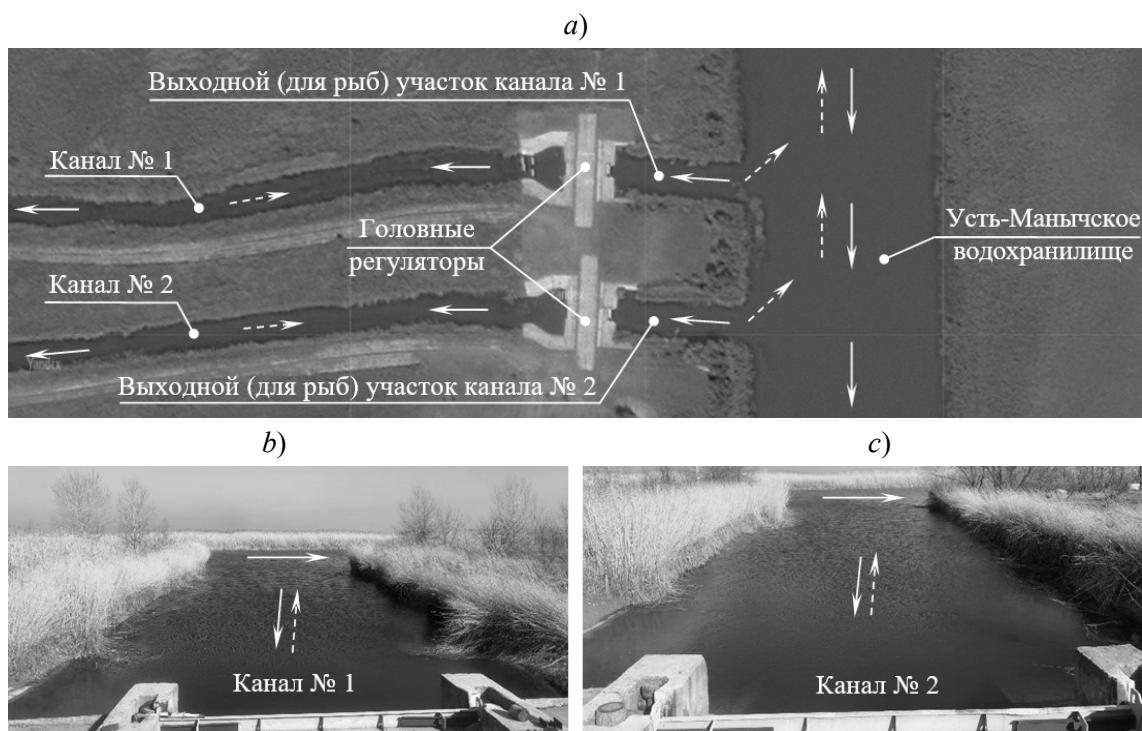
Результаты и обсуждение. Под термином «выходной оголовок рыбоходного (рыбоходно-нерестового) канала» понимается инженерно-обустроенный участок канала, ограниченный створом втеkania водных масс в пролеты головного регулирующего сооружения и створом его сопряжения с береговой линией руслового водохранилища. Функциональным назначением таких участков является обеспечение подвода водных масс к головному регулятору канала и создание условий для адаптации рыб к гидравлическим и пространственным условиям верхнего бьефа реки и их выхода в него.

При выходе в русловое водохранилище из рыбоходного или рыбоходно-нерестового канала мигрирующие на нерест рыбы сталкиваются с кардинально отличными (от внутриканальных) гидрометрическими условиями водной среды. При средней скорости течения водного потока в нижнем бьефе гидроузла, находящейся в диапазоне значений от 0,45 до 1,30 м/с, и скоростях течения в тракте рыбопропускного канала, варьирующих от 0,80 до 1,10 м/с, скоростные параметры потока в верхнем бьефе гидроузла характеризуются значениями от 0,30 до 0,45 м/с [1–6]. Такая резкая смена рыбами гидрологического режима (при выходе из канала в водохранилище) приводит их к стрессовому

состоянию, вследствие чего представляется возможной дезориентация рыбных стад от направления их миграционного перемещения. Для устранения этого негативного эффекта выходной оголовок канала должен обеспечивать системное снижение скоростей течения водного потока (до уровня средней скорости течения в русловом водохранилище) по направлению перемещения рыб из канала в реку.

Разработке рекомендаций предшествовали полевые обследования выходных (для рыб) участков рыбоходно-нерестовых каналов Константиновского и Николаевского гидроузлов (р. Дон) и рыбоходных каналов, устроенных в обход Усть-Маньчского гидроузла (р. Западный Маньч), основные результаты которых изложены ниже.

Плановые и перспективные виды на выходные участки Усть-Маньчских рыбоходных каналов № 1 и 2 (по состоянию на 2022 г.) проиллюстрированы рисунком 1.



← — направление течения водного потока; ← - - — направление перемещения рыб

Рисунок 1 – Выходные (для рыб) оголовки Усть-Маньчских рыбоходных каналов: а – плановый снимок со спутника; б, с – виды в перспективе

Figure 1 – Output (for fish) heads of the Ust-Manych fish passages channels: а – planned satellite image; б, с – perspective views

Согласно рисунку 1, выходные участки рыбоходных каналов выполнены прямоугольными в плане при трапецидальном поперечном сечении на всем их протяжении. Характеризуются зарастанием откосов водно-воздушной растительностью, что снижает их водопропускную способность. Дно верховых участков каналов возвышается над дном р. Западный Маньч, что исключает необходимое для придонных рыб топографическое сопряжение реки и каналов. Принятая конструкция оголовков не предусматривает создание условий для адаптации рыб к условиям Усть-Маньчского водохранилища.

Выходной (для рыб) участок Константиновского рыбоходно-нерестового канала (рисунок 2а) выполнен расширяющимся в плановом очертании при трапецидальной форме поперечного сечения канала по всей его длине. Несмотря на то, что выходной

оголовки рыбоходно-нерестового канала расширяется по длине, его глубина отлична от таковой в водохранилище (дно рыбоходно-нерестового канала возвышается над дном руслового водохранилища), что может вызвать у донных рыб стрессовое состояние в связи с необходимостью резкой смены ими горизонта перемещения. На участке сопряжения канала с рекой имеют место деформации русла (размывы и отложения наносов), что ухудшает условия забора воды и выхода рыб из канала в русловое водохранилище.

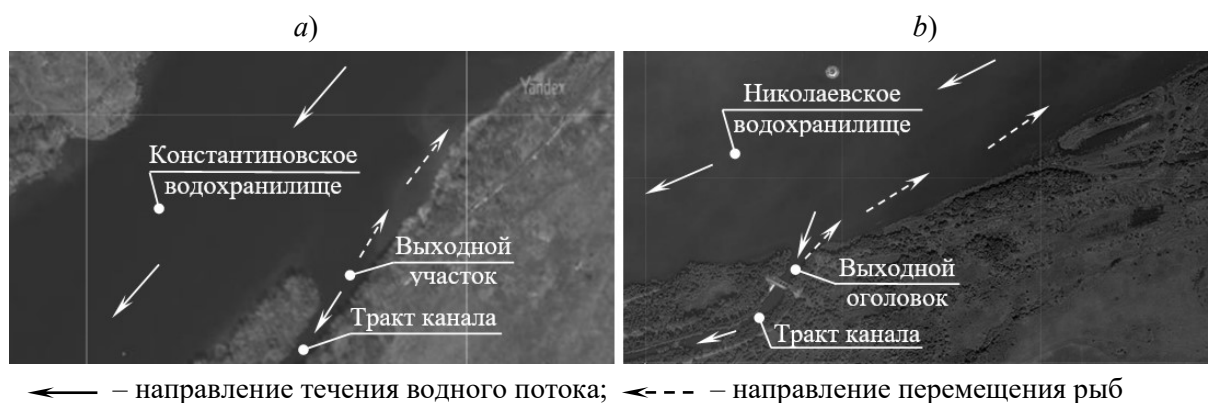


Рисунок 2 – Выходной оголовок Константиновского (а) и Николаевского (б) рыбоходно-нерестовых каналов (фото со спутника)

Figure 2 – Output head of Konstantinovskoy (a) and Nikolaevskoy (b) fish passage and spawning channels (satellite photo)

Выходной участок Николаевского рыбоходно-нерестового канала (рисунок 2б) по состоянию на 2022 г. характеризуется: относительно малой протяженностью, близким к трапециевидальной форме поперечным сечением, наличием положительных (намывов наносов) и отрицательных (локальных размывов) деформаций русла. Конструктивное оформление входного (для потока) и выходного (для рыб) участка и сечения на канале не предусмотрено. Дно канала возвышается над дном русла реки. Имеет место неравномерное распределение скоростей течений по ширине и глубине тракта канала. С учетом указанного выше можно сделать заключение о несоответствии канала современным требованиям и необходимости проведения его реконструкции.

Полученные в ходе проведенных натурных обследований рыбоходных и рыбоходно-нерестовых каналов данные о гидрометрических параметрах их выходных (для рыб) оголовков свидетельствуют об отсутствии единого подхода к их разработке. Указанное обуславливает необходимость выработки общих руководящих (методических) положений и требований в области их проектирования (расчета и конструирования).

Согласно современным представлениям и научно-техническим достижениям в области создания пригидроузловых рыбоходных и рыбоходно-нерестовых каналов, их выходные (для рыб) оголовки (участки) должны отвечать следующим требованиям.

1 Длина выходного (для рыб) оголовка, устраиваемого в составе рыбоходного (рыбоходно-нерестового) канала, должна находиться в диапазоне 100–150 м, что позволит создать достаточные (по протяженности) условия для адаптации рыб к их выходу в русловое водохранилище, вследствие этого удастся избежать дезориентации рыбных стад от направления их дальнейшего миграционно-нерестового перемещения.

2 Скорость течения потока по направлению продвижения рыб к створу сопряжения выходного оголовка и водохранилища должна последовательно снижаться до достижения ею значения, равного средней скорости течения в верхнем бьефе гидроузла.

3 Выходные оголовки должны устраиваться расширяющимися в плане и заглубляющимися по длине (по направлению перемещения рыб), что позволяет достичь:

- топографического (морфометрического) сопряжения дна тракта канала и дна реки и создать для рыб возможность подготовки к обитанию на больших глубинах;
- плавного снижения скоростей течения водного потока по направлению перемещения рыб от створа их выхода из пролетов головного регулятора канала до створа сопряжения выходного оголовка с русловым водохранилищем (верхним бьефом реки);
- последовательного увеличения площади живого сечения потока (по направлению выхода рыб из акваториального пространства рыбоходного канала), это позволит рыбам, преодолевшим входной (для потока) створ головного регулирующего сооружения, системно и плавно адаптироваться к пространственным и гидравлическим условиям (кардинально отличным от внутриканальных) руслового водохранилища.

Конструктивно-гидравлическая схема к расчету выходных оголовков рыбоходных и рыбоходно-нерестовых каналов проиллюстрирована ниже на рисунке 3.

В соответствии со схемой, представленной на рисунке 3, при полностью открытых затворах головного регулятора канала водный поток, протекающий по его пролетам и выходному оголовку, подчиняется известному закону равенства расходов:

$$\omega_1 v_1 = \omega_2 v_2 + \omega_3 v_3 + \omega_4 v_4,$$

где $\omega_1 = h_1 \cdot (B_1 + mh_1)$ – площадь живого сечения водного потока (оголовка) в створе его сопряжения с русловым водохранилищем (верхним бьефом реки), м²;

$h_1 = (Z_1)_в - (Z_1)_{дна}$ – глубина воды во входном (для потока) и выходном (для рыб) гидрологическом створе выходного участка (оголовка) рыбоходного канала, м;

v_1 – средняя по живому сечению скорость течения водного потока в створе сопряжения выходного оголовка канала с руслом верхнего бьефа реки, м/с;

$\omega_2 = \omega_3 = \omega_4 = h_2 B_2 = h_3 B_3 = h_4 B_4$ – площадь живого сечения водопропускных пролетов головного регулятора рыбоходного (рыбоходно-нерестового) канала, м²;

$h_2 = h_3 = h_4 = (Z_2)_в - (Z_2)_{дна}$ – значения глубин водного потока в отдельно взятых пролетах (2, 3 и 4) головного регулирующего сооружения рыбоходного канала, м;

v_2, v_3, v_4 – средняя по сечению скорость потока в пролетах регулятора, м/с.

При проведении гидравлических расчетов выходного оголовка рыбоходного (рыбоходно-нерестового) канала величина средней скорости водного потока в створе его сопряжения с руслом верхнего бьефа реки (v_1 , м/с) принимается равной среднему значению таковой по близлежащим к каналу гидростворам руслового водохранилища.

При известных конструктивных (ω_{2-4} , м²) и гидравлических (v_{2-4} , м/с) параметрах пролетов головного регулятора канала определяется площадь живого сечения створа сопряжения выходного оголовка канала с русловым водохранилищем:

$$\omega_1 = (B_2 h_2 v_2 + B_3 h_3 v_3 + B_4 h_4 v_4) / v_1.$$

Ширина донной части смоченного периметра выходного оголовка рыбопускного канала в створе его сопряжения с рекой определяется по зависимости:

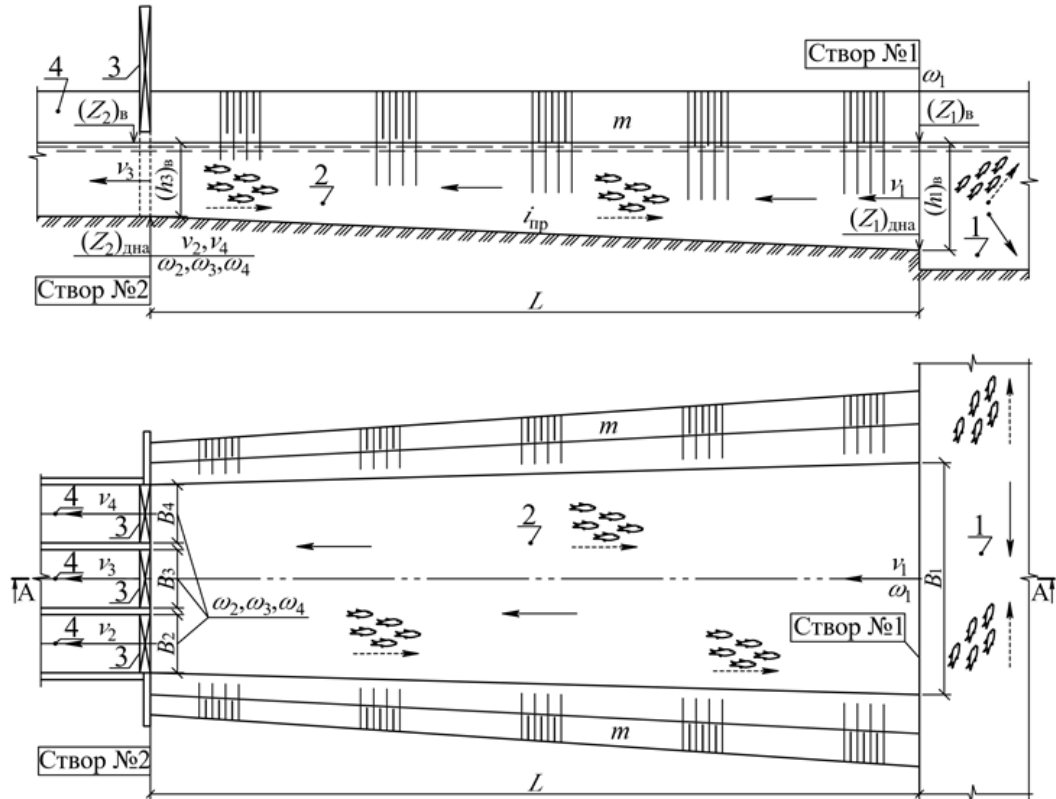
$$B_1 = [(B_2 h_2 v_2 + B_3 h_3 v_3 + B_4 h_4 v_4) / h_1 v_1] - mh_1.$$

Продольный уклон дна выходного оголовка канала находится по формуле:

$$i_{пр} = ((Z_1)_{дна} - (Z_2)_{дна}) / L.$$

Предложенная методика расчета и конструирования выходных (для рыб) участ-

ков (оголовков) рыбоходных (рыбоходно-нерестовых) каналов апробирована для условий создания и функционирования Кочетовского рыбоходно-нерестового канала [7–9].



- ← — направление течения водного потока; ← - - - — направление перемещения рыб;
 B_1 — ширина дна выходного (для рыб) оголовка канала в створе его сопряжения с русловым водохранилищем, м; B_2, B_3, B_4 — ширина пролетов головного регулятора канала, м; L — длина выходного оголовка, м; $i_{пр}$ — продольный уклон дна выходного оголовка;
 m — коэффициент заложения откосов; v_1 — скорость течения водного потока в створе сопряжения выходного оголовка канала с верхним бьефом реки, м/с;
 v_2, v_3, v_4 — скорости течения потока в пролетах головного регулятора канала, м/с;
 h_1 — глубина воды в створе сопряжения выходного оголовка с рекой, м;
 h_2, h_3, h_4 — значения глубин воды в пролетах регулирующего сооружения канала, м;
 $(Z_1)_в, (Z_2)_в$ — отметки уровней воды в створах сопряжения выходного оголовка с рекой и пролетами головного регулятора, м; $(Z_1)_{дна}, (Z_2)_{дна}$ — отметки дна выходного оголовка в створах его сопряжения с рекой и головным регулятором канала соответственно, м;
 I — русловое водохранилище; 2 — выходной оголовок рыбоходного (рыбоходно-нерестового) канала; 3, 4 — затворы и пролеты головного регулирующего сооружения

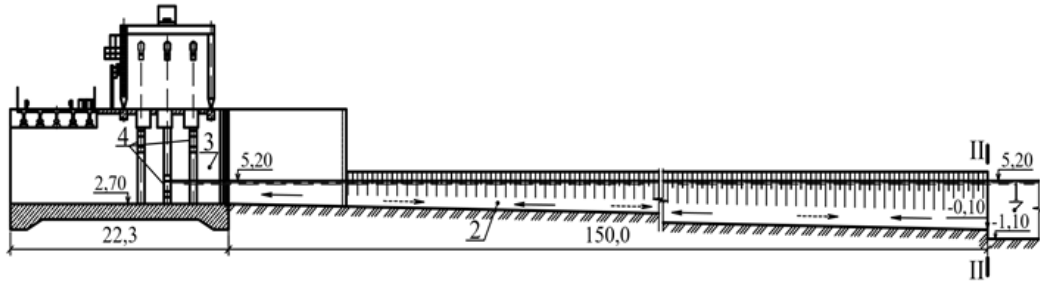
Рисунок 3 – Конструктивно-гидравлическая схема расчета выходного участка рыбопропускного канала

Figure 3 – Structural-hydraulic calculation scheme of output section of the fish passage channel

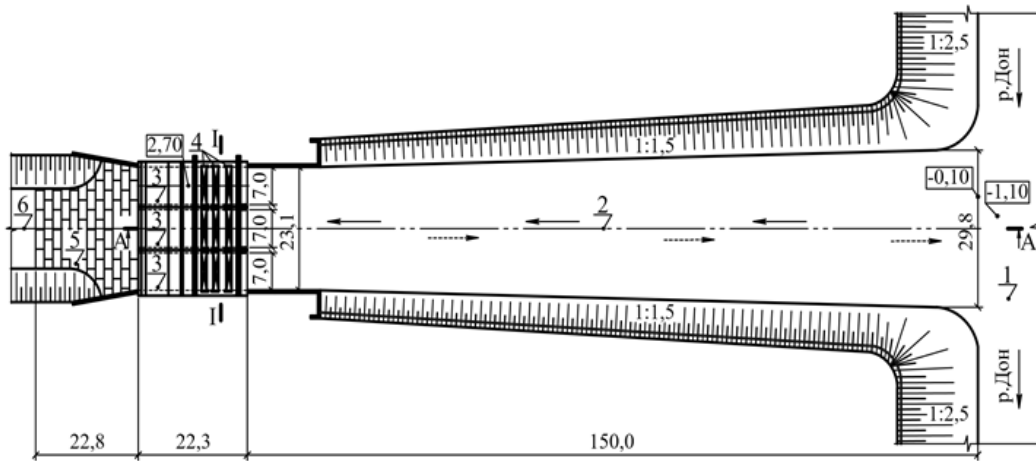
Специалистами ФГБНУ «РосНИИПМ» были рассмотрены и предложены к практической реализации различные варианты его технических решений [9, 10], рассчитан-

ные по методике В. П. Боровского, А. Ю. Гарбуза, О. А. Баева [11]. Гидравлическим расчетом, выполненным по приведенной выше методике, установлены основные параметры выходного (для рыб) оголовка (участка) Кочетовского (на р. Дон) рыбоходно-нерестового канала, конструктивное решение которого проиллюстрировано рисунком 4.

Разрез А – А

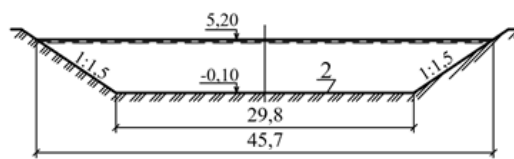
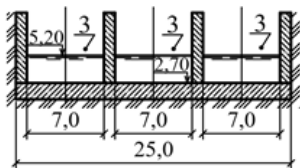


План



Сечение I – I

Сечение II – II



← — направление течения водного потока; ← - - - направление перемещения рыб;
1 – верхний бьеф реки; 2 – выходной (для рыб) оголовок рыбоходно-нерестового канала; 3 – пролеты головного регулятора; 4 – затворы; 5 – тракт канала

Рисунок 4 – Компонентно-конструктивное решение выходного оголовка рыбоходно-нерестового канала в составе Кочетовского гидроузла

Figure 4 – Layout and design solution of the output head of fish passage and spawning channel as part of the Kochetovsky waterworks

Выводы

1 Проведены исследования технических решений выходных (для рыб) оголовков, устроенных в составе действующих рыбоходных и рыбоходно-нерестовых каналов, в результате которых установлены присущие им основные недостатки.

2 Сформулированы основные требования, предъявляемые к компоновочно-конструктивным решениям выходных (для рыб) оголовков рыбопропускных каналов.

3 С учетом указанных требований разработана методика расчета и проектирования выходных участков рыбоходных (рыбоходно-нерестовых) каналов, апробированная на примере канала, устраиваемого в обход Кочетовского гидроузла на р. Дон.

Список источников

1. Шкура В. Н., Шевченко А. В. Рыбоходно-нерестовые каналы, как средство улучшения условий воспроизводства рыб на Нижнем Дону // Рыбное хозяйство. 2022. № 5. С. 82–87. DOI: 10.37663/0131-6184-2022-5-82-87.

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

3. Шкура Вл. Н., Дроботов А. Н. Рыбоходные и рыбоходно-нерестовые каналы / Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. Новочеркасск: НГМА, 2012. 203 с.

4. Чистяков А. А. Конструкции рыбоходных и рыбоходно-нерестовых каналов: учеб. пособие / Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. Новочеркасск, 2004. 150 с.

5. Павлов Д. С., Скоробогатов М. А. Миграции рыб в зарегулированных реках. М.: Товарищество науч. изд. КМК, 2014. 413 с.

6. Дандара Н. Т., Немыкина Д. Е. Гидрологический анализ реки Дон на участке ниже Кочетовского гидроузла: гидрографическая сеть, расходы, уровни и уклоны воды // Вестник современных исследований. 2018. № 5.3(20). С. 88–99.

7. Лендов В. Г. Сооружение № 1 на Дону. Новая жизнь Кочетовского гидроузла / под ред. Н. Г. Смирнова. М.: Вестн. трансп., 2009. 215 с.

8. 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. <https://doi.org/10.23947/2541-9129-2018-3-4-79-86>.

9. Рыжаков А. Н., Мартынов Д. В. К вопросу проектирования и строительства рыбоходно-нерестового канала Кочетовского гидроузла // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2019. № 3(75). С. 32–37.

10. Шевченко А. В., Шкура В. Н. Компоновочно-структурное решение Кочетовского рыбоходно-нерестового канала с вдольбереговым расположением его тракта // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. 2022. Т. 4, № 3. С. 73–90. URL: <http://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=150> (дата обращения: 16.12.2022). <https://doi.org/10.31774/2658-7890-2022-4-3-73-90>.

11. Боровской В. П., Гарбуз А. Ю., Баев О. А. Методика гидравлического расчета нерестового канала с разнофракционным гравийно-галечниковым покрытием русла // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2018. № 1(29). С. 233–248. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=923> (дата обращения: 16.12.2022).

References

1. Shkura V.N., Shevchenko A.V., 2022. *Rybokhodno-nerestovye kanaly, kak sredstvo uluchsheniya usloviy vosproizvodstva ryb na Nizhnem Donu* [Fish passage and spawning channels as a means of improving the fish reproduction conditions of the Lower Don]. *Rybnoe khozyaystvo* [Fisheries], no. 5, pp. 82-87, DOI: 10.37663/0131-6184-2022-5-82-87. (In Russian).

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

3. Shkura V.I.N., Drobotov A.N., 2012. *Rybokhodnye i rybokhodno-nerestovyye kanaly* [Fish Passage and Fish Passage and Spawning Channels]. Novochoerkassk State Land Reclamation Academy, Novochoerkassk, NGMA, 203 p. (In Russian).

4. Chistyakov A.A., 2004. *Konstruktsii rybokhodnykh i rybokhodno-nerestovykh kanalov: ucheb. posobie* [Designs of Fish Passage and Fish Passage and Spawning Channels: textbook]. Novochoerkassk State Land Reclamation Academy, Novochoerkassk, 150 p. (In Russian).

5. Pavlov D.S., Skorobogatov M.A., 2014. *Migratsii ryb v zaregulirovannykh rekakh* [Fish Migrations in Regulated Rivers]. Moscow, Association of Scientific Editions KMK Publ., 413 p. (In Russian).

6. Dandara N.T., Nemykina D.E., 2018. *Gidrologicheskiy analiz reki Don na uchastke nizhe Kochetovskogo gidrouzla: gidrograficheskaya set', raskhody, urovni i uklony vody* [Hydrological analysis of the Don river in the area below the Kochetovsky waterworks: hydrographic network, flow rates, water levels and slopes]. *Vestnik sovremennykh issledovaniy* [Bulletin of Modern Research], no. 5.3(20), pp. 88-99. (In Russian).

7. Lendov V.G., 2009. *Sooruzhenie № 1 na Donu. Novaya zhizn' Kochetovskogo gidrouzla* [Structure no. 1 on the Don River. New Life of the Kochetovsky Waterworks]. Moscow, Transport Bulletin Publ., 215 p. (In Russian).

8. 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 Kochetovsky waterworks facility on the river Don]. *Bezopasnost' tekhnogennykh i prirodnykh sistem* [Safety of Technogenic and Natural Systems], no. 3-4, pp. 79-86, <https://doi.org/10.23947/2541-9129-2018-3-4-79-86>. (In Russian).

9. Ryzhakov A.N., Martynov D.V., 2019. *K voprosu proektirovaniya i stroitel'stva rybokhodno-nerestovogo kanala Kochetovskogo gidrouzla* [On issue of designing and constructing a fish passage and spawning channel of the Kochetovsky waterworks]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 3(75), pp. 32-37. (In Russian).

10. Shevchenko A.V., Shkura V.N., 2022. [Layout and design solution of the Kochetovsky fish passage and spawning channel with its along-shore location of its passage]. *Ekologiya i vodnoe khozyaystvo*, vol. 4, no. 3, pp. 73-90, available: <http://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=150> [accessed 16.12.2022], <https://doi.org/10.31774/2658-7890-2022-4-3-73-90>. (In Russian).

11. Borovskoy V.P., Garbuz A.Yu., Baev O.A., 2018. [Hydraulic calculation methodology of spawning channel with differently fractured gravel-pebble-bed covering]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 1(29), pp. 233-248, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=923> [accessed 16.12.2022]. (In Russian).

Информация об авторах

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

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

Information about the authors

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

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

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 1(89).

Ways of increasing the efficiency of irrigated agriculture. 2023. № 1(89).

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ
THE ROLE OF LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT
IN ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

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 19.01.2023; одобрена после рецензирования 20.01.2023; принята к публикации 02.02.2023.

The article was submitted 19.01.2023; approved after reviewing 20.01.2023; accepted for publication 02.02.2023.

Научная статья

УДК 631.432.1:631.445.52:631.67

**Методы прогнозирования уровней грунтовых
вод и засоления почв на орошаемых землях**

**Рахимджан Каримович Икрамов¹, Самандар Маматкулович Гаппаров²,
Зиядулла Таштемирович Джумаев³, Абдухолик Абдурашидович Утаев⁴**

^{1, 2, 3, 4}Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем, Карасу-4/11,
Ташкент, Республика Узбекистан, ismiti@minwater.uz

¹<https://orcid.org/0000-0002-7863-1545>

²<https://orcid.org/0000-0003-4425-2181>

³<https://orcid.org/0000-0003-3313-3961>

⁴<https://orcid.org/0000-0001-7006-1456>

Аннотация. Цель: формулирование мелиоративно-технологических принципов управления водно-солевым режимом орошаемых земель в условиях водохозяйственной и экологической напряженности. Предлагаемая методология управления позволяет взаимосогласовывать посредством обеспечения оптимального водно-солевого режима почв водно-мелиоративную деятельность, систему сельхозпроизводства и урожайность растений, а также требования охраны окружающей среды. **Материал и методы.** Оценка и улучшение мелиорации земель осуществляется методом общего и частного водно-солевого балансов с использованием фондовых материалов о мелиоративном участке. **Результаты и обсуждение.** Предлагаемая методология заключается в усовершенствованных методиках принятия научно обоснованных управленческих решений по основным мерам воздействия на водно-солевой режим орошаемых земель, техническое состояние и эксплуатационную надежность дренажных систем посредством ремонтно-восстановительных работ, а также в разработанных технологических принципах создания информационной системы. Использование данного метода позволяет оценить мелиоративное состояние территорий, выбранных в качестве объекта исследования, и рекомендовать меры, которые необходимо применить, выбрав варианты мероприятий в компьютерной программе, для улучшения состояния орошаемых территорий. **Выводы.** Использование упомянутых выше общего и частного водно-солевого балансов дает возможность улучшить мелиоративное состояние орошаемых земель, поддерживать уровень грунтовых вод на критической глубине, повысить урожайность сельскохозяйственных культур, дренажность земель, улучшить водообеспеченность мелиоративного участка.

Ключевые слова: баланс, уровень, грунтовые воды, зона аэрации, корнеобитаемый слой, засоление, почвы

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия» (г. Новочеркасск, 28 февраля 2023 г.).

Для цитирования: Методы прогнозирования уровней грунтовых вод и засоления почв на орошаемых землях / Р. К. Икрамов, С. М. Гаппаров, З. Т. Джумаев, А. А. Утаев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 1(89). С. 170–178.

Original article

Methods for predicting water table and soil salinization on irrigated lands

**Rakhimdzhon K. Ikramov¹, Samandar M. Gapparov², Ziyadulla T. Djumaev³,
Abdukholik A. Utaev⁴**

^{1,2,3,4}Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems, Karasu-4/11, Tashkent,
Republic of Uzbekistan, ismiti@minwater.uz

¹<https://orcid.org/0000-0002-7863-1545>

²<https://orcid.org/0000-0003-4425-2181>

³<https://orcid.org/0000-0003-3313-3961>

⁴<https://orcid.org/0000-0001-7006-1456>

Abstract. Purpose: identifying reclamation and technological concepts of management of water-salt regime of irrigated lands under conditions of water management and environmental tension. The proposed management methodology makes it possible to coordinate water-reclamation activities, agricultural production system and plant yield, as well as environmental protection requirements by ensuring optimal water-salt regime of soils. **Material and methods.** Assessment and improvement of land reclamation is carried out by the method of general and private water-salt balances using stock materials of the reclamation site. **Results and discussion.** The proposed methodology consists in the improved methods of making scientifically sound management decisions on the impact measures on the water-salt regime of irrigated lands; the technical condition and operational reliability of drainage systems by repair and restoration work, as well as the developed technological principles of creating an information system. The use of this method makes it possible to assess the reclamation condition of the territories selected as the object of research and recommend measures that need to be applied by selecting options in a computer program to improve the condition of irrigated territories. **Conclusions.** The use of the above-mentioned general and private water-salt balances makes it possible to improve the reclamation condition of irrigated lands, maintain the groundwater level at a critical depth, increase crop yields, increase land drainage, improve water availability of the reclamation site.

Keywords: balance, level, groundwater, aeration zone, root-inhabited layer, salinization, soils

Evaluation of the research results: the main provisions of the article were reported at the All-Russian scientific and practical conference “The role of land reclamation and water management in ensuring the sustainable development of agriculture” (Novocherkassk, February 28, 2023).

For citation: Ikramov R. K., Gapparov S. M., Djumaev Z. T., Utaev A. A. Methods for predicting water table and soil salinization on irrigated lands. *Ways of increasing the efficiency of irrigated agriculture*. 2023;1(89):170–178. (In Russ.).

Введение. В орошаемых районах остается весьма важной проблема предупреждения засоления и рассоления плодородных земель, вышедших из сельскохозяйственного оборота вследствие подъема минерализованных грунтовых вод и засоления почв. На этих землях необходимо создание оптимальных мелиоративных режимов почв определенным сочетанием режима орошения, промывок и искусственного дренажа.

Важными элементами при расчетном обосновании проектных мелиоративных режимов и непосредственной реализации их в натуре являются концентрация почвенного раствора и минерализация грунтовых вод. Прогнозу указанных элементов посвящено значительное количество работ [1–6]. Однако в них рассматривается прогнозирование сезонных, годовых или многолетних значений и в большинстве случаев на период освоения (подъема грунтовых вод). Методика же прогнозирования, рассчитанная

на более короткий промежуток времени (например, по месяцам), особенно необходимая при эксплуатации крупных гидромелиоративных систем, в настоящее время отсутствует. Анализ эффективности фактических мелиоративных режимов на многих гидромелиоративных системах Узбекистана и Южного Казахстана показал, что при составлении проектов мелиорации также необходимо производить указанные прогнозы в месячном разрезе для более полного учета природно-хозяйственных условий объектов и установления оптимальных технико-экономических параметров систем.

Для прогнозных расчетов на крупных орошаемых массивах, мелиорируемых различными типами дренажа, наиболее целесообразно использование балансового метода [7–9].

Балансовые расчеты рекомендуется выполнять в разрезе месяца, так как в качестве исходных используются данные эксплуатационных служб и, кроме того, эмпирические зависимости для определения эвапотранспирации установлены на основании среднемесячных значений входящих в них элементов.

При мелиорации засоленных земель с близким залеганием грунтовых вод важно знать минерализацию их поверхностного слоя, который оказывает непосредственное влияние на почвообразовательные процессы.

Материалы и методы. Расчеты концентрации почвенного раствора и минерализации грунтовых вод требуют решения следующих задач:

- прогноз глубин уровня грунтовых вод;
- прогноз водно-солевого баланса зоны аэрации и корнеобитаемого слоя сельскохозяйственных растений;
- прогноз баланса грунтовых вод.

Прогнозные глубины грунтовых вод можно рассчитать, используя уравнение общего водного баланса по С. Ф. Аверьянову, м³/га:

$$W_k^{\text{общ}} - W_n^{\text{общ}} = O_c + O_p + \Phi_{\text{мг}} + \Phi_{\text{мх}} + \Phi_{\text{вх}} + \Pi - ET_m - C - Q \pm P - D_{\text{г}} - D_{\text{в}},$$

где $W_k^{\text{общ}} - W_n^{\text{общ}}$ – конечные и начальные запасы влаги на мелиорируемой территории;

O_c – атмосферные осадки, м³/га;

O_p – водоподача на орошаемые поля (нетто), м³/га;

$\Phi_{\text{мг}} + \Phi_{\text{мх}} + \Phi_{\text{вх}}$ – потери на фильтрацию соответственно из магистральных, межхозяйственных и внутрихозяйственных каналов, м³/га;

Π – подземный приток на мелиорируемую территорию со стороны, м³/га;

ET_m – эвапотранспирация с поверхности орошаемого массива, м³/га;

C – суммарные сбросы ирригационных вод, м³/га;

Q – боковой отток подземных вод, м³/га;

$\pm P$ – вертикальный водообмен балансового слоя с глубокими подземными водами, м³/га;

$D_{\text{г}}$ – выклинивание грунтовых вод в горизонтальный дренаж, м³/га;

$D_{\text{в}}$ – объем откачек вертикального дренажа, м³/га.

Запасы влаги в различных почвогрунтах в расчетах выражаются как функция глубины грунтовых вод, т. е. $W_n^{\text{общ}} = f(H)$. Значения их, соответствующие заданным глубинам грунтовых вод, определяются по таблицам, составленным для толщи почвогрунтов 4,5–5,0 м с использованием формулы И. А. Енгулатова [7], м³/га:

$$W_n = (4,5 \cdot n - h_n \cdot A \cdot \sqrt[3]{H}) 10000,$$

где n – пористость;

h_n – уровень грунтовых вод в начале вегетационного периода, м;

A – параметр, характеризующий проницаемость почвогрунтов (для однородных суглинистых грунтов $A = 0,11$, тяжелых – $0,12$, слоистых – $0,15$);

H – глубина грунтовых вод, м.

При расчетах общего водного баланса мелиорируемой территории принимаются удельные значения элементов, отнесенные к валовой площади рассматриваемого контура.

Для прогноза минерализации поверхностного слоя грунтовых вод необходимо составить баланс грунтовых вод, водно-солевые балансы зоны аэрации мелиорируемой территории и поверхностного слоя грунтовых вод.

Баланс грунтовых вод, м³/га:

$$\Delta W_{гр} = \Delta h \sigma 10^4 = \Phi_{МК} + \Phi_{МХ} + \alpha \Phi_{ВХ} \pm g + \underline{\Pi} - \underline{Q} \pm P - D_{Г} - D_{В}.$$

Водный баланс зоны аэрации, м³/га:

$$W_{К}^a - W_{Н}^a = O_c + O_p + (1 - \alpha) \Phi_{ВХ} - ET_{В} - C \pm g.$$

Солевой баланс зоны аэрации, т/га:

$$C_{К}^a - C_{Н}^a = CO_p + C_{(1-\alpha)} \Phi_{ВХ} - C_c \pm C_g.$$

Солевой баланс поверхностного слоя грунтовых вод, т/га:

$$C_{К}^Г - C_{Н}^Г = C_{\alpha} \cdot \Phi_{ВХ} \pm C_g - C_q \pm C_d \pm C_z,$$

где $\Delta W_{гр} = \Delta h \sigma 10^4$ – изменение запасов грунтовых вод за расчетный период, м³/га;

$\Delta H = H_{К}^a - H_{Н}^a$ – изменение уровня грунтовых вод за расчетный период, м³/га;

σ – коэффициент водоотдачи при снижении уровня грунтовых вод или недостатка насыщения при их подъеме;

$W_{К}^a - W_{Н}^a$ – начальные запасы влаги в зоне аэрации, м³/га;

α – доля фильтрации из каналов, поступающая на питание грунтовых вод;

q – водообмен между зоной аэрации и грунтовыми водами, м³/га;

g – отток грунтовых вод из расчетного поверхностного слоя в нижележащие, м³/га;

$C_{К}^Г - C_{Н}^Г$ – содержание солей в зоне аэрации в начале и конце расчетного периода, т/га;

$CO_p, C_{(1-\alpha)} \Phi_{ВХ}, C_g, C_q$ – содержание солей в соответствующих элементах водного баланса, т/га;

$C_d \pm C_z$ – диффузионный и адсорбционный солеобмен между расчетным слоем грунтовых вод и соседними слоями, т/га.

Солевой баланс поверхностного слоя грунтовых вод составляется с использованием методического подхода, рекомендованного Н. И. Парфеновой и несколько видоизмененного нами применительно к условиям решаемой задачи [1, 5, 6]; при прогнозе минерализации грунтовых вод принимается, что сосредоточенная фильтрация из постоянно действующих магистральных и межхозяйственных каналов, обуславливая повышение уровня грунтовых вод, не вызывает их разбавления, т/га:

$$C_{Н}^a = H_{К}^a \cdot \rho \cdot S_{Н}^a \cdot \varphi \cdot 100,$$

где $S_{Н}^a$ – начальное содержание солей в почвогрунтах зоны аэрации в процентах от веса сухого грунта;

ρ – объемная масса почвогрунтов зоны аэрации, т/м³;

φ – коэффициент перехода водных вытяжек на исходные расчетные запасы солей, по данным П. С. Панина, изменяется от 1,1 для хлоридных до 1,41 для сульфатных почв [5].

Вынос солей из зоны аэрации инфильтрационными водами $\pm g$ определяется по формуле П. С. Панина, видоизмененной Н. Н. Ходжибаевым и В. Г. Самойленко [9], т/га:

$$C_g = C^a \left(1 - \frac{1}{\exp \frac{K_a}{\gamma}} \right),$$

где γ – постоянная вымывания, значения которой изменяются от 1,5 для хлоридных до 4,25 для сульфатных почв;

K_a – кратность водообмена в почвогрунтах зоны аэрации. Так как объем инфильтрации ($\pm g$) устанавливается непосредственно из водно-балансовых расчетов, то K_a можно определить как:

$$K_a = \frac{g}{hm_\alpha \cdot 10^4},$$

где h – уровень грунтовых вод, м;

m_α – активная пористость почвогрунтов зоны аэрации в долях единицы.

В случае подпитывания зоны аэрации грунтовыми водами, т/га:

$$C_g = 10^{-30} \cdot g_1 \cdot \mu_\Gamma^{\text{ПВ}},$$

где $\mu_\Gamma^{\text{ПВ}}$ – средняя минерализация грунтовых вод за расчетный период, г/л.

В условиях близкого залегания уровня грунтовых вод роль C_d и C_z в формировании их минерализации невелика. Гидрохимический режим при этом формируется в основном за счет эвапотранспирации грунтовых вод и инфильтрации с полей орошения [10].

Содержание солей в зоне аэрации на конец расчетного периода определяется как, т/га:

$$C_K^a = C_H^a \pm C_g + C_{op} + C_{(1-\alpha)} \Phi_{в/х} + C_{ВКДС} - C_{\Pi}.$$

В связи с тем, что во внутригодовом разрезе минерализация и глубина грунтовых вод подвержены значительным колебаниям, расчетная мощность (H_0) поверхностного слоя грунтовых вод принимается равной 1,0 м.

Отток грунтовых вод из расчетного слоя (g) в нижележащие слои определяется следующим образом:

а) при подъеме уровня грунтовых вод, м³/га:

$$g = \alpha \cdot \Phi_{в/х} \pm q - (\Delta W_{\text{гр}} - \Phi_{\text{мг}} - \Phi_{\text{м/х}});$$

б) при спаде уровня грунтовых вод, м³/га:

$$g = \alpha \cdot \Phi_{в/х} \pm q;$$

в) при $\alpha \cdot \Phi_{в/х} < |q|$ $q = 0$.

Элементы солевого баланса поверхностного слоя грунтовых вод рассчитываются по формулам:

$$C_H^\Gamma = H_0 \cdot S_H^\Gamma \cdot \rho \cdot \varphi \cdot 100, \text{ т/га,}$$

$$C_q = C_H^\Gamma \cdot 1 - \frac{1}{\exp \frac{K_0}{\gamma}}, \text{ т/га,}$$

$$K_0 = \frac{q}{H_0 \cdot m_\alpha \cdot 10000},$$

$$C_K^\Gamma = C_H^\Gamma - C_{\alpha\Phi\text{в/х}} \pm C_g - C_q, \text{ т/га,}$$

$$S_K^\Gamma = \frac{C_K^\Gamma}{H_0 \cdot \rho \cdot \varphi \cdot 100}, \text{ т/га,}$$

$$\mu_K^\Gamma = \frac{S_K^\Gamma}{\theta},$$

где S_H^Γ, S_K^Γ – начальное и конечное содержание солей в почвогрунтах расчетного слоя грунтовых вод, % от веса сухого грунта;

θ – коэффициент перерасчета содержания солей в почвогрунтах (%) для выражения минерализации грунтовых вод, г/л.

Прогноз солевого режима зоны аэрации и корнеобитаемого слоя сельскохозяйственных растений производится следующим образом. Составляются водно-солевые балансы зоны аэрации орошаемого поля:

$$\Delta W^a = O_c + O_p^1 - C^1 - ET_n \pm q^1, \text{ м}^3/\text{га,}$$

$$\Delta C_a^1 = C_{op}^1 - C_c^1 \pm C_q^1, \text{ т/га.}$$

При составлении водно-солевого баланса почвогрунтов корнеобитаемого слоя мощность его (H_{kc}) в течение вегетационного периода разная в зависимости от фазы развития растений.

Уравнение солевого баланса корнеобитаемого слоя имеет вид, т/га:

$$C_{KC}^K - C_{KC}^H = \pm C_q^1 + C_{op}^1 - C_c^1,$$

где C_{KC}^K, C_{KC}^H – конечное и начальное содержание солей в корнеобитаемом слое;

$\pm C_q^1$ – солеобмен корнеобитаемого слоя с нижележащими;

при инфильтрации:

$$q^1 = O_c + O_p^1 - C^1 - ET_n - H_{ko}(n - W_{kc}) \cdot 10000,$$

а при восходящем токе влаги $q^1 = g^1$.

В случае нисходящих токов через зону аэрации перенос солей инфильтрационными водами в нижележащие слои определяется как, т/га:

$$-C_q^1 = C_{kc}^H \left(1 - \frac{1}{\exp \frac{K_{kc}}{j}}\right),$$

где K_{kc} – кратность водообмена в почвогрунтах корнеобитаемого слоя:

$$K_{kc} = \frac{O_c - O_p^1 - C^1 - ET_n - H_{kc}(n - W_{kc}) \cdot 10000}{H_{kc}(n - W_{kc}) \cdot 10000}.$$

Перенос же солей восходящими токами влаги по капиллярам в корнеобитаемый слой определяется как, т/га:

$$+ C_q^1 = 0,001 \cdot \mu_{\text{BT}}^k \cdot g^1,$$

$$\mu_{\text{BT}}^k = \frac{C_{\text{Ha-Hkc}}^{\text{H}} - 0,001 \cdot q^1 \cdot (\mu_{\text{BT}}^{\text{H}} - \mu^{\Gamma}) \cdot \delta}{(H_a - H_{\text{kc}}) \cdot W_{\text{Ha-Hkc}} \cdot 10000},$$

$$\mu_{\text{BT}}^{\text{H}} = \frac{C_{\text{Ha-Hkc}} \cdot \delta}{(H_a - H_{\text{kc}}) \cdot W_{\text{Ha-Hkc}} \cdot 10000},$$

где μ_{BT}^k , $\mu_{\text{BT}}^{\text{H}}$ – минерализация восходящего тока влаги, подпитывающей корнеобитаемый слой, в конце и начале расчетного периода, г/л;

$C_{\text{Ha-Hkc}}^{\text{H}}$ – содержание солей в почвогрунтах в промежутке от уровня грунтовых вод до корнеобитаемого слоя;

$W_{\text{Ha-Hkc}}$ – влажность почвы в промежутке от уровня грунтовых вод до корнеобитаемого слоя;

δ – коэффициент перерасчета от содержания солей в почвогрунтах к минерализации почвенного раствора. По П. С. Панину, значение его изменяется от 0,820 для хлоридных до 0,535 для сульфатных почв [5].

Концентрация почвенного раствора корнеобитаемого слоя, исходя из степени засоления его, определяется как, т/га:

$$\mu_{\text{kp}} = \frac{C_{\text{kc}} \cdot \delta}{H_{\text{kc}} \cdot W_{\text{kc}} \cdot 10000}.$$

Результаты и обсуждение. Предлагаемая методология заключается в усовершенствованных методиках принятия научно обоснованных управленческих решений по основным мерам воздействия на водно-солевой режим орошаемых земель, техническое состояние и эксплуатационную надежность дренажных систем с помощью ремонтно-восстановительных работ, а также в разработанных технологических принципах создания информационной системы. Использование данного метода позволяет оценить мелиоративное состояние территорий, выбранных в качестве объекта исследования, и рекомендовать меры, которые необходимо применить, выбрав варианты мероприятий в компьютерной программе, для улучшения состояния орошаемых территорий. Необходимо также подчеркнуть, что этот метод является наиболее подходящим для реального анализа мелиоративного состояния орошаемых земель.

Выводы. Данная методика может быть использована при расчетном обосновании режима орошения сельскохозяйственных культур и планировании мероприятий по эксплуатации оросительных и дренажных систем. Также возможен расчет водно-солевого баланса сельскохозяйственных культур в вегетационный и «невегетационный» периоды, коэффициента дренированности мелиоративного участка, промывного режима орошения участка, уровня водообеспеченности.

Список источников

1. Методические рекомендации по прогнозу режима уровня и минерализации грунтовых вод в условиях орошения / сост.: В. А. Барон, Н. И. Парфенова; М-во геологии СССР, ВСЕГИНГЕО. М., 1973. 103 с.

2. Икрамов Р. К. Принципы управления водно-солевым режимом орошаемых земель Средней Азии в условиях дефицита водных ресурсов. Ташкент: Гидроингео, 2001. 191 с.

3. Ковда В. А. Основы учения о почвах. М.: Наука, 1975. Кн. 1. 446 с.
4. Минашина Н. Г. Критический солевой режим орошаемых почв и дренажа грунтовых вод под хлопчатником // Почвоведение. 1970. № 1. С. 12–18.
5. Панин П. С. Процессы солеотдачи в промывных толщах почв. Новосибирск: Наука, 1966. 296 с.
6. Парфенова Н. И. Прогноз минерализации грунтовых вод в районах орошения // Гидротехника и мелиорация. 1982. С. 50–58.
7. Енгулатов И. А. К вопросу расчета запасов влаги в зоне аэрации почвогрунтов // Труды САНИИРИ. Ташкент, 1969. Вып. 119. С. 41–48.
8. Жернов И. Е. Прогноз режима подземных вод на мелиорируемых землях // Материалы межведомственного совещания по мелиоративной гидрогеологии и инженерной геологии. Минск, 1972. Вып. 4. С. 25–32.
9. Ходжибаев Н. Н., Самойленко В. Г. Гидрогеолого-мелиоративные прогнозы. Ташкент: Фан, 1976. 358 с.
10. Щебеко В. Ф., Закржевский П. И., Брагилевский З. А. Гидрогеологические расчеты при проектировании осушительных и осушительно-увлажнительных систем. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 312 с.

References

1. Baron V.A., Parfenova N.I., 1973. *Metodicheskie rekomendatsii po prognozu rezhima urovnya i mineralizatsii gruntovykh vod v usloviyakh orosheniya* [Guidelines for Forecasting the Regime of the Level and Mineralization of Groundwater under Irrigation]. Ministry of Geology of the USSR, VSEGINGEO, Moscow, 103 p. (In Russian).
2. Ikramov R.K., 2001. *Printsipy upravleniya vodno-solevym rezhimom oroshaemykh zemel' Sredney Azii v usloviyakh defitsita vodnykh resursov* [Principles of Water-Salt Regime Management in Irrigated Lands of Central Asia during the Water Scarcity]. Tashkent, Gidroingeo, 191 p. (In Russian).
3. Kovda V.A., 1975. *Osnovy ucheniya o pochvakh* [Fundamentals of Soil Study]. B. 1, Moscow, Nauka Publ., 446 p. (In Russian).
4. Minashina N.G., 1970. *Kriticheskiy solevoy rezhim oroshaemykh pochv i drenazha gruntovykh vod pod khlopchatnikom* [The critical salt regime of irrigated soils and drainage of groundwater under cotton]. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], no. 1, pp. 12-18. (In Russian).
5. Panin P.S., 1966. *Protsessy soleotdachi v promyvnykh tolshchakh pochv* [The Salt-Release Processes in Leached Soil Strata]. Novosibirsk, Nauka Publ., 296 p. (In Russian).
6. Parfenova N.I., 1982. *Prognoz mineralizatsii gruntovykh vod v rayonakh orosheniya* [Forecast of groundwater mineralization in irrigation areas]. *Gidrotekhnika i melioratsiya* [Hydrotechnics and Land Reclamation], pp. 50-58. (In Russian).
7. Engulatov I.A., 1969. *K voprosu rascheta zapasov vlagi v zone aeratsii pochvo-gruntov* [On issue of calculating the moisture reserves in the soil aeration zone]. *Trudy SANIIRI* [Proc. of SANIIRI]. Tashkent, iss. 119, pp. 41-48. (In Russian).
8. Zhernov I.E., 1972. *Prognoz rezhima podzemnykh vod na melioriruyemykh zemlyakh* [Forecast of the groundwater regime on reclaimed lands]. *Materialy mezhdromstvennogo soveshchaniya po meliorativnoy gidrogeologii i inzhenernoy geologii* [Proc. of the Interdepartmental Meeting on Reclamation Hydrogeology and Engineering Geology]. Minsk, iss. 4, pp. 25-32. (In Russian).
9. Khodzhibaev N.N., Samoylenko V.G., 1976. *Gidrogeologo-meliorativnye prognozy* [Hydrogeological and Reclamation Forecasts]. Tashkent, Fan Publ., 358 p. (In Russian).
10. Shchebeko V.F., Zakrzhevsky P.I., Bragilevsky Z.A., 1980. *Gidrogeologicheskie*

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 1(89).

Ways of increasing the efficiency of irrigated agriculture. 2023. № 1(89).

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

THE ROLE OF LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT
IN ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

raschety pri proektirovanii osushitel'nykh i osushitel'no-uvlazhnitel'nykh sistem [Hydrogeological Calculations in the Design of Drainage and Drainage-Wetting Systems]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 312 p. (In Russian).

Информация об авторах

Р. К. Икрамов – главный научный сотрудник, доктор технических наук, профессор;

С. М. Гаппаров – старший научный сотрудник, доктор философии (PhD) по техническим наукам;

З. Т. Джумаев – старший научный сотрудник, доктор философии (PhD) по техническим наукам;

А. А. Утаев – старший научный сотрудник, доктор философии (PhD) по техническим наукам.

Information about the authors

R. K. Ikramov – Chief Researcher, Doctor of Technical Sciences, Professor;

S. M. Gapparov – Senior Researcher, Doctor of Philosophy (PhD) in Technical Sciences;

Z. T. Djumaev – Senior Researcher, Doctor of Philosophy (PhD) in Technical Sciences;

A. A. Utaev – Senior Researcher, Doctor of Philosophy (PhD) in 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 06.02.2023; одобрена после рецензирования 01.03.2023; принята к публикации 22.03.2023.

The article was submitted 06.02.2023; approved after reviewing 01.03.2023; accepted for publication 22.03.2023.

Обзорная статья
УДК 626.823.914

К вопросу надежности и ремонта бетонных облицовок оросительных 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: обобщение расчетных зависимостей для определения допустимого коэффициента фильтрации облицовки канала с заданной надежностью и вероятностью безотказной работы, а также обоснование конструктивно-технологического решения для ремонта трещин бетонных облицовок полимерными материалами. **Материалы и методы.** Материалами к исследованию послужили труды российских ученых в области теории надежности, ремонта и реконструкции сооружений мелиоративных систем. **Результаты.** Представлены расчетные зависимости для определения значения осредненного коэффициента фильтрации, а также отказа облицовки канала. Наряду с этим приведены зависимости, позволяющие определить характеристики надежности облицовки. Предложены зависимости для определения ширины и глубины разделки паза, используемые при восстановлении водонепроницаемости бетонных облицовок, а также их схемы для восстановления водонепроницаемости полимерными материалами. **Выводы.** Обобщены расчетные зависимости для определения осредненных значений коэффициента фильтрации бетонных, бетоноплочных и железобетонных противофильтрационных облицовок каналов с заданной надежностью и вероятностью безотказной работы при определенном сроке эксплуатации канала. Приведены зависимости для определения ширины и глубины разделки ремонтного паза для восстановления водонепроницаемости трещин в облицовках каналов, а также схемы профилей разделки паза по трещинам для восстановления их водонепроницаемости полимерными герметизирующими материалами.

Ключевые слова: надежность, коэффициент фильтрации, реконструкция, бетонная облицовка, деформационный шов, противофильтрационная защита, водонепроницаемость, канал

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия» (г. Новочеркасск, 28 февраля 2023 г.).

Для цитирования: Гарбуз А. Ю. К вопросу надежности и ремонта бетонных облицовок оросительных каналов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 1(89). С. 179–187.

Review article

On issue of reliability and repair of concrete lining of irrigation canals

Aleksandr Yu. Garbuz

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

Abstract. Purpose: to generalize the calculated dependencies for determining the allowable filtration coefficient of canal lining with a given reliability and probability of failure-

free operation, as well as to substantiate the design and technological solution for repairing cracks in concrete linings with polymeric materials. **Materials and methods.** The materials for the study were the works of Russian scientists in the field of theory of reliability, repair and reconstruction of reclamation systems structures. **Results.** Calculated dependencies to determine the value of the average filtration coefficient, as well as the failure of the canal lining are presented. Along with this, the dependencies allowing determining the characteristics of lining reliability are given. Dependences for determining the width and depth of the groove cutting used in restoring the water impermeability of concrete linings, as well as their schemes for restoring the impermeability of polymeric materials are proposed. **Conclusions.** The calculated dependences for determining the average values of the filtration coefficient of concrete, concrete-film and reinforced concrete impervious linings of canals with a given reliability and probability of failure-free operation for a certain period of canal operation are generalized. The dependences for determining the width and depth of the repair groove to restore the water impermeability of cracks in canal linings, as well as the schemes of groove cutting profiles along cracks to restore their water impermeability with polymeric sealing materials are given.

Keywords: reliability, filtration coefficient, reconstruction, concrete lining, expansion joint, impervious protection, water impermeability, canal

Evaluation of the research results: the main provisions of the article were reported at the All-Russian scientific and practical conference “The role of land reclamation and water management in ensuring the sustainable development of agriculture” (Novocherkassk, February 28, 2023).

For citation: Garbuz A. Yu. On issue of reliability and repair of concrete lining of irrigation canals. *Ways of increasing the efficiency of irrigated agriculture*. 2023;1(89): 179–187. (In Russ.).

Введение. В процессе длительной эксплуатации бетонные и железобетонные покрытия, и в частности облицовки каналов мелиоративных систем, подвержены влиянию многочисленных факторов, которые в значительной степени негативно сказываются на их противofiltrационных свойствах [1].

Тот факт, что эксплуатация оросительных каналов и гидротехнических сооружений на них осуществляется в достаточно агрессивной среде, сказывается на характеристиках водонепроницаемости, морозостойкости, химической стойкости их противofiltrационных элементов [2].

Исследованиями таких элементов мелиоративных сооружений занимался целый ряд отечественных ученых, а именно: А. Г. Алимов [3], А. В. Ищенко [1], Ю. М. Косиченко [4–6], С. В. Сольский [7], О. А. Баев [8] и др. [9].

Снижение потерь воды на каналах и водоемах подразумевает проведение модернизации систем водоподдачи, восстановление и устройство противofiltrационных облицовок, выполнение реконструкции оросительной сети и расположенных на ней сооружений с применением современных материалов и технологий [10].

В этой связи целью настоящих исследований являлось обобщение расчетных зависимостей для определения допускаемого коэффициента фильтрации облицовки канала с заданной надежностью и вероятностью безотказной работы, а также обоснование конструктивно-технологического решения для ремонта трещин бетонных облицовок полимерными материалами.

Материалы и методы. Материалами к исследованию послужили труды российских ученых в области теории надежности, ремонта и реконструкции сооружений мелиоративных систем.

Результаты и обсуждение. Основным и оптимальным критерием обеспечения противофильтрационной защиты русел открытых оросительных каналов является надежность, которая гарантирует полноценную функциональную работу сооружения при его постоянной эксплуатации [2]. При выборе противофильтрационной защиты на оросительных каналах имеет значение обоснование ее наиболее эффективной и экономичной конструкции применительно к конкретному участку с учетом гидрогеологических и климатических условий местности, что обуславливает безаварийное функционирование всей системы. Основным параметром, который обеспечивает максимальную надежность применяемой конструкции облицовки, является коэффициент фильтрации.

При определении значения коэффициента фильтрации облицовки $K'_{обл}$, м/сут, следует использовать следующую зависимость [11]:

$$K'_{обл} = \frac{q_{обл} \cdot \delta_o}{(h_0 + \delta_o) \cdot F_o},$$

где $q_{обл}$ – фильтрационный расход через облицовку, м³/сут, определяемый как:

$$q_{обл} = \sum_{i=1}^n q_{oi},$$

где n – количество повреждений и дефектов, шт.;

q_{oi} – единичный фильтрационный расход через отдельные повреждения и дефекты противофильтрационной облицовки, м³/сут;

δ_o – толщина облицовки, м;

h_0 – глубина воды в канале, м;

F_o – площадь облицовки канала, м².

Условие противофильтрационной надежности представим в следующем виде:

$$\varphi(K'_{обл}) = K'_{обл, доп} - K'_{обл} > 0,$$

где $K'_{обл, доп}$ – допускаемое значение коэффициента фильтрации для соответствующего типа облицовки, м/с.

Коэффициент фильтрации для монолитной бетоноплочной облицовки на проливаемом основании канала определяется из выражения [11]:

$$K'_{обл} = \pi K_o \frac{\delta_o}{F_o} \cdot \frac{n \cdot \bar{l}_{ш}}{\ln(16\delta_o/\pi m)} \cdot (K/K_o > 0);$$

- для сборной бетоноплочной облицовки [11]:

$$K'_{обл} = \frac{\pi \cdot K \cdot n \cdot (h_0 + \delta_o + H_k) \cdot \delta_o \cdot \bar{l}_{ш}}{(h_0 + \delta_o) \cdot F_o \cdot Arsh(1/\sqrt{\alpha - 1})};$$

- для бетонных и железобетонных облицовок (для трещин с шероховатыми стенками при ламинарном режиме движения воды) [11]:

$$K'_{обл} = \frac{\gamma}{12\mu F_o} \cdot \frac{\bar{\delta}_{тр}^3 \cdot l_{тр}}{1 + 6 \cdot \left(\frac{\bar{e}}{\bar{\delta}_{тр}} \right)^{1,5}},$$

где π – математическая постоянная;

K_o – коэффициент фильтрации защитного слоя, м/сут;

$\bar{l}_{ш}$, m – средняя длина и ширина повреждения (щели) в противодиффузионном пленочном экране, м;

K – коэффициент фильтрации подстилающего основания, м/сут;

H_k – капиллярный вакуум грунта, м;

α – параметр, определяемый из уравнения вида [12]:

$$F_1(\alpha) = \frac{m}{(h_0 + H_k)};$$

γ – удельный вес воды, кг/м³;

μ – коэффициент динамической вязкости воды, кг·с/м²;

$\bar{\delta}_{тр}$ – средняя ширина раскрытия повреждения (трещины), м;

$l_{тр}$ – длина трещины, м;

\bar{e} – средняя высота выступа шероховатости, м;

$\delta_{тр}$ – ширина раскрытия повреждения (трещины), м.

Учитывая, что изменение осредненного коэффициента фильтрации облицовки ($K'_{обл}$) подчиняется нормальному закону Гаусса, для определения его значения найдем средний уровень допускаемой величины ν по зависимости [11]:

$$\nu = \frac{\nu_{K'_{обл}} \cdot \sigma_{K'_{обл}}}{\sqrt{\sigma_{K'_{обл}}^2 + \sigma_{K'_{обл,доп}}^2}} \cdot \exp\left[\frac{-(K'_{обл,доп} - \bar{K}'_{обл})^2}{2 \cdot (\sigma_{K'_{обл}}^2 + \sigma_{K'_{обл,доп}}^2)}\right], \quad (1)$$

где $\nu_{K'_{обл}}$ – частота выброса коэффициента фильтрации облицовки, определяемая по выражению вида [11]:

$$\nu_{K'_{обл}} = \frac{N_0}{\tau},$$

где N_0 – среднее число нулей случайного процесса $\varphi(K'_{обл})$ за время τ , определяется путем подсчета числа пересечений кривой среднего уровня коэффициента фильтрации облицовки $K'_{обл}$;

$\sigma_{K'_{обл}}$ – среднеквадратическое отклонение коэффициента фильтрации облицовки, %;

$\sigma_{K'_{обл,доп}}$ – среднеквадратическое отклонение допускаемого значения коэффициента фильтрации для соответствующего типа облицовки, м/с;

$\bar{K}'_{обл}$ – среднее значение коэффициента фильтрации облицовки, м/сут.

Считается, что выброс коэффициента фильтрации облицовки за средний уровень – случайное и достаточно редкое событие, примем его распределение по закону Пуассона. Отсюда следует, что вероятность P появления n' превышений уровня $K'_{обл,доп}$ за время τ можно представить в виде зависимости:

$$P = \frac{(\nu\tau)^{n'} e^{-\nu\tau}}{n'!}. \quad (2)$$

Отказ облицовки канала (превышение осредненного коэффициента фильтрации допускаемого значения) будет исключен при $n' = 0$, следовательно, из выражения (2) получаем:

$$P = e^{-\nu\tau}. \quad (3)$$

Решая уравнения (1) и (3) совместно, получим:

$$K'_{\text{обл}} = \frac{K'_{\text{обл.доп}}}{1 + \frac{\sqrt{\sigma_{K'_{\text{обл}}}^2 + \sigma_{K'_{\text{обл.доп}}}^2}}{K'_{\text{обл}}} \cdot \sqrt{-2 \ln \left(\frac{-\ln P}{\gamma_0 \cdot \tau \cdot \bar{v}_{K'_{\text{обл}}}} \right)}},$$

где γ_0 – плотность воды, кг/см³;

$\bar{v}_{K'_{\text{обл}}}$ – средняя частота выброса коэффициента фильтрации облицовки.

С учетом преобразований для характеристики надежности облицовки получаем выражение:

$$\eta_{\text{н}} = 1 + \frac{\sqrt{\sigma_{K'_{\text{обл}}}^2 + \sigma_{K'_{\text{обл.доп}}}^2}}{K'_{\text{обл}}} \cdot \sqrt{-2 \ln \left(\frac{-\ln P}{\gamma_0 \cdot \tau \cdot \bar{v}_{K'_{\text{обл}}}} \right)},$$

$$\gamma_0 = \frac{\sigma_{K'_{\text{обл}}}}{\sqrt{\sigma_{K'_{\text{обл}}}^2 + \sigma_{K'_{\text{обл.доп}}}^2}}.$$

Из вышеизложенного следует, что зависимость для определения расчетного допускаемого коэффициента фильтрации облицовки с заданной вероятностью P будет иметь следующий вид:

$$K'_{\text{обл}}(P) = \frac{K'_{\text{обл.доп}}}{\eta_{\text{н}}}.$$

Представленные формулы дают возможность определить допускаемый коэффициент фильтрации облицовки канала с заданной надежностью и вероятностью безотказной работы P при сроке эксплуатации канала τ и числе выбросов $\bar{v}_{K'_{\text{обл}}}$. Принимая достаточно высокое значение вероятности безотказной работы облицовки $P = 0,99$, можно определить допускаемый коэффициент фильтрации, при котором фильтрационные потери (вследствие водопроницаемости) сократятся до минимальных значений. С учетом этого обеспечивается сохранение высоких противofiltrационных свойств защитного покрытия на весь период эксплуатации канала.

Определение расчетных допускаемых значений осредненных коэффициентов фильтрации бетонных, железобетонных, бетоноплочных облицовок способствует обеспечению контроля их противofiltrационной эффективности [13]. Для безаварийного функционирования оросительных каналов мелиоративных систем в течение продолжительного периода эксплуатации следует своевременно проводить текущие или капитальные ремонты противofiltrационных облицовок, так как они со временем разрушаются, на их поверхности образуются различные дефекты в виде трещин, сколов, выбоин, коррозии и шелушения бетона, что значительно снижает эффективность их работы [14].

Ширина ремонтного паза B_p , м, в облицовке определяется по следующей зависимости:

$$B_p = \frac{\Delta b \cdot 100}{K \cdot \varepsilon},$$

где Δb – ширина раскрытия трещины, м;

K – коэффициент, учитывающий уменьшение показателей физико-механических характеристик герметиков в период их работы, $K = 0,1$;

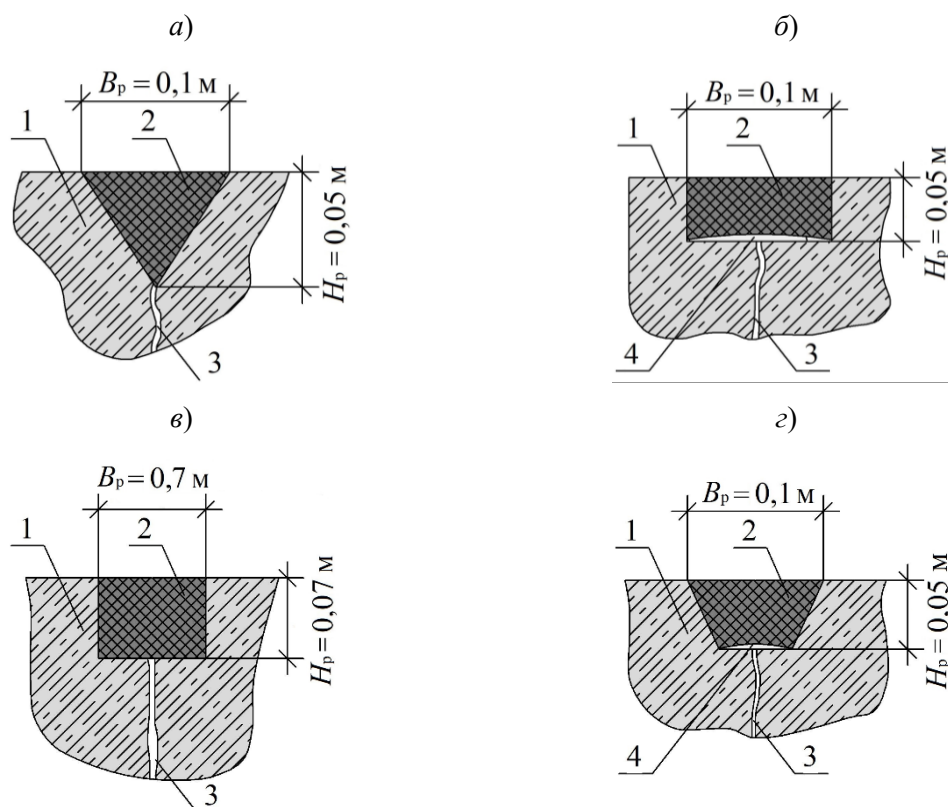
ε – величина деформирования герметиков, %.

Глубина ремонтного паза H_p , м, принимается с учетом сохранности полимерных материалов от внешних воздействий и условий их укладки в паз по выражению:

$$H_p \approx 0,7B_p.$$

На основании анализа работоспособности полимерных ремонтных композиций (ПРК) устанавливается возможность их применения для условий эксплуатации каналов и гидромелиоративных объектов. При этом выполнен анализ следующих характеристик: цикличность изменения ширины трещин и швов, максимальная величина ε при низких температурах, постоянное воздействие воды и уменьшение относительных деформаций (на 50–100 %) в зоне образования трещин и повреждений.

Для пассивной трещины ширину ремонтного паза B_p устанавливают по фактической ширине раскрытия и удобству проведения работ, а высота паза H_p должна приниматься по ширине паза. Для ремонта бетонной облицовки необходимо произвести заделку паза по трещине. Исходя из вышесказанного представлено четыре профиля разделки паза по трещине (рисунок 1).



a – треугольная; *б* – прямоугольная (с противадгезионным слоем); *в* – прямоугольная (без противадгезионного слоя); *г* – трапециевидальная с противадгезионным слоем;

1 – железобетонная конструкция; 2 – герметизирующий материал;

3 – трещина в железобетонной конструкции; 4 – противадгезионный слой

Рисунок 1 – Схемы профилей разделки паза по трещинам

Figure 1 – Schemes of groove cutting profiles along cracks

Условия применения предлагаемых схем разделки повреждений в виде трещин варьируются в зависимости от условий эксплуатации канала и подразделяются по следующим показателям:

- разделка паза по схеме *a* выполняется на участках с наиболее высокими напряжениями конструкций;
- разделка паза по схеме *б* принимается за базовый профиль, как наиболее простой в исполнении;
- разделка паза по схеме *в* выполняется по требованиям касательных напряжений;
- разделка паза *г* характеризуется наиболее низкими напряжениями в сечении конструкций.

В качестве базового профиля разделки трещин возьмем схему *б* как наиболее простую в выполнении. При заполнении полимерным материалом (герметиком) разделки паза в условиях низких температур воздуха значение V_p будет максимальным, что скажется положительно на напряженном состоянии.

Выводы

1 Обобщены расчетные зависимости для определения значений коэффициента фильтрации бетонных, бетоноплочных и железобетонных противофильтрационных облицовок каналов с заданной надежностью и вероятностью безотказной работы при определенном сроке эксплуатации канала.

2 Приведены зависимости для определения ширины и глубины разделки ремонтного паза с целью восстановления водонепроницаемости трещин в облицовках каналов, а также схемы профилей разделки паза по трещинам для восстановления их водонепроницаемости полимерными герметизирующими материалами.

Список источников

1. Ищенко А. В. Повышение эффективности и надежности противофильтрационных облицовок оросительных каналов. Ростов н/Д.: Изд-во журн. «Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион», 2006. 212 с.

2. Ольгаренко В. И., Ольгаренко Г. В., Рыбкин В. Н. Эксплуатация и мониторинг мелиоративных систем. Коломна, 2006. 391 с.

3. Алимов А. Г. Противофильтрационная защита канала и водоемов // Гидротехническое строительство. 2008. № 4. С. 36–41.

4. Косиченко Ю. М., Бородин В. А., Ищенко А. В. Инструкция по расчету водопроницаемости и эффективности противофильтрационных облицовок каналов / Союзгипроводхоз, ЮжНИИГиМ. М., 1984. 72 с.

5. Косиченко Ю. М., Баев О. А. Теоретическая оценка водопроницаемости противофильтрационной облицовки нарушенной сплошности // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2014. № 3(178). С. 68–74.

6. Основные принципы и методы эксплуатации магистральных каналов и сооружений на них: монография / под общ. ред. В. Н. Щедрина. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. 361 с.

7. Сольский С. В., Быковская С. А. Анализ основных причин нарушений противофильтрационных элементов из геомембран на гидротехнических сооружениях // Гидротехническое строительство. 2021. № 2. С. 33–40.

8. Косиченко Ю. М., Баев О. А. Рекомендации по применению геосинтетических материалов для противофильтрационных экранов каналов, водоемов и накопителей / ФГБНУ «РосНИИПМ». Новочеркасск, 2015. 64 с. Деп. в ВИНТИ 12.01.15, № 1-В2015.

9. Защитные покрытия оросительных каналов / В. С. Алтунин [и др.]. М.: Агропромиздат, 1988. 160 с.

10. Гарбуз А. Ю. Ремонт повреждений облицовок длительно работающих каналов с использованием полимерных композиций // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2015. № 2(58). С. 33–39.

11. Мирцхулава Ц. Е. О надежности крупных каналов. М.: Колос, 1981. 318 с.

12. Косиченко Ю. М., Баев О. А. Противофильтрационные покрытия из геосинтетических материалов. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. 239 с.

13. Косиченко Ю. М., Иовчу Ю. И. Критерии эксплуатационной надежности оросительных каналов // Природообустройство. 2008. № 1. С. 70–73.

14. Гарбуз А. Ю. К вопросу гидроизоляции трещин длительно работающих облицованных каналов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2016. № 2(62). С. 119–124.

References

1. Ishchenko A.V., 2006. *Povyshenie effektivnosti i nadezhnosti protivofil'tratsionnykh oblitsovok orositel'nykh kanalov* [Improving the Efficiency and Reliability of Impervious Linings of Irrigation Canals]. Rostov-on-Don, Universities Bulletin. North-Caucasian Region. Technical sciences Publ., 212 p. (In Russian).

2. Olgarenko V.I., Olgarenko G.V., Rybkin V.N., 2008. *Ekspluatatsiya i monitoring meliorativnykh system* [Operation and Monitoring of Reclamation Systems]. Kolomna, 236 p. (In Russian).

3. Alimov A.G., 2008. *Protivofil'tratsionnaya zashchita kanala i vodoemov* [Anti-filtration protection of canals and water bodies]. *Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo* [Power Technology and Engineering], no. 4, pp. 36-41. (In Russian).

4. Kosichenko Yu.M., Borodin V.A., Ishchenko A.V., 1984. *Instruktsiya po raschetu vodopronitsaemosti i effektivnosti protivofil'tratsionnykh oblitsovok kanalov* [Instructions for Calculating the Water Permeability and Efficiency of Impervious Linings of Canals]. Soyuzgiprovdokhoz, YuzhNIIGiM, Moscow, 72 p. (In Russian).

5. Kosichenko Yu.M., Baev O.A., 2014. *Teoreticheskaya otsenka vodopronitsaemosti protivofil'tratsionnoy oblitsovki narushennoy sploshnosti* [Theoretical assessment of water permeability of impervious lining of discontinuities]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Seriya: Tekhnicheskie nauki* [Bulletin of Higher Educational Institutions. North Caucasus Region. Technical Sciences], no. 3(178), pp. 68-74. (In Russian).

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

7. Solsky S.V., Bykovskaya S.A., 2021. *Analiz osnovnykh prichin narusheniy anti-filtratsionnykh elementov iz geomembran na gidrotekhnicheskikh sooruzheniyakh* [Analysis of main causes of structural failures in impermeable geomembrane liners of hydraulic structures]. *Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo* [Power Technology and Engineering], no. 2, pp. 33-40. (In Russian).

8. Kosichenko Yu.M., Baev O.A., 2015. *Rekomendatsii po primeneniyu geosinteticheskikh materialov dlya protivofil'tratsionnykh ekranov kanalov, vodoemov i nakopiteley* [Recommendations on the use of geosynthetics for geomembrane canals, ponds and reservoirs]. Novocherkassk, 64 p., deposited in VINITI on 12.01.2015, no. 1-B2015. (In Russian).

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

10. Garbuz A.Yu., 2015. *Remont povrezhdeniy oblitsovok dlitel'no rabotayushchikh kanalov s ispol'zovaniem polimernykh kompozitsiy* [Repair of damage to the lining of long-running canals using polymer compositions]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 2(58), pp. 33-39. (In Russian).

11. Mirskhulava Ts.E., 1981. *O nadezhnosti krupnykh kanalov* [On Reliability of Large Canals]. Moscow, Kolos Publ., 318 p. (In Russian).

12. Kosichenko Yu.M., Baev O.A., 2014. *Protivofil'tratsionnye pokrytiya iz geosinteticheskikh materialov* [Anti-filtration Coatings from Geosynthetic Materials]. Novocheboksaysk, RosNIIPM, 239 p. (In Russian).

13. Kosichenko Yu.M., Iovchu Yu.I., 2008. *Kriterii ekspluatatsionnoy nadezhnosti orositel'nykh kanalov* [Criteria for operational reliability of irrigation canals]. *Prirodobustroystvo* [Environmental Engineering], no. 1, pp. 70-73. (In Russian).

14. Garbuz A.Yu., 2016. *K voprosu gidrozolyatsii treshchin dlitel'no rabotayushchikh oblitsovannykh kanalov* [On issue of waterproofing cracks in long-term lined canals]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 2(62), pp. 119-124. (In Russian).

Информация об авторе

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

Information about the author

A. Yu. Garbuz – 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 20.02.2023; одобрена после рецензирования 31.03.2023; принята к публикации 03.04.2023.

The article was submitted 20.02.2023; approved after reviewing 31.03.2023; accepted for publication 03.04.2023.

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Научная статья
УДК 635.342:631.674.6

Продуктивность капусты белокочанной в зависимости от режима орошения при капельном способе полива

Александр Николаевич Бабичев¹, Денис Юрьевич Котляров²,
Алексей Александрович Бабенко³

^{1,3}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

²Бирючукская овощная селекционная опытная станция – филиал Федерального
научного центра овощеводства, Новочеркасск, Российская Федерация

¹BabichevAN2006@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1146-7530>

²Kotlyarovdu@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7896-0827>

³al.al.al.1980@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7582-4907>

Аннотация. **Цель:** изучение продуктивности капусты белокочанной сорта Слава в зависимости от режима орошения при капельном способе полива. **Материалы и методы.** Исследования проводились на полях БОСОС – филиала Федерального научного центра овощеводства в 2020–2021 гг. Изучались различные варианты поддержания предполивного порога влажности почвы в слое 0–30 см. Почва – обыкновенный среднесиловый чернозем легкосуглинистого состава с содержанием гумуса в пахотном слое 4,15 %; обеспеченность почвы азотом 52–68 мг/кг, подвижным фосфором 31–44 мг/кг, обменным калием 310–390 мг/кг. Реакция почвенного раствора слабощелочная. Агротехнические мероприятия – согласно зональным системам земледелия, предшествующая культура – томат. Удобрения – внесение перед посевом и фертигация (аммиачная селитра, двойной суперфосфат, сульфат калия и «Акварин» (Буйские удобрения)). Применялся рассадный способ с высадкой рассады в первой декаде мая по схеме 60 × 40 см. **Результаты.** Наибольшая средняя урожайность культуры 93,7 т/га была получена при режиме орошения 80-80 % НВ, что выше контроля на 76,8 %. В других вариантах с орошением урожайность также была в среднем выше контроля на 70,0 и 76,0 %. Средняя урожайность за 2 года в вариантах с режимами орошения 80-80 и 80-90 % НВ фактически равна. То есть для получения запланированных урожаев капусты белокочанной наилучшим образом подходит режим орошения 80-80 % НВ, позволяющий при одинаковых оросительных нормах сократить число поливов, увеличив поливную норму. **Выводы.** Использование различных вариантов режимов орошения при возделывании капусты белокочанной с применением капельного способа полива увеличивает урожайность на 70–76,8 %. При различных режимах орошения урожайность варьирует от 90,1 до 94,5 т/га, превосходя вариант без орошения более чем на 70 %. Коэффициент водопотребления в вариантах с орошением при этом изменяется незначительно. Максимальный коэффициент водопотребления отмечается в варианте без орошения во влажный год.

Ключевые слова: капуста белокочанная, капельное орошение, технология возделывания, режимы орошения, поливная норма

Для цитирования: Бабичев А. Н., Котляров Д. Ю., Бабенко А. А. Продуктивность

капусты белокочанной в зависимости от режима орошения при капельном способе полива // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 1(89). С. 188–195.

Original article

The white cabbage productivity depending on the irrigation regime during drip irrigation

Aleksandr N. Babichev¹, Denis Y. Kotlyarov², Alexey A. Babenko³

^{1,3}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novochoerkassk, Russian Federation

²Biryuchekutskaya Vegetable Breeding Experimental Station – branch of the Federal Scientific Center for Vegetable Growing, Novochoerkassk, Russian Federation

¹BabichevAN2006@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1146-7530>

²Kotlyarovdu@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7896-0827>

³al.al.al.1980@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7582-4907>

Abstract. Purpose: to study the white cabbage variety Slava productivity, depending on the irrigation regime by drip irrigation. **Materials and methods.** The research was carried out on the fields of BOSOS – a branch of the Federal Scientific Center for Vegetable Growing in 2020–2021. Various options for maintaining the pre-irrigation sill of soil moisture in the 0–30 cm layer were studied. The soil is an ordinary medium chernozem of light loamy composition with a 4.15 % humus content in the arable layer; soil nitrogen supply is 52–68 mg/kg, soil mobile phosphorus is 31–44 mg/kg, exchangeable potassium is 310–390 mg/kg. The reaction of the soil solution is slightly alkaline. The agrotechnical measures – according to the zonal farming systems, the previous crop is a tomato. Fertilizers – application before sowing and fertigation – are ammonium nitrate, double superphosphate, potassium sulfate and Aquarin (Buysky fertilizers). The seedling method was used with planting seedlings in the first ten days of May according to the scheme 60 × 40 cm. **Results.** The highest average crop yield of 93.7 t/ha was obtained with an irrigation regime of 80-80% minimum water capacity, which is 76.8 % higher than the control. In other variants with irrigation, the yield was also average higher than the control by 70.0 and 76.0 %. The average yield for 2 years in variants with irrigation regimes of 80-80 and 80-90 % is actually equal. That is, to obtain the planned yields of white cabbage, the irrigation mode of 80-80 % minimum water capacity is best suited, which allows, with the same irrigation rates, to reduce the number of irrigations, increasing the irrigation rate. **Conclusions.** The use of various options for irrigation regimes when cultivating white cabbage using drip irrigation increases the yield by 70–76.8 %. Under various irrigation regimes, the yield varies from 90.1 to 94.5 t/ha, exceeding the variant without irrigation by more than 70 %. The coefficient of water consumption in variants with irrigation does not change significantly. The maximum water consumption coefficient is noted in the variant without irrigation in a wet year.

Keywords: white cabbage, drip irrigation, cultivation technology, irrigation regimes, irrigation rate

For citation: Babichev A. N., Kotlyarov D. Y., Babenko A. A. The white cabbage productivity depending on the irrigation regime during drip irrigation. *Ways of increasing the efficiency of irrigated agriculture*. 2023;1(89):188–195. (In Russ.).

Введение. Площадь выращивания капусты белокочанной занимает около 25 % земель, отведенных под возделывание овощных культур. Популярность капусты белокочанной обусловлена холодостойкостью культуры, высокой урожайностью, хорошей

лежкостью и высокой питательной ценностью в совокупности с отменными вкусовыми качествами [1].

Кочан капусты богат различными витаминами группы В, витаминами D, E, P, U, K, а витамин С содержится в таком же количестве, как в цитрусовых. Капуста – источник углеводов, в частности сахаров, присутствие которых определяет пригодность продукции к квашению. В капусте в большом количестве находятся соли калия, а также кальция, магния, фосфора, цинка, железа [2].

Применение капусты белокочанной в кулинарии отмечается большим разнообразием: употребляют в свежем виде, варят, маринуют, солят, заквашивают, фаршируют, запекают и тушат. Из нее делают котлеты, супы, борщи, пироги, вареники, голубцы и блинчики, едят в салатах. Она является одной из лучших и полезных заготовок на зиму. Согласно данным Института питания Академии медицинских наук России, рекомендуемая среднегодовая норма потребления капусты белокочанной – 40 кг [3].

Овощи семейства крестоцветных, особенно капуста, являются отличной составляющей рациона для людей, страдающих диабетом; присутствующие в капусте питательные вещества оптимизируют приток крови к мозгу; витамин К нормализует обмен веществ и работу печени; пищевые волокна выводят из организма холестерин, предотвращают образование желчных камней.

Ростовская область из-за своих почвенно-климатических условий является одним из лидеров в РФ по количеству производимых овощей, большая часть которых возделывается в Приазовской зоне, объединяющей в себе восемь районов области.

Из-за длительных засушливых промежутков в период вегетации сельскохозяйственных культур стабильная урожайность овощной продукции высокого качества в Ростовской области возможна только при наличии орошения [4]. Рыночные требования с учетом подорожания материалов и энергоресурсов вынуждают представителей агропромышленного комплекса все чаще применять в качестве одного из способов орошения капельный полив [5–7].

В исследовании изучалось влияние различных режимов орошения с применением капельного полива на продуктивность капусты белокочанной сорта Слава.

Материалы и методы. Исследования проводились на территории БОСОС – филиала Федерального научного центра овощеводства в 2020–2021 гг. В местах проведения опыта преобладает обыкновенный среднетяжелый чернозем легкосуглинистого состава с содержанием гумуса в пахотном слое 4,15 %; обеспеченность почвы азотом 52–68 мг/кг, подвижным фосфором 31–44 мг/кг, обменным калием 310–390 мг/кг [8]. Реакция почвенного раствора слабощелочная. Наименьшая влагоемкость (НВ) почвы в слое 0–30 см составляет 30,3 % от массы сухой почвы, плотность сложения почвы в этом же слое – 1,28 т/м³. Климат зоны проведения исследований континентальный, умеренно жаркий, сумма активных температур колеблется в пределах 3100–3350 °С. Продолжительность безморозного периода составляет 165–175 дней [9].

Изучалась урожайность районированного сорта капусты белокочанной Слава, выращиваемого по предшественнику томат, в зависимости от режима орошения. Основная обработка почвы включала в себя лущение на глубину 7–8 см после уборки предшественника, глубокую вспашку осенью на глубину 27–32 см и весеннее боронование с трехкратной культивацией на убывающую глубину 12–14, 10–12 и 7–8 см [10]. Система удобрений состояла из внесения под осеннюю вспашку навоза, 2/3 дозы фосфорных, половины дозы калийных удобрений и 2/3 дозы азотных удобрений под предпосевную культивацию. Остальные удобрения вносились в виде подкормок. Подкормки проводились водорастворимыми удобрениями марки «Акварин» (Буйские удобре-

ния). Количество вносимых минеральных удобрений во всех вариантах опыта составляло $N_{200}P_{90}K_{120}$ [2, 3, 11].

Опыт проводился в двукратной повторности. Возделывание капусты белокочанной сорта Слава осуществлялось рассадным способом с высадкой рассады в первой декаде мая по схеме 60×40 см. Сбор урожая проводился вручную.

Во время исследований поддерживался предполивной порог влажности почвы в слое 0–30 см дифференцированно в межфазные периоды роста и развития растений капусты белокочанной – в период от высадки рассады до образования кочана и далее до наступления фазы технической спелости. Схемой опыта предусматривались следующие режимы орошения: 1) 80-80 % НВ; 2) 80-90 % НВ; 3) 80-70 % НВ и вариант без орошения (контроль).

Для капельного орошения использовалось оборудование AquaPipe ООО «Промкомплекс» с расстояниями между капельницами 20 см и расходом 2,0 л/ч. Для математической обработки полученных результатов использовались общепринятые методики с применением персонального компьютера [12].

Результаты и обсуждения. В результате полученных данных было установлено, что наибольшая средняя урожайность капусты белокочанной сорта Слава 93,7 т/га была получена при режиме орошения 80-80 % НВ, что выше контрольного варианта на 76,8 %. В других вариантах с орошением урожайность также была в среднем выше контроля на 70,0 и 76,0 %.

Необходимо также отметить, что средняя урожайность за 2 года в вариантах с режимами орошения 80-80 и 80-90 % НВ фактически равна. Это позволяет сделать вывод о том, что для получения запланированных урожаев капусты белокочанной наилучшим образом подходит режим орошения 80-80 % НВ, позволяющий при одинаковых оросительных нормах сократить число поливов, увеличив поливную норму.

В 2021 г. в вариантах с поддержанием уровня влажности почвы в слое 0–30 см по периодам вегетации 80-80 и 80-90 % НВ была получена примерно равная наибольшая урожайность 94,5 т/га, здесь оросительная норма была одинакова, но имелось различное количество поливов. Наименьшая урожайность 47,9 т/га была получена в 2020 г. в варианте без орошения (таблица 1).

Таблица 1 – Суммарное водопотребление и коэффициент водопотребления капусты белокочанной, 2020–2021 гг.

Table 1 – Total water consumption and water consumption coefficient of white cabbage, 2020–2021

Вариант опыта	Оросительная норма, м ³ /га	Из почвы, м ³ /га	Осадки, м ³ /га	Суммарное водопотребление, м ³ /га	Урожайность, т/га	Коэффициент водопотребления, м ³ /т
1	2	3	4	5	6	7
2020 г.						
80-80 % НВ	3330	160	1870	5360	93,0	57,6
80-90 % НВ	3350	120	1870	5340	92,4	57,8
80-70 % НВ	2960	190	1870	5020	90,1	55,7
Без орошения (контроль)		215	1870	2085	47,9	43,5
2021 г.						
80-80 % НВ	1940	320	3310	5570	94,4	59,0
80-90 % НВ	1940	300	3310	5550	94,5	58,7

Продолжение таблицы 1

Table 1 continued

1	2	3	4	5	6	7
80-70 % НВ	1540	370	3310	5220	90,9	57,4
Без орошения (контроль)		410	3310	3720	58,1	64,0
Среднее						
80-80 % НВ	2635	240	2590	5465	93,7	58,3
80-90 % НВ	2645	210	2590	5445	93,45	58,25
80-70 % НВ	2250	280	2590	5120	90,5	56,55
Без орошения (контроль)		312,5	2590	2903	53	53,75
НСР ₀₅ , т/га					3,14	

Неодинаковость количества выпавших осадков за вегетационный период культуры в годы исследований повлияла на поливные режимы изучаемых вариантов. В очень засушливом 2020 г. оросительная норма при различных режимах орошения превышала оросительную норму влажного по степени обеспеченности осадками 2021 г. на 70–90 %.

В 2020 г. для поддержания изучаемых режимов орошения в варианте опыта 80-80 % НВ был проведен 31 полив, в варианте 80-70 % НВ – 23 полива, а в варианте 80-90 % НВ – 51 полив оросительными нормами 3330; 2960 и 3350 м³/га соответственно. В 2021 г. в этих вариантах было проведено по 11; 9; 20 поливов оросительными нормами 1940; 1540 и 1940 м³/га соответственно.

Зависимости урожайности капусты белокочанной от суммарного водопотребления, оросительной нормы, а также от коэффициента водопотребления отражены на рисунках 1, 2.

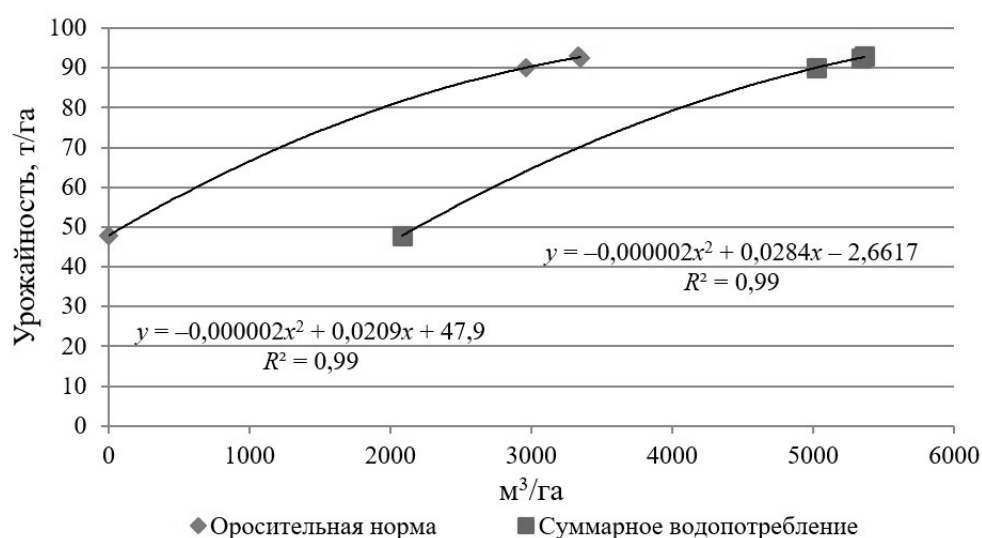


Рисунок 1 – Влияние оросительной нормы и суммарного водопотребления на урожайность капусты белокочанной

Figure 1 – Influence of irrigation rate and total water consumption on the white cabbage yield

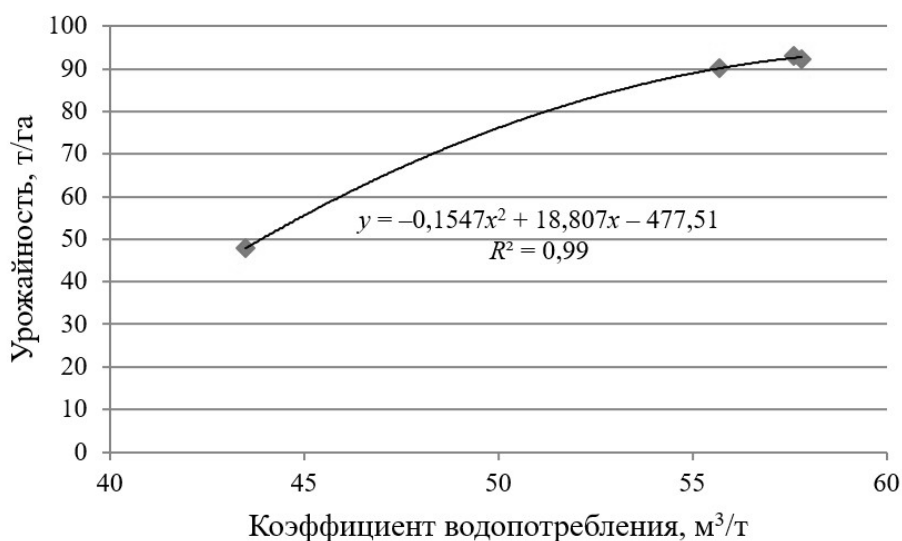


Рисунок 2 – Связь между коэффициентом водопотребления и урожайностью капусты белокочанной

Figure 2 – The relationship between the evapotranspiration ratio and white cabbage yield

Выводы. Использование различных режимов орошения при возделывании капусты белокочанной с применением капельного способа полива позволяет повысить урожайность данной культуры на 70–76,8 %. При различных режимах орошения урожайность варьирует от 90,1 до 94,5 т/га, превосходя вариант без орошения более чем на 70 %. Коэффициент водопотребления в вариантах с орошением при этом изменяется незначительно. Максимальный коэффициент водопотребления отмечается в варианте без орошения во влажный год.

Список источников

1. Технологии возделывания сельскохозяйственных культур на орошении: науч.-практ. изд. / А. Н. Бабичев, А. А. Бабенко, С. М. Васильев, Р. С. Масный. М.: Росинформагротех, 2021. 200 с.
2. Рекомендации по технологии возделывания капусты белокочанной на орошаемых землях Ростовской области / Р. С. Масный, С. М. Васильев, А. Н. Бабичев, И. В. Гурина, В. А. Монастырский, Д. П. Сидаренко, А. А. Бабенко. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2021. 16 с.
3. Об утверждении рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания [Электронный ресурс]: приказ М-ва здравоохранения Рос. Федерации от 19 авг. 2016 г. № 614. Доступ из справ. правовой системы «Гарант».
4. Бабичев А. Н., Васильев С. М. Ресурсосберегающие режимы орошения сельскохозяйственных культур в условиях аридной зоны юга России // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2021. № 2(82). С. 5–10.
5. Бабичев А. Н., Монастырский В. А., Ольгаренко В. Иг. Способ совершенствования элементов технологии возделывания сельскохозяйственных культур // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 4(72). С. 48–53.
6. Штанько А. С., Шкура В. Н. Методика определения геометрических параметров зоны увлажнения почвенного пространства при капельном поливе // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 3(71). С. 196–202.

7. Бабичев А. Н., Монастырский В. А. Роль точного земледелия в программированном выращивании урожая сельскохозяйственных культур // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2017. № 2(66). С. 50–53.

8. 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.

9. Климат и агроклиматические ресурсы Ростовской области / Ю. П. Хрусталева, В. Н. Василенко, И. В. Свисюк, В. Д. Панов, Ю. А. Ларионов; М-во образования РФ [и др.]. Ростов н/Д.: Бат. кн. изд-во, 2002. 183 с.

10. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2022–2026 годы / А. И. Клименко [и др.]; М-во сел. хоз-ва и продовольствия Рост. обл. Ростов н/Д., 2022. 736 с.

11. Монастырский В. А., Бабичев А. Н., Ольгаренко В. Иг. Алгоритм расчета доз удобрений в прецизионном земледелии // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2019. № 1(33). С. 26–38. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=985> (дата обращения: 10.01.2023). DOI: 10.31774/2222-1816-2019-1-26-38.

12. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 4-е изд., перераб. и доп. М.: Колос, 1979. 416 с.

References

1. Babichev A.N., Babenko A.A., Vasiliev S.M., Masny R.S., 2021. *Tekhnologii vozdeleyvaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur na oroshenii: nauchno-prakt. izd.* [Technologies of Agricultural Crops Cultivation by Irrigation: Scientific-Practical ed.]. Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 200 p. (In Russian).

2. Masny R.S., Vasiliev S.M., Babichev A.N., Gurina I.V., Monastyrsky V.A., Sidarenko D.P., Babenko A.A., 2021. *Rekomendatsii po tekhnologii vozdeleyvaniya kapusty belokochannoy na oroshaemykh zemlyakh Rostovskoy oblasti* [Recommendations on Technology of White Cabbage Cultivation on Irrigated Lands in Rostov Region]. Novocherkassk, RosNIIPM, 16 p. (In Russian).

3. *Ob utverzhdenii rekomendatsiy po ratsionalnym normam potrebleniya pishchevykh produktov, otvechayushchikh sovremennym trebovaniyam zdorovogo pitaniya* [Approval of recommendations on rational norms of consumption of food products that meet the modern requirements of a healthy diet]. Order of the Ministry of Health and Social Development of the Russian Federation of 19 August, 2016, no. 614. (In Russian).

4. Babichev A.N., Vasiliev S.M., 2021. *Resursosberegayushchie rezhimy orosheniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v usloviyakh aridnoy zony yuga Rossii* [Resource-saving modes of agricultural crops irrigation under the conditions of the arid zone of southern Russia]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 2(82), pp. 5-10. (In Russian).

5. Babichev A.N., Monastyrsky V.A., Olgarenko V.Ig., 2018. *Sposob sovershenstvovaniya elementov tekhnologii vozdeleyvaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [A method of improving the elements of crop cultivation technology]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 4(72), pp. 48-53. (In Russian).

6. Shtanko A.S., Shkura V.N., 2018. *Metodika opredeleniya geometricheskikh parametrov zony uvlazhneniya pochvennogo prostranstva pri kapel'nom polive* [Methods for determining the geometric parameters of the zone of moistening of the soil space during drip irrigation]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 3(71), pp. 196-202. (In Russian).

7. Babichev A.N., Monastyrsky V.A., 2017. *Rol tochnogo zemledeliya v programmirovannom vyrashchivanii urozhaya selskokhozyaystvennykh kultur* [The role of precision farming in the programmed cultivation of agricultural crops]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshayemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 2(66), pp. 50-53. (In Russian).

8. 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 oroshayemykh zemel'* [Guidelines for the Control and Regulation of Soil Fertility of Irrigated Lands]. Novocherkassk, RosNIIPM, 137 p. (In Russian).

9. Khrustalev Yu.P., Vasilenko V.N., Svisyuk I.V., Panov V.D., Larionov Yu.A., 2002. *Klimat i agroklimaticheskie resursy Rostovskoy oblasti* [Climate and Agro-Climatic Resources of Rostov Region]. Ministry of Education of the Russian Federation, Rostov-on-Don, Bat. book. Publ., 183 p. (In Russian).

10. Klimenko A.I. [and others], 2022. *Zonal'nye sistemy zemledeliya Rostovskoy oblasti na 2022–2026 gody* [Zonal Farming Systems of Rostov Region for the Period 2022–2026]. Ministry of Agriculture and Food of Rostov Region, Rostov-on-Don, 736 p. (In Russian).

11. Monastyrsky V.A., Babichev A.N., Olgarenko V.Ig., 2019. [The calculation algorithm for rate of fertilizer application in precision farming]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 1(33), pp. 26-38, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=985> [accessed 10.01.2023], DOI: 10.31774/2222-1816-2019-1-26-38. (In Russian).

12. Dospikhov B.A., 1979. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methods of Field Experience (with the Basics of Statistical Processing of Research Results)]. 4th ed., rev. and add. Moscow, Kolos Publ., 416 p. (In Russian).

Информация об авторах

А. Н. Бабичев – ведущий научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук;

Д. Ю. Котляров – старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук;

А. А. Бабенко – младший научный сотрудник.

Information about the authors

A. N. Babichev – Leading Researcher, Doctor of Agricultural Sciences;

D. Y. Kotlyarov – Senior Researcher, Candidate of Agricultural Sciences;

A. A. Babenko – 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.

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 interest.

Статья поступила в редакцию 31.01.2023; одобрена после рецензирования 01.03.2023; принята к публикации 22.03.2023.

The article was submitted 31.01.2023; approved after reviewing 01.03.2023; accepted for publication 22.03.2023.

Научная статья

УДК 631.6:626.81

Показатели оценки эффективности использования водных ресурсов федеральными учреждениями мелиоративной отрасли

Лидия Анатольевна Воеводина¹, Иван Петрович Абраменко²

^{1, 2}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

¹rosniipm-lian@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5681-3807>

²yawik-06@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5627-8517>

Аннотация. Цель: разработка показателей оценки эффективности использования водных ресурсов (ВР) в деятельности федеральных государственных бюджетных учреждений «Управления мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения» (ФГБУ) в части орошения. **Материалы и методы.** Материалы для анализа показателей использования ВР были предоставлены 48 ФГБУ. Данные были проанализированы в разрезе федеральных округов (ФО) и отдельных ФГБУ. **Результаты.** Для оценки эффективности деятельности ФГБУ в части подачи ВР для орошения предлагается использовать следующие показатели: доля объема ВР, поданных на орошение, от суммарной подачи на все нужды (доли единицы или %); подача ВР в расчете на 1 га фактически политой площади (куб. м/га); потери в расчете на 1 га политой площади (куб. м/га); коэффициент потерь (КП): удельный объем потерь в расчете на 1 куб. м ВР, поданных на орошение; КП с учетом доли объема подачи ВР на орошение. Для использования КП предложена шкала с четырьмя категориями: к первой категории отнесены ФГБУ с наибольшими значениями КП, превышающими 1,0; ко второй учреждения с КП от 1,0 до 0,5; к третьей с КП от 0,5 до 0,2; к четвертой с КП менее 0,2. Применение вышеупомянутой шкалы позволяет ранжировать ФГБУ по категориям, причем чем выше категория, тем потребность в углубленном анализе их деятельности выше. Учет доли объема ВР, поданных на орошение, позволяет скорректировать данные в сторону более объективного учета объема ВР. **Выводы.** Предложенные показатели оценки эффективности использования ВР позволяют производить ранжирование ФГБУ по КП, выявлять организации с наибольшими потерями и планировать мероприятия, направленные на снижение водопотерь в этих организациях в первую очередь.

Ключевые слова: водные ресурсы, орошение, подача водных ресурсов, управления мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения, орошаемые земли, удельные показатели

Для цитирования: Воеводина Л. А., Абраменко И. П. Показатели оценки эффективности использования водных ресурсов федеральными учреждениями мелиоративной отрасли // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 1(89). С. 196–206.

Original article

Indicators for assessing the efficiency of water resources use by federal institutions in the reclamation industry

Lidiya A. Voyevodina¹, Ivan P. Abramenko²

^{1, 2}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

¹rosniipm-lian@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5681-3807>

²yawik-06@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5627-8517>

Abstract. Purpose: development of indicators for assessing the efficiency of water resources use (WR) in irrigation by Federal State Budgetary Institutions “Department of Land Reclamation and Agricultural Water Supply” (FGBU). **Materials and methods.** Materials for the analysis of water resources indicators were provided by 48 Federal State Budgetary Institutions. The data were analyzed in the context of federal districts (FD) and individual FGBU. **Results.** To assess the efficiency of FGBU in terms of supplying water for irrigation, it is proposed to use the following indicators: the share of the volume of water supplied for irrigation; from the total supply for all needs (fractions or %); water supply per 1 ha of actually irrigated area (cubic meters/ha); losses per 1 ha of irrigated area (cubic meters/ha); loss factor (КР): specific loss volume per 1 cu. m of water supplied for irrigation; loss factor taking into account the fraction of bulk volume of water supplied for irrigation. For the loss factor use, a scale with four categories is proposed: the first category includes FGBU with the highest loss factor values exceeding 1.0; the second category includes institutions with loss factor values from 1.0 to 0.5; the third one includes loss factor values from 0.5 to 0.2; the fourth has loss factor less than 0.2. The use of the aforementioned scale makes it possible to rank FGBU by categories, and the higher the category, the greater the need for an in-depth analysis of their activities. Taking into account the share of the water resources volume supplied for irrigation makes it possible to correct the data in the direction of a more objective accounting of water resource. **Conclusions.** The proposed indicators for evaluating the water resources use efficiency make it possible to rank the Federal State Budgetary Institutions by loss factor, to identify organizations with the greatest losses, and to plan activities aimed at reducing water losses in these organizations in the first place.

Keywords: water resources, irrigation, water supply, land reclamation and agricultural water supply departments, irrigated lands, specific indicators

For citation: Voyevodina L. A., Abramenko I. P. Indicators for assessing the efficiency of water resources use by federal institutions in the reclamation industry. *Ways of increasing the efficiency of irrigated agriculture*. 2023;1(89):196–206. (In Russ.).

Введение. Для жизни человека вода является ценнейшим ресурсом. Ее ценность в связи с климатическими изменениями и ростом численности населения возрастает, особенно в связи с увеличением количества и продолжительности засушливых периодов. Так, по данным международных исследований, с 1960-х гг. в общей сложности 426 стихийных бедствий, вызванных засухами в 117 странах, унесли жизни более 2 млн чел. и ежегодно затрагивали в среднем 46 млн чел. [1]. МГЭИК (Межправительственная группа экспертов по изменению климата (англ. Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)) прогнозирует, что частота и интенсивность засух будут нарастать [2].

Являясь одним из факторов гарантированного получения урожая и в конечном итоге продовольственной безопасности, орошение земель требует больших объемов водных ресурсов (ВР), забираемых из природных водных источников [3]. Доля ВР, предназначенных для орошения, в разных странах колеблется и зачастую превышает 90 %, что наиболее характерно для развивающихся стран. Так, в РФ на сельское хозяйство направляется до 23 % от общего объема используемых ВР, причем на орошение направляется практически весь забранный объем [4–6]. Для сравнения в других странах, по данным Aquastat (глобальная информационная система ФАО по водным ресурсам и использованию воды в сельском хозяйстве)¹ за 2018 г.: в США – 39,66 %, Индии – 54,68 %, Китае – 64,4 %, Бразилии – 58,14 %, Пакистане – 93,98 %, Испании – 65,23 %.

В разрезе регионов РФ объемы ВР, используемых в сельском хозяйстве, в т. ч.

¹Aquastat // Food and Agriculture Organization of the United Nations [Electronic resource]. URL: <https://www.fao.org/aquastat/statistics/query/index.html?lang=en> (date of access: 26.08.2022).

для орошения, также имеют существенное варьирование. Так, в структуре водопользования на цели орошения и сельскохозяйственного водоснабжения в регионах Верхней Оби используется не более 2 % общего водопотребления [7], в Астраханской области в 2015 г. – 85 % [8], в Ростовской области в 2017 г. – 55,7 % [9, 10].

В условиях ограниченности ресурсов необходима разработка механизмов, способных обеспечить прозрачный и понятный алгоритм принятия решений для обоснования приоритетности направления ресурсов в хозяйствующие субъекты. Прозрачный и понятный алгоритм необходим как потенциальным получателям ресурса, так и стороне, принимающей решение о направлении ресурса конкретному получателю. Принимающий решение может воспользоваться таким алгоритмом без опасения быть обвиненным в коррупции и предвзятом отношении, а потенциальный получатель ресурса может применить данный алгоритм для оценки своих возможностей и предпринять определенные действия для корректировки своей деятельности. Как и в других отраслях народного хозяйства, в мелиоративной отрасли ощущается недостаток таких алгоритмов, адаптированных к особенностям ее функционирования.

В качестве механизма оценки эффективности отдельных организаций, в т. ч. и сельскохозяйственных товаропроизводителей (СХТП) и водохозяйственных организаций (ВХО), работающих в мелиоративной отрасли, применяется расчет различных показателей. Принято считать, что показатели должны предоставлять объективную, прозрачную и обоснованную информационную базу для заинтересованного круга лиц, в т. ч. для административного контроля, повышения рациональности при принятии политических решений и общественного обсуждения [11].

Одними из наиболее часто используемых показателей являются удельные показатели. Их широко применяют для оценки эффективности использования ВР, при этом объем ВР, направленных на определенный вид деятельности, соотносят с другими показателями производственной деятельности. Так, в «Базовых индикаторах результативности» [12] для аспекта «Вода» предусмотрены показатели удельного потребления воды в натуральном выражении – отношение использованной воды (всего) к объему произведенной за отчетный период продукции в натуральном выражении, единицы измерения – тыс. м³/ед. В «Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 года» и работах ряда авторов [8] рассматривается водоемкость валового регионального продукта, показатель, который характеризуется удельной величиной использования ВР, единицами измерения выступают такие размерности, как м³/т, м³/шт., м³/тыс. руб. [13].

Основным видом деятельности ФГБУ является «создание условий для увеличения объемов производства высококачественной сельскохозяйственной продукции на основе восстановления и повышения плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения...»^{2, 3}, другими словами, для учреждений, расположенных в зоне недостаточного увлажнения, это подача ВР для орошения сельскохозяйственных земель.

В связи с тем, что в настоящее время отсутствует статистическая информация о точных величинах урожайности и валовых сборах в привязке к орошаемым площа-

²Устав федерального государственного бюджетного учреждения «Управление мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения по Краснодарскому краю» [Электронный ресурс]: утв. приказом Мин-ва сел. хоз-ва Рос. Федерации от 20 сент. 2021 г. № 638. 26 с. URL: https://www.kmvs.ru/_files/docs/ustav_2021.pdf (дата обращения: 09.06.2022).

³Устав федерального государственного бюджетного учреждения «Управление мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения по Ставропольскому краю» [Электронный ресурс]: утв. приказом Мин-ва сел. хоз-ва Рос. Федерации от 22 нояб. 2013 г. № 90-у. 19 с. URL: <https://stavmelio.ru/wp-content/uploads/2021/03/Устав-ФГБУ-Управление-Ставропольмелиоводхоз.pdf> (дата обращения: 09.06.2022).

дям, в нашем исследовании основное внимание сосредоточено на показателях, отслеживаемых ФГБУ.

Целью данной работы была разработка ряда показателей оценки эффективности деятельности ФГБУ, которые могут быть использованы для оптимизации водопользования и водораспределения на мелиоративно-водохозяйственных системах, принятия обоснованных решений при определении очередности предоставления финансовой и технической поддержки подведомственным Депмелиорации ФГБУ, а также планирования мероприятий, повышающих эффективность деятельности ФГБУ.

Материалы и методы. Основное внимание в данной статье уделено суммарным и удельным показателям использования ВР для целей орошения в показателях, характерных для ФГБУ, расположенных в различных федеральных округах (ФО).

Материалы для анализа показателей использования ВР были собраны на основе данных, предоставленных ФГБУ, за 2020 и 2021 гг. Данные предоставлялись ФГБУ согласно разработанной в 2020 г. таблице⁴, в которой учитывались показатели забора воды, подачи на различные нужды, передачи в другие водохозяйственные системы (ВХС) и регионы, суммарные потери ВР, а также мелиоративные показатели, в т. ч. сведения о поливных площадях.

В 2022 г. данные о показателях использования ВР были предоставлены 48 ФГБУ. Данные были проанализированы в разрезе ФО и отдельных ФГБУ. Для анализа предоставленных данных использовалась программа Excel.

Результаты и обсуждение. Основными данными для расчета удельных показателей явились сведения об объемах ВР, поданных на орошение в 2021 г., а также сведения о суммарных потерях. На рисунке 1 представлены данные в разрезе ФО по объемам подачи ВР на орошение и площадям фактически политых земель.

Следует отметить, что ФГБУ по мелиоративной сети подают ВР не только для орошения, но и на другие нужды, в частности, предусматривается передача ВР в организации, не подведомственные Депмелиорации Минсельхоза России, подпитка рек и водохранилищ, опробование насосных станций, замочка и заполнение каналов, поддержание горизонтов, подача ВР на нужды рыбного хозяйства, питьевое и хозяйственно-бытовое водоснабжение, водоснабжение на производственные нужды и др. Таким образом, лишь часть воды, проходящей по мелиоративной сети, подается на орошение. Доля объема ВР, поданных на орошение в 2021 г., от суммарной подачи на все нужды (ДОВРО) колебалась от 0 до 1,0. В соответствии с ДОВРО были выделены несколько групп ФГБУ. Одну из групп можно назвать транспортирующей, к ней относились ФГБУ, основной функцией которых является транспортирование ВР, у них функция подачи ВР на орошение отсутствует полностью, ДОВРО соответствует нулю. К этой группе относятся: УЭБСК, УЭКГ и ЧВ, УЭММК, УЭТКГ. Следующая группа характеризуется ДОВРО меньше 0,5. В 2021 г. в этой группе насчитывалось шесть ФГБУ, ДОВРО варьировала от 0,09 до 0,46: Ставропольмелиоводхоз, Алтаймелиоводхоз, Севосетинмелиоводхоз, Чеченмелиоводхоз, Ингушмелиоводхоз, Калммелиоводхоз. Третья и основная группа ФГБУ – это ФГБУ с ДОВРО более 0,5, эти ФГБУ направляют на орошение основной объем ВР. В 2021 г. к этой группе относились 38 ФГБУ.

⁴Провести исследования и подготовить научный доклад о результатах ведения государственного водного реестра и мониторинга водных объектов, используемых в целях мелиорации: отчет о НИР (промежуточ.): 2.1.2.1 / ФГБНУ «РосНИИПМ»; рук.: Гостищев В. Д. Новочеркасск, 2021. 110 с. Исполн.: Гостищев В. Д., Абраменко И. П., Воеводина Л. А., Клишин И. В., Осипенко Д. А., Бородин В. С. Рег. № НИОКТР 121031700320-6. Рег. № 221122000275-0.

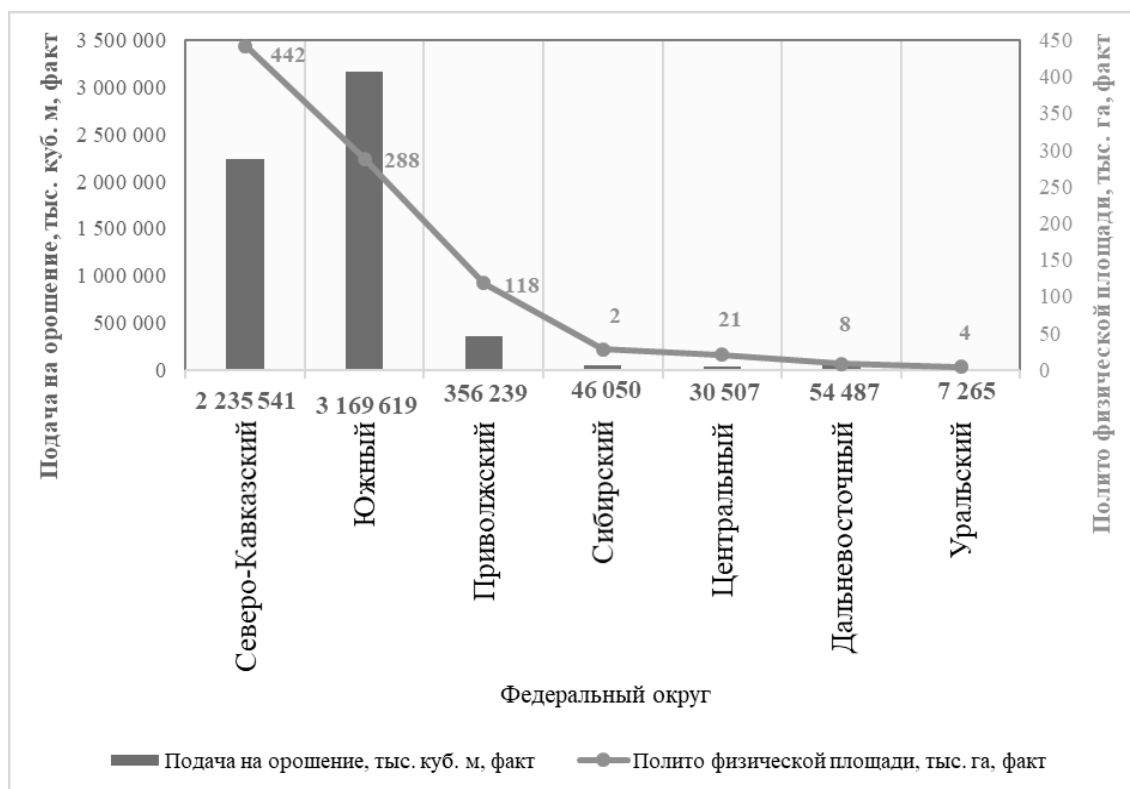


Рисунок 1 – Объем подачи водных ресурсов на орошение и фактически политая площадь в 2021 г. по федеральным округам

Figure 1 – The volume of water resources supplied for irrigation and the area actually irrigated in 2021 by federal districts

В целях оптимизации водопользования и водораспределения на мелиоративно-водохозяйственных системах была проведена оценка рациональности водопользования с использованием удельных показателей.

Так, были рассчитаны подача и суммарные потери ВР в расчете на 1 га фактически политой площади, а также объем потерь в расчете на 1 м³ ВР, поданных на орошение. Последний показатель для удобства использования назван коэффициентом потерь (КП). Кроме того, КП был рассчитан при условии отнесения всего объема потерянных ВР на основную цель деятельности ФГБУ (орошение земель), а также с учетом ДОВРО. В таблице 1 представлены данные за 2021 г. по ФГБУ, в которых отмечены самые большие значения вышеупомянутых показателей.

Таблица 1 – Подача и суммарные потери водных ресурсов в расчете на 1 га фактически политой площади, коэффициент потерь

Table 1 – Water resources supply and total loss per 1 ha of actually irrigated area, loss factor

ФГБУ	Подача ВР в расчете на 1 га фактически политой площади, м ³ /га	Потери ВР в расчете на 1 га политой площади, м ³ /га	КП: объем потерь в расчете на 1 м ³ ВР, поданных на орошение, м ³ /м ³	КП с учетом ДОВРО, м ³ /м ³
1	2	3	4	5
Адыгемелиоводхоз	16075	4703	0,29	0,29
Астраханмелиоводхоз	12122	9345	0,77	0,63

Продолжение таблицы 1

Table 1 continued

1	2	3	4	5
Волгоградмелиоводхоз	3351	3680	1,10	0,96
Калммелиоводхоз	6388	6861	1,07	0,49
Кубаньмелиоводхоз	12367	6032	0,49	0,43
Ростовмелиоводхоз	13520	8112	0,60	0,44
Минмелиоводхоз Рес- публики Дагестан	6534	3680	0,56	0,48
Севосетинмелиоводхоз	1193	2738	2,29	0,34
Ставропольмелиоводхоз	2925	13131	4,49	0,39
Чеченмелиоводхоз	3405	2190	0,64	0,28
Саратовмелиоводхоз	3614	690	0,19	0,15
Алтаймелиоводхоз	1562	3640	2,33	0,24
Тывамелиоводхоз	3445	726	0,21	0,17
Приммелиоводхоз	8930	2233	0,25	0,23

В 2021 г. наибольший объем ВР, поданных на орошение в расчете на 1 га, отмечен в Адыгеемелиоводхозе – 16075,17 м³/га. Объемы ВР, поданных на орошение в расчете на 1 га, превышающие 10000 м³/га, имели место также в Ростовмелиоводхозе, Кубаньмелиоводхозе и Астраханмелиоводхозе, т. е. в тех ФГБУ, которые обслуживают рисовые оросительные системы.

Максимальные значения суммарных потерь ВР в расчете на 1 га фактически политой площади в 2021 г. зафиксированы в Ставропольмелиоводхозе – 13130,89 м³/га, причем сопоставление удельных объемов потерь и подачи ВР на орошение показало, что здесь же отмечено и максимальное значение КП (4,49), однако, если отнести потери только на тот объем ВР, которые были поданы на орошение, КП будет ниже и составит 0,39. С учетом доли объема ВР, поданных на орошение, наибольший КП отмечен в Волгоградмелиоводхозе – 0,96, на втором месте Астраханмелиоводхоз – 0,63, на третьем месте Калммелиоводхоз – 0,49.

Все ФГБУ по КП были распределены на четыре категории (таблица 2). В таблице 3 представлены 18 ФГБУ, вошедших в первые три категории, остальные 30 ФГБУ относились к четвертой категории с КП менее 0,2. Наиболее тревожная ситуация складывается для ФГБУ, отнесенных к первой категории: Ставропольмелиоводхоз, Алтаймелиоводхоз, Севосетинмелиоводхоз, Волгоградмелиоводхоз, Калммелиоводхоз, где на каждый кубический метр ВР, поданных на орошение, приходится превышающий объем потерь.

Таблица 2 – Классификация по коэффициенту потерь

Table 2 – Classification by loss factor

Категория	Диапазон	Характеристика потерь в расчете на 1 м ³ ВР, поданных на орошение 1 га
Первая	КП ≥ 1	Наибольшие
Вторая	1 < КП ≤ 0,5	Значительные
Третья	0,5 < КП ≤ 0,2	Средние
Четвертая	КП < 0,2	Малые

Таблица 3 – Распределение федеральных государственных бюджетных учреждений по коэффициенту потерь без учета доли водных ресурсов, поданных на орошение в 2021 г.**Table 3 – Distribution of federal state budgetary institutions by loss factor without taking into account the share of water resources supplied for irrigation in 2021**

Категория, диапазон	Организация
Первая, $KП \geq 1$ Всего 5 ФГБУ	Волгоградмелиоводхоз, Калммелиоводхоз, Алтаймелиоводхоз, Севосетинмелиоводхоз, Ставропольмелиоводхоз
Вторая, $1 < KП \leq 0,5$ Всего 6 ФГБУ	Астраханмелиоводхоз, Ростовмелиоводхоз, Чеченмелиоводхоз, Ингушмелиоводхоз, Каббалкмелиоводхоз, Минмелиоводхоз Республики Дагестан
Третья, $0,5 < KП \leq 0,2$ Всего 7 ФГБУ	Адыгеемелиоводхоз, Кубаньмелиоводхоз, Саратовмелиоводхоз, Бурятмелиоводхоз, Тывамелиоводхоз, Приммелиоводхоз, Хакасмелиоводхоз

С учетом ДОВРО распределение ФГБУ по КП имело несколько другой вид (таблица 4). Значений КП для отнесения ФГБУ к первой категории не отмечалось. Два ФГБУ были отнесены ко второй категории: Волгоградмелиоводхоз (0,96) и Астраханмелиоводхоз (0,63). К третьей категории относились 15 ФГБУ: 1) Адыгеемелиоводхоз; 2) Алтаймелиоводхоз; 3) Бурятмелиоводхоз; 4) Минмелиоводхоз Республики Дагестан; 5) Ингушмелиоводхоз; 6) Каббалкмелиоводхоз; 7) Калммелиоводхоз; 8) Кубаньмелиоводхоз; 9) Приммелиоводхоз; 10) Ростовмелиоводхоз; 11) Самарамелиоводхоз; 12) Севосетинмелиоводхоз; 13) Ставропольмелиоводхоз; 14) Хакасмелиоводхоз; 15) Чеченмелиоводхоз. Остальные ФГБУ имели КП ниже 0,2.

Таблица 4 – Распределение федеральных государственных бюджетных учреждений по коэффициенту потерь с учетом доли объема водных ресурсов, поданных на орошение**Table 4 – Distribution of federal state budgetary institutions by loss factor, taking into account the share of water resources supplied for irrigation**

Категория, диапазон	Организация
Первая, $KП \geq 1$ Всего 0 ФГБУ	–
Вторая, $1 < KП \leq 0,5$ Всего 2 ФГБУ	Астраханмелиоводхоз, Волгоградмелиоводхоз
Третья, $0,5 < KП \leq 0,2$ Всего 18 ФГБУ	Адыгеемелиоводхоз, Кубаньмелиоводхоз, Алтаймелиоводхоз, Бурятмелиоводхоз, Минмелиоводхоз РД, Ингушмелиоводхоз, Каббалкмелиоводхоз, Калммелиоводхоз, Приммелиоводхоз, Саратовмелиоводхоз, Бурятмелиоводхоз, Тывамелиоводхоз, Ростовмелиоводхоз, Самарамелиоводхоз, Севосетинмелиоводхоз, Ставропольмелиоводхоз, Чеченмелиоводхоз, Хакасмелиоводхоз

Считаем, что более объективным является учет доли объема ВР, поданных на орошение, так как данный вариант расчета позволяет распределить величину потерь на всех пользователей мелиоративных систем, а возможно, и скорректировать функции ФГБУ, где подача на орошение составляет менее 50 % от суммарной подачи на все нужды. В нашем исследовании такими ФГБУ в 2021 г. являлись: Алтаймелиоводхоз, Ингушмелиоводхоз, Калммелиоводхоз, Севосетинмелиоводхоз, Ставропольмелиоводхоз, Чеченмелиоводхоз. Для УЭБСК, УЭКГ и ЧВ, УЭММК и УЭТКГ подача воды

на орошение вообще не предусматривается, так как данные ФГБУ выполняют только функцию транспортирования ВР.

Следует отметить, что в ФО с наибольшими площадями орошаемых земель (Южном и Северо-Кавказском) зафиксирован КП, превышающий 0,2, это указывает на серьезные проблемы с эффективным использованием ВР для орошения.

Выводы. В условиях современного вододефицита особое внимание необходимо уделять снижению водопотерь. Для ранжирования ФГБУ в части потерь ВР на мелиоративных системах предлагается использовать следующие показатели:

- доля объема ВР, поданных на орошение, от суммарной подачи на все нужды (доли единицы или %);

- подача ВР в расчете на 1 га фактически политой площади ($\text{м}^3/\text{га}$);

- потери в расчете на 1 га фактически политой площади ($\text{м}^3/\text{га}$);

- КП: объем потерь в расчете на 1 м^3 ВР, поданных на орошение;

- КП с учетом доли объема подачи ВР на орошение.

Для использования КП предложена шкала с четырьмя категориями: к первой категории отнесены ФГБУ с наибольшими значениями КП, превышающими 1,0; ко второй $1 < \text{КП} \leq 0,5$; к третьей $0,5 < \text{КП} \leq 0,2$; к четвертой $\text{КП} < 0,2$. Применение вышеупомянутой шкалы позволяет ранжировать ФГБУ по категориям, причем чем выше категория, тем потребность в углубленном анализе их деятельности выше.

Учет доли объема ВР, поданных на орошение, позволяет скорректировать данные в сторону более объективного учета объема ВР, поданных на орошение, так как данный вариант расчета позволяет распределить величину потерь на всех пользователей мелиоративных систем.

Полученные результаты исследований позволяют производить ранжирование ФГБУ по КП и выявлять те организации, в которых потери наиболее велики и, следовательно, мероприятия, направленные на снижение водопотерь, необходимы в первую очередь.

Список источников

1. Chapter 2. Hazards everywhere – climate and disaster trends and impacts / K. Hagon, V. Turmine, G. Pizzini, A. Freebairn, R. Singh // World Disasters Report 2020. Come Heat or High Water? [Electronic resource] / International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies. Geneva, 2020. P. 34–115. URL: https://www.ifrc.org/sites/default/files/2021-05/20201116_WorldDisasters_Full.pdf (date of access: 26.08.2022).

2. Summary for Policymakers. Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems [Electronic resource] / A. Arneeth [et al.]; P. R. Shukla [et al.] (eds.). 2019. 36 p. URL: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/02/SPM_Updated-Jan20.pdf (date of access: 26.08.2022).

3. Овчинников А. С., Власов М. В., Куприянова С. В. Влияние мелиорации земель на минимизацию погодных флуктуаций и рост экономического эффекта сельскохозяйственного производства // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1(57). С. 14–23. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-01.

4. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2018 году» / Н. Г. Рыбальский, В. А. Омеляненко, А. Д. Думнов, Е. В. Муравьева, Д. А. Борискин, О. В. Кургачёва, В. Р. Хрисанов, В. А. Волосухин, А. П. Демин, А. Е. Косолапов, Г. М. Черногаева, М. М. Черепанский. М.: НИИ-Природа, 2019. 290 с.

5. Думнов А. Д. Международные сравнения водопользования в Российской Федерации и ряде стран мира // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2008. № 5(101). С. 15–28.

6. Ресурсы агромелиоративных систем / В. Н. Щедрин, А. Н. Бабичев, Ю. Е. Домашенко, Ю. М. Косиченко, В. Д. Гостищев, В. А. Монастырский, В. Иг. Ольгаренко, С. А. Манжина, О. А. Баев, И. П. Абраменко, М. В. Власов, Л. А. Воеводина, А. Ю. Гарбуз, М. А. Ляшков, Ю. Ю. Арискина. М.: Росинформагротех, 2021. 312 с.

7. Рыбкина И. Д., Курепина Н. Ю. Прогноз целевого использования водных ресурсов в регионах Верхней Оби на средне- и долгосрочную перспективу // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. 2019. № 1(52). С. 5–16. <https://doi.org/10.24411/2410-1192-2019-15201>.

8. Рыбкина И. Д., Сивохиц Ж. Т. Водные ресурсы Российско-Казахстанского трансграничного региона и их использование // Юг России: экология, развитие. 2019. Т. 14, № 2. С. 70–86. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2019-2-70-86>.

9. Чернова О. А., Айдаркина Е. Е. Проблемы рационального водопользования в реализации промышленной политики региона (на примере Ростовской области) // Вестник Академии знаний. 2019. № 32(3). С. 268–276.

10. Направления повышения эколого-экономической эффективности использования водных ресурсов в бассейне Дона / Л. А. Новосельская, Р. В. Ревунов, А. Р. Саркисян, Д. В. Янченко // Региональные проблемы преобразования экономики. 2019. № 5. С. 120–128. <https://doi.org/10.26726/1812-7096-2019-5-120-128>.

11. Lehtonen M. Indicators: tools for informing, monitoring or controlling? // The Tools of Policy Formulation: Actors, Capacities, Venues and Effects. 2015, Apr. P. 76–99. DOI: 10.4337/9781783477043.00015.

12. Базовые индикаторы результативности. Рекомендации по использованию в практике управления и корпоративной нефинансовой отчетности [Электронный ресурс] / Ф. Прокопов, Е. Феоктистова, М. Михайлова, Н. Масленникова, М. Либоракина, В. Куприенко, И. Вершинина, Т. Гринберг, С. Дайман, Е. Тополева, Л. Аленичева; под общ. ред. А. Шохина. М.: РСПП, 2008. 68 с. URL: <http://media.rspp.ru/document/1/1/c/1c20d18467e6706867107ae48f648dd6.pdf> (дата обращения: 26.08.2022).

13. Рыбкина И. Д. Сопоставительный анализ эффективности использования водных ресурсов в регионах Западной Сибири в сравнении с общероссийским и западноевропейским уровнями // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2015. № 3. С. 80–88.

References

1. Hagon K., Turmine V., Pizzini G., Freebairn A., Singh R., 2020. Chapter 2. Hazards everywhere – climate and disaster trends and impacts. World Disasters Report Come Heat or High Water? International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies. Geneva, 2020, pp. 34-115, available: https://www.ifrc.org/sites/default/files/2021-05/20201116_World-Disasters_Full.pdf [accessed 26.08.2022].

2. Arneth A. [et al.], Shukla P.R. [et al.] (eds.), 2019. Summary for Policymakers. Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. 36 p., available: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/02/SPM_Updated-Jan20.pdf [accessed 26.08.2022].

3. Ovchinnikov A.S., Vlasov M.V., Kupriyanova S.V., 2020. *Vliyanie melioratsii zemel' na minimizatsiyu pogodnykh fluktuatsiy i rost ekonomicheskogo effekta sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva* [Influence of land reclamation on minimizing weather fluctua-

tions and growth of economic effect of agricultural production]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education], no. 1(57), pp. 14-23, DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-01. (In Russian).

4. Rybalsky N.G., Omelyanenko V.A., Dumnov A.D., Muravyova E.V., Boriskin D.A., Kurgacheva O.V., Khrisanov V.R., Volosukhin V.A., Demin A.P., Kosolapov A.E., Chernogaeva G.M., Cherepansky M.M., 2019. *Gosudarstvennyy doklad "O sostoyanii i ispol'zovanii vodnykh resursov Rossiyskoy Federatsii v 2018 godu"* [State Report "On the State and Use of Water Resources of the Russian Federation in 2018"]. Moscow, NIA-Priroda Publ., 290 p. (In Russian).

5. Dumnov A.D., 2008. *Mezhdunarodnye sravneniya vodopol'zovaniya v Rossiyskoy Federatsii i ryade stran mira* [International comparisons of water use in the Russian Federation and a number of countries of the world]. *Ispol'zovanie i okhrana prirodnnykh resursov v Rossii* [Use and Protection of Natural Resources in Russia], no. 5(101), pp. 15-28. (In Russian).

6. Shchedrin V.N., Babichev A.N., Domashenko Yu.E., Kosichenko Yu.M., Gostishchev V.D., Monastyrsky V.A., Olgarenko V.Ig., Manzhina S.A., Baev O.A., Abramenko I.P., Vlasov M.V., Voevodina L.A., Garbuz A.Yu., Lyashkov M.A., Ariskina Yu.Yu., 2021. *Resursy agromeliorativnykh sistem* [Agro Reclamation System Resources]. Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 312 p. (In Russian).

7. Rybkina I.D., Kurepina N.Yu., 2019. *Prognoz tselevogo ispol'zovaniya vodnykh resursov v regionakh Verkhney Obi na sredne- i dolgosrochnuyu perspektivu* [Forecast of mid- and long-term target use of water resources in the Upper Ob regions]. *Izvestiya Altayskogo otdeleniya Russkogo geograficheskogo obshchestva* [Bull. of Altai Branch of the Russian Geographical Society], no. 1(52), pp. 5-16, <https://doi.org/10.24411/2410-1192-2019-15201>. (In Russian).

8. Rybkina I.D., Sivokhip Zh.T., 2019. *Vodnye resursy Rossiysko-Kazakhstanskogo transgranichnogo regiona i ikh ispol'zovanie* [Water resources of the Russian-Kazakhstan transboundary region and their use]. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie* [South of Russia: Ecology, Development], vol. 14, no. 2, pp. 70-86, <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2019-2-70-86>. (In Russian).

9. Chernova O.A., Aidarkina E.E., 2019. *Problemy ratsional'nogo vodopol'zovaniya v realizatsii promyshlennoy politiki regiona (na primere Rostovskoy oblasti)* [Problems of rational water use in the implementation of the regional industrial policy (on the example of Rostov region)]. *Vestnik Akademii znaniy* [Bulletin of the Academy of Knowledge], no. 32(3), pp. 268-276. (In Russian).

10. Novoselskaya L.A., Revunov R.V., Sarkisyan A.R., Yanchenko D.V., 2019. *Napravleniya povysheniya ekologo-ekonomicheskoy effektivnosti ispol'zovaniya vodnykh resursov v bassejne Dona* [Directions for improving the environmental and economic efficiency of using water resources in the Don basin]. *Regional'nye problemy preobrazovaniya ekonomiki* [Regional Problems of Economic Transformation], no. 5, pp. 120-128, <https://doi.org/10.26726/1812-7096-2019-5-120-128>. (In Russian).

11. Lehtonen M., 2015. Indicators: tools for informing, monitoring or controlling? The Tools of Policy Formulation: Actors, Capacities, Venues and Effects, Apr., pp. 76-99, DOI: 10.4337/9781783477043.00015.

12. Prokopov F., Feoktistova E., Mikhailova M., Maslennikova N., Liborakina M., Kuprienko V., Vershinina I., Grinberg T., Daiman S., Topoleva E., Alenicheva L., 2008. *Bazovye indikatory rezul'tativnosti. Rekomendatsii po ispol'zovaniyu v praktike upravleniya i korporativnoy nefinansovoy otchetnosti* [Reference Performance Indicators. Recommendations for Practice Management and Corporate Non-Financial Reporting Use]. Moscow, RSPP,

68 p., available: <http://media.rspp.ru/document/1/1/c/1c20d18467e6706867107ae48f648dd6.pdf> [accessed 26.08.2022]. (In Russian).

13. Rybkina I.D., 2015. *Sopostavitel'nyy analiz effektivnosti ispol'zovaniya vodnykh resursov v regionakh Zapadnoy Sibiri v sravnenii s obshcherossiyskim i zapadnoyevropeyskim urovnyami* [A Comparative analysis of the efficient use of water resources in the regions of Western Siberia in comparison with the all-Russian and Western European levels]. *Vodnoe khozyaystvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie* [Water Economy of Russia: Problems, Technologies, Management], no. 3, pp. 80-88. (In Russian).

Информация об авторах

Л. А. Воеводина – старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук;

И. П. Абраменко – старший научный сотрудник, кандидат экономических наук, доцент.

Information about the authors

L. A. Voyevodina – Senior Researcher, Candidate of Agricultural Sciences;

I. P. Abramenko – Senior Researcher, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor.

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 26.12.2022; одобрена после рецензирования 30.12.2022; принята к публикации 17.01.2023.

The article was submitted 26.12.2022; approved after reviewing 30.12.2022; accepted for publication 17.01.2023.

**ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО,
ГИДРАВЛИКА И ИНЖЕНЕРНАЯ ГИДРОЛОГИЯ**
**HYDRAULIC ENGINEERING,
HYDRAULICS AND ENGINEERING HYDROLOGY**

Научная статья
УДК 626.823.91

**Оценка эксплуатационной надежности каналов
с покрытием из бетононаполняемых материалов**

Виктория Федоровна Талалаева¹, Александр Александрович Додонов²

^{1,2}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

¹vika-silchenko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2541-204X>

²aleksandr8108@gmail.com

Аннотация. Цель: оценка эксплуатационной надежности каналов с покрытием из бетононаполняемых материалов, в т. ч. бетонных матов. **Материалы и методы.** При изучении надежности различных объектов наиболее часто используются следующие законы распределения времени безотказной работы: экспоненциальный, усеченный нормальный, Релея, Гамма, Вейбулла, логарифмически нормальный. В работе использовался метод расчета по предельному состоянию для определения допускаемых (неразмывающих) донных и средних скоростей водного потока. **Результаты и обсуждение.** Для повышения эффективности и надежности гидромелиоративных сооружений было предложено использовать быстровозводимое бетононаполняемое покрытие, отличающееся водонепроницаемостью, прочностью, долговечностью и простотой укладки. В работе была представлена методика оценки надежности каналов с покрытием из бетононаполняемого материала, включающая определение допускаемой скорости водного потока в канале при заданных условиях: канал постоянного действия, удельный вес бетонного полотна с основанием – $2,73 \text{ т/м}^3$, удельный вес воды – 1 т/м^3 , среднеарифметическое сопротивление – $0,39 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Определены значения характеристики надежности канала с бетононаполняемым покрытием, допускаемые донные и допускаемые средние скорости. **Выводы.** Результаты расчета дают возможность получить вероятность работы канала без размыва, найти характеристику надежности, а также допускаемую (неразмывающую) донную скорость и среднюю скорость потока.

Ключевые слова: надежность, оросительный канал, облицовка, коэффициент полезного действия, бетононаполняемый материал

Для цитирования: Талалаева В. Ф., Додонов А. А. Оценка эксплуатационной надежности каналов с покрытием из бетононаполняемых материалов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 1(89). С. 207–216.

Original article

Assessing the operational reliability of canals with concrete-filled coatings

Victoria F. Talalaeva¹, Aleksandr A. Dodonov²

^{1,2}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

¹vika-silchenko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2541-204X>

²aleksandr8108@gmail.com

Abstract. Purpose: reliability assessment of canals coated with concrete-filled materials, including concrete mats. **Materials and methods.** When studying the reliability of various objects, the following failure laws are most often used: exponential, truncated normal, Rayleigh, Gamma, Weibull, logarithmical normal. The limit state method to determine the permissible (non-erosive) bottom and medium velocities of the water flow was used in the work. **Results and discussion.** To increase the efficiency and reliability of land reclamation facilities, it was proposed to use a prefabricated concrete-filled coating, which is characterized by imperviousness, durability, longevity and easiness to install. The method for assessing the reliability of canals coated with concrete-filled material, including determining the permissible velocity of water flow in canal under given conditions is presented: a canal of permanent action, the specific weight of the concrete canvas with the base 2.73 t/m^3 , the water density – 1 t/m^3 , arithmetic mean resistance – $0.39 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. The values of the reliability of a canal with a concrete-filled coating, the permissible bottom and permissible average velocities are determined. **Conclusions.** The calculation results make it possible to obtain the probability of canal operation without scouring, to find the reliability characteristic, as well as the permissible (non-erosive) bottom velocity and the average flow velocity.

Keywords: reliability, irrigation canal, lining, efficiency, concrete-filled material

For citation: Talalaeva V. F., Dodonov A. A. Assessing the operational reliability of canals with concrete-filled coatings. *Ways of increasing the efficiency of irrigated agriculture*. 2023;1(89):207–216. (In Russ.).

Введение. Повышение эффективности и надежности работы гидромелиоративных сооружений является важнейшей задачей в мелиоративной отрасли. При эксплуатации каналов могут наблюдаться различные процессы, оказывающие негативное влияние на работу всей мелиоративной системы. К таким процессам можно отнести: деформации дна и откосов, заиление, зарастание, повреждение защитных покрытий каналов, в результате чего могут возникать большие фильтрационные потери. Такие процессы являются причиной снижения эксплуатационной надежности, уменьшения коэффициента полезного действия (КПД) и срока службы каналов, а также ухудшения их общего технического состояния [1].

Под эксплуатационной надежностью каналов будем понимать способность обеспечивать эксплуатационные расходы, скорости течения, глубины, КПД в течение расчетного срока службы канала. Надежность представляет собой характеристику, которую невозможно измерить, однако можно оценить на основании опыта эксплуатации аналогичного объекта с помощью теории надежности, методов математической статистики и теории вероятностей. Надежность, определяемую на стадии эксплуатации, называют эксплуатационной надежностью [2, 3].

Вопросами надежности гидротехнических сооружений занимались многие ученые: Ц. Е. Мирцхулава, Ю. М. Косиченко, Д. В. Стефанишин, О. М. Финагенов, А. В. Колганов, А. В. Ищенко, О. А. Баев, С. В. Евдокимов и др. [1–7]. В работе Ю. М. Косиченко и др. [8] рассмотрены критерии эксплуатационной надежности каналов с облицовками из полимерных, геокомпозитных и бетононаполняемых противофильтрационных материалов. В работах зарубежных авторов [9–11] представлена оценка долговечности конструкций в целях обеспечения их безопасности и устойчивости. Результаты оценки эксплуатационных характеристик, работоспособности и структурной целостности бетонных и железобетонных конструкций рассмотрены в работе С. Фрайдея и др. [12].

Целью статьи является оценка эксплуатационной надежности каналов с покрытием из бетононаполняемых материалов, в т. ч. бетонных матов.

Материалы и методы. Современные методы расчетов надежности различных

сооружений делятся на детерминистические и вероятностные. Первые дают определенные расчетные условия, вторые – вероятностные. При заданных вероятностных параметрах нагрузки, материалов, размеров и формы конструкции имеется вероятность (P) ее разрушаемости. Такие параметры определяются в результате накопления и обработки статистических данных [2].

Теория надежности позволяет решать задачи надежности систем сооружений в увязке с вопросами экономики, вырабатывать организационные мероприятия для повышения надежности изучаемых систем, сооружений и их элементов. При изучении надежности различных объектов наиболее часто используются следующие законы распределения времени безотказной работы: экспоненциальный, усеченный нормальный, Релея, Гамма, Вейбулла, логарифмически нормальный [13].

Для оценки фильтрационной безопасности и эксплуатационной надежности оросительных каналов могут использоваться методы, предложенные О. М. Финагеновым и С. Г. Шульманом [3]. Оценка состояния гидротехнических сооружений с точки зрения технической системы, состоящей из множества элементов и находящейся под воздействием разнообразных нагрузок, является сложной и ответственной задачей. Объект диагностирования представляет собой, как правило, совокупность нескольких элементов, объединенных в один объект по функциональному признаку и расположению.

Среди методов технической диагностики необходимо отметить метод, основанный на обобщенной теореме (формуле) Байеса. Это одна из основных теорем теории вероятностей, которая позволяет определить вероятность того или иного события (гипотезы) при наличии лишь косвенных тому подтверждений (данных) [7].

Результаты и обсуждение. Оросительные каналы предназначены для транспортировки воды водопотребителям. В настоящее время КПД многих каналов в нашей стране не превышает 0,70–0,80. Некоторые каналы имеют очень низкий КПД на уровне 0,60–0,65, поэтому большое внимание должно уделяться надежности противофильтрационных облицовок в целях обеспечения нормативного значения их КПД 0,90–0,95¹. Такие негативные процессы, как попеременное замораживание-оттаивание, заиливание, зарастание и последующее уменьшение скорости течения воды, снижают КПД по всей протяженности каналов.

Для предотвращения развития негативных процессов предлагается использовать быстровозводимое бетононаполняемое покрытие, представляющее собой гибкую, пропитанную цементом ткань, затвердевающую при гидратации с образованием тонкого, прочного, водонепроницаемого и огнестойкого бетонного слоя. Материал позволяет производить строительство без применения смесительного оборудования и крупногабаритной специализированной техники [14].

В сухом состоянии бетононаполняемый материал довольно гибкий, его поставляют в рулонах. Слой из поливинилхлорида на нижней поверхности материала обеспечивает полную водонепроницаемость, а гидрофильные волокна (полиэтиленовые и полипропиленовые нити) на противоположной поверхности способствуют гидратации, притягивая воду в цементную смесь. Гидратация покрытия осуществляется путем распыления воды или погружения материала в воду. По истечении 24 ч бетонное полотно набирает 80 % прочности [15, 16].

Далее рассмотрим методику оценки надежности каналов с покрытием из бетононаполняемого материала. Найдем допускаемую скорость в канале при следующих

¹Мелиоративные системы и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.06.03-85: СП 100.13330.2016: утв. М-вом стр-ва и жилищ.-коммун. хоз-ва Рос. Федерации 16.12.16: введ. в действие с 17.06.17. М.: Изд-во стандартов, 2017. 209 с.

условиях: канал постоянного действия, удельный вес бетонного полотна с основанием $\rho_4 = 2,73 \text{ т/м}^3$, удельный вес воды $\rho_0 = 1 \text{ т/м}^3$, среднеарифметическое сопротивление $C = 0,39 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

Необходимые данные для расчета значений равнодействующей подъемного усилия P_B , Н, результирующего усилия $P_{\text{л}}$, Н, нормативного сопротивления от статического значения сцепления C_y , Н/м², и массы бетонного полотна в воде G_B , т, устанавливаем по формулам (1)–(4). При предельном состоянии решим задачу по соотношению:

$$\frac{P_B}{m_p F} + \frac{P_{\text{л}} \delta_1 d}{m_{\text{и}} \omega} \leq C_y + \frac{G_B}{F}, \quad (1)$$

где P_B – равнодействующая подъемного усилия, Н;

m_p , $m_{\text{и}}$ – коэффициенты условий деформации материала соответственно на растяжение и изгиб;

F – площадь опорной части бетонного полотна, м²;

$P_{\text{л}}$ – лобовое результирующее усилие, Н;

δ_1 – плечо силы лобового сопротивления, м;

d – толщина материала, м;

ω – момент сопротивления опорной части, м³;

C_y – нормативное сопротивление от статического значения сцепления, кПа;

G_B – масса бетонного полотна в воде, кг.

Нормативное сопротивление от статического значения сцепления:

$$C_y = 0,035 \cdot C_{\text{ш}}, \quad (2)$$

где $C_{\text{ш}}$ – статистическое значение сцепления грунта, кПа.

Лобовое результирующее усилие $P_{\text{л}}$, Н, определяется по формуле (3), при отсутствии данных специальных исследований его значение можно приближенно принять по числу Струхала равным 0,73 [2]:

$$P_{\text{л}} = \rho_0 \lambda_x \frac{v_{\Delta}^2}{2g} \delta_2 d^2, \quad (3)$$

где ρ_0 – удельный вес воды, кг/м³;

λ_x – коэффициент лобового сопротивления;

v_{Δ} – скорость течения воды, м/с;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

δ_2 – коэффициент равномерности, принимаемый по данным Ц. Е. Мирцхулавы [2].

Равнодействующая подъемного усилия P_B , Н, определяется по формуле:

$$P_B = \rho_0 \lambda_y \frac{v_{\Delta}^2}{2g} \delta_3 d^2, \quad (4)$$

где λ_y – коэффициент подъемного усилия (по данным Ц. Е. Мирцхулавы [2] $\lambda_x = 0,4 \dots 0,45$; $\frac{\lambda_x}{\lambda_y} = 0,25$);

δ_3 – коэффициент равномерности, принимаемый по данным Ц. Е. Мирцхулавы [2];

$\delta_3 \cdot d^2$ – площадь миделя для подъемного усилия, м².

Масса бетонного полотна в воде G_B , кг:

$$G_B = \frac{\pi}{6} (\rho_4 - \rho_0) d^3,$$

где π – математическая постоянная;

ρ_4 – удельный вес материала, кг/м³.

Площадь опорной части бетонного полотна:

$$F = \frac{\pi}{4} (\delta_4 d)^2,$$

где δ_4 – коэффициент равномерности, принимаемый по данным Ц. Е. Мирцхулавы [2].

Момент сопротивления опорной части:

$$\omega = 0,0982(\delta_4 d)^2.$$

Подставляя соответствующие значения в уравнение (1) и выразив из него сопротивление C_y , получаем:

$$C_y = \frac{\rho_0 v_\Delta^2}{2gm} \left[\frac{4\lambda_y \delta_3}{\pi \delta_4^2} + \frac{\lambda_x \delta_2 \delta_1}{0,0982 \delta_4^3} \right] - \frac{2(\rho_4 - \rho_0)}{3 \delta_4^2} d,$$

где m – коэффициент условий работы материала на растяжение и изгиб (для данного расчета с приемлемой точностью принимаем $m_p = m_n = m$).

Приняв осредненные значения коэффициентов $\lambda_x = 0,42$, $\lambda_y = 0,10$, $\delta_1 = 0,4$, $\delta_2 = 0,5$, $\delta_3 = 0,785$, $\delta_4 = 0$, получаем решение уравнения:

$$1,3 \frac{\rho_0}{g} v_\Delta^2 = 2m[0,8(\rho_4 - \rho_0)d + C_y].$$

Обозначив левую часть уравнения через τ_{v_Δ} , получим:

$$1,3 \frac{\rho_0}{g} v_\Delta^2 = \tau_{v_\Delta}, \quad (5)$$

где τ_{v_Δ} – суммарное напряжение отрыва, обусловленное воздействием потока на материал.

Среднее число выбросов в единицу времени v_{R_d} найдем из выражения:

$$v_{R_d} = \bar{v}_{\tau_{v_\Delta}} \exp \left[-\frac{(R_d - \tau_{v_\Delta})}{2\sigma_{\tau_{v_\Delta}}^2} \right],$$

где $\bar{v}_{\tau_{v_\Delta}}$ – число выбросов дисперсии напряжения;

R_d – уровень напряжения сопротивления размыву, МПа;

$\sigma_{\tau_{v_\Delta}}$ – среднеквадратическое отклонение суммарного напряжения отрыва τ_{v_Δ} .

Вероятность P появления n превышений уровня напряжения сопротивления размыву R_d за время T запишем в виде:

$$P = \frac{(Tv)^n}{n!} e^{-Tv}, \quad (6)$$

где P – вероятность появления числа превышений уровня напряжения сопротивления материала;

T – гарантийный срок службы облицовки из бетононаполняемого материала, лет;

n – число превышений уровня напряжения сопротивления материала;

ν – средняя частота выбросов в единицу времени, 1/год.

Математическое ожидание числа выбросов является единственным параметром, входящим в выражение (6), тогда при $n = 0$ имеем:

$$P = e^{-\nu T}. \quad (7)$$

Решая совместно уравнения (6) и (7) относительно $\tau_{U_{\Delta}}$, найдем:

$$\bar{\tau}_{\nu_{\Delta}} = \frac{\bar{R}_d}{1 + \frac{\sqrt{\sigma_{\nu_{\Delta}}^2 + \sigma_{R_d}^2}}{\bar{\tau}_{\nu_{\Delta}}} \sqrt{-2 \ln \left(\frac{-\ln P}{\rho_0 T \bar{\nu}_{\tau_{\nu_{\Delta}}}} \right)}}, \quad (8)$$

где $\sigma_{\nu_{\Delta}}$ – среднеквадратическое отклонение скорости течения ν_{Δ} ;

σ_{R_d} – среднеквадратическое отклонение сопротивляемости R_d ;

$\bar{\nu}_{\tau_{\nu_{\Delta}}}$ – число выбросов напряжений отрыва.

Таким образом, характеристика надежности облицовки канала из бетононаполняемого материала η_H может быть представлена в следующем виде:

$$\eta_H = 1 + \frac{\sqrt{\sigma_{\tau_{\nu_{\Delta}}^2 + \sigma_{R_d}^2}}{\bar{\tau}_{\nu_{\Delta}}} \sqrt{-2 \ln \left(\frac{-\ln P}{\bar{\nu}_{\tau_{\nu_{\Delta}}} \cdot T \cdot \rho_4} \right)}.$$

Тогда уравнение (5) с учетом характеристики надежности можно записать в виде:

$$\frac{\eta_H}{m} \bar{\tau}_{\nu_{\Delta}} = \bar{R}_d.$$

Выполняя аналогичные преобразования, получим зависимости для допускаемых (неразмывающих) донных и средних скоростей потока:

$$U_{\text{н.доп}} = \left(\lg \frac{8,8H}{d} \right) \sqrt{\frac{2gm}{2,6\rho_0\eta_H} \left[(\rho_4 - \rho_0)d + 1,25(C_y) \right]}, \quad (9)$$

$$U_{\Delta\text{н.доп}} = 1,25 \sqrt{\frac{2gm}{2,6\rho_0\eta_H} \left[(\rho_4 - \rho_0)d + 1,25(C_y) \right]}, \quad (10)$$

где $U_{\text{н.доп}}$ – допускаемая средняя скорость, м/с;

$U_{\Delta\text{н.доп}}$ – допускаемая донная скорость, м/с;

H – глубина потока, м.

Задаваясь достаточно высоким значением вероятности безотказной работы облицовки ($P = 0,9$, $P = 0,95$, $P = 0,99$, $P = 0,995$, $P = 0,999$), можно установить скорости течения потока без размыва, при которых размыв основания будет практически невозможным событием для заданного срока воздействия потока T (гарантийный срок службы облицовки из бетононаполняемого материала).

При вероятности работы канала без размыва $P = 0,90$ и гарантийном сроке службы облицовки $T = 70$ лет (или $T = 2207520000$ с) по выражению (7) получим характеристику надежности, равную $\eta_H = 3,868$.

Далее по формулам (9), (10) устанавливаем допускаемую (неразмывающую) донную и среднюю скорости с заданными надежностью и сроком службы канала, которые составят $U_{\Delta\text{н.доп}} = 0,162$ м/с, $U_{\text{н.доп}} = 0,500$ м/с.

Аналогично произведем расчет при вероятностях работы канала без размыва:

$P = 0,95$, $P = 0,99$, $P = 0,995$, $P = 0,999$. Найдем допускаемые (неразмывающие) донные и средние скорости (результаты расчета представлены в таблице 1).

Таблица 1 – Результаты расчета характеристик надежности и допускаемых донных и средних скоростей потока в канале с бетононаполняемым покрытием

Table 1 – The results of calculation of the features of reliability and permissible bottom and average flow velocities in a canal with a concrete-filled coating

Вероятность работы без размыва P	Характеристика надежности η_n	Допускаемая донная скорость $U_{\Delta n_{доп}}$, м/с	Допускаемая средняя скорость $U_{n,доп}$, м/с
0,90	3,868	0,162	0,500
0,95	3,906	0,161	0,498
0,99	3,988	0,159	0,493
0,995	4,022	0,159	0,491
0,999	4,100	0,157	0,486

По результатам расчета получены характеристики надежности η_n в пределах 3,868–4,100, по которым получены значения допускаемой средней скорости водного потока на уровне 0,486–0,500 м/с.

Выводы

1 В результате длительной эксплуатации гидромелиоративных сооружений возникает необходимость реконструкции их отдельных участков. Для повышения эффективности и надежности таких сооружений необходимо использование современных строительных материалов, позволяющих существенно продлить их срок службы. Было предложено использовать быстровозводимое бетононаполняемое покрытие, отличающееся водонепроницаемостью, прочностью, долговечностью и простотой укладки.

2 В результате проведенного расчета были определены значения характеристики надежности канала с бетононаполняемым покрытием, допускаемые донные и допускаемые средние скорости. Характеристики надежности были получены в пределах 3,868–4,100, допускаемая донная скорость определена в границах 0,157–0,162 м/с, а допускаемая средняя скорость 0,486–0,500 м/с.

Список источников

1. Косиченко Ю. М., Ломакин А. В. Гибкие конструкции противофильтрационных и берегоукрепительных покрытий с применением геосинтетических материалов // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2012. № 5(168). С. 73–79.
2. Мирцзулава Ц. Е. О надежности крупных каналов. М.: Колос, 1981. 318 с.
3. Финагенов О. М., Шульман С. Г. К вопросу оценки эксплуатационной надежности гидротехнических сооружений // Известия Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники им. Б. Е. Веденеева. 1999. Т. 234. С. 7–15.
4. Карпенко Н. П., Юрченко И. Ф. Классификация мероприятий безопасной эксплуатации мелиоративных систем // Природообустройство. 2016. № 1. С. 58–62.
5. Ольгаренко Д. Г. Технический уровень и эффективность эксплуатации мелиоративных систем // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2015. № 4(20). С. 287–295. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=839> (дата обращения: 13.01.2023).
6. Бандурин М. А. Совершенствование методов продления жизненного цикла технического состояния длительно эксплуатируемых водопроводящих сооружений // Инже-

нерный вестник Дона [Электронный ресурс]. 2013. № 1(24). URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2013/1510> (дата обращения: 13.01.2023).

7. Косиченко Ю. М., Баев О. А. Многослойные конструкции противотрационных покрытий с бентонитовыми матами и оценка их сравнительной эффективности // Гидротехническое строительство. 2019. № 3. С. 37–43.

8. Косиченко Ю. М., Угроватова Е. Г., Баев О. А. Обоснование расчетных зависимостей трационных сопротивлений конструкций облицовок каналов // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. 2015. Т. 278. С. 35–46.

9. Хевиленд Р. Инженерная надежность и расчет на долговечность. М.; Л.: Энергия, 1966. 232 с.

10. Yao J., Gu H. Durability assessment based on design-value method for structure design // KSCE Journal of Civil Engineering. 2018. Vol. 22. P. 1377–1383. DOI: 10.1007/s12205-017-0094-z.

11. Yu B., Ning C., Li B. Probabilistic durability assessment of concrete structures in marine environments: Reliability and sensitivity analysis // China Ocean Engineering. 2017. Vol. 31. P. 63–73. DOI: 10.1007/s13344-017-0008-3.

12. Structural reliability and durability assessment of reinforced concrete structures / S. Freitag, K. Kremer, P. Edler, M. Hofmann, G. Meschke // Proceedings of the 29th European Safety and Reliability Conference. 2019. P. 2229–2236. DOI: 10.3850/978-981-11-2724-30934-cd.

13. Ефремов Л. В. Практика вероятностного анализа надежности техники с применением компьютерных технологий. СПб.: Наука, 2008. 216 с.

14. Абдразаков Ф. К., Рукавишников А. А. Исключение непроизводительных потерь водных ресурсов из оросительной сети за счет использования инновационных облицовочных материалов // Аграрный научный журнал. 2019. № 10. С. 91–94. DOI: 10.28983/asj.y2019i10pp91-94.

15. Талалаева В. Ф. К вопросу применения бетонного полотна в гидромелиоративном строительстве // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2021. № 2(82). С. 71–77.

16. Баев О. А., Талалаева В. Ф. Конструктивно-технологические решения для создания и восстановления покрытий оросительных каналов // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2022. Т. 12, № 2. С. 177–191. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1285> (дата обращения: 13.01.2023). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-2-177-191>.

References

1. Kosichenko Yu.M., Lomakin A.V., 2012. *Gibkie konstruksii protivofil'tratsionnykh i beregoukrepitel'nykh pokrytiy s primeneniem geosinteticheskikh materialov* [Flexible structures of anti-seepage and coast protection coatings using geosynthetic materials]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Tekhnicheskie nauki* [Bulletin of Higher Educational Institutions. North Caucasian Region. Technical Science], no. 5(168), pp. 73-79. (In Russian).

2. Mirtskhulava Ts.E., 1981. *O nadezhnosti krupnykh kanalov* [On Reliability of Large-Scale Canals]. Moscow, Kolos Publ., 318 p. (In Russian).

3. Finagenov O.M., Shulman S.G., 1999. *K voprosu otsenki ekspluatatsionnoy nadezhnosti gidrotekhnicheskikh sooruzheniy* [On evaluation of operational reliability of hydraulic structures]. *Izvestiya Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta gidrotekhniki im. B. E. Vedeneeva* [Proceedings of the VNIIG named after Vedenev B.E.], vol. 234, pp. 7-15. (In Russian).

4. Karpenko N.P., Yurchenko I.F., 2016. *Klassifikatsiya meropriyatiy bezopasnoy ekspluatatsii meliorativnykh sistem* [Classification of measures for safe operation of land reclamation systems]. *Prirodooobustroystvo* [Environmental Engineering], no. 1, pp. 58-62. (In Russian).
5. Olgarenko D.G., 2015. [Technical level and operation efficiency of operation of reclamation systems]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 4(20), pp. 287-295, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=839> [accessed 13.01.2023]. (In Russian).
6. Bandurin M.A., 2013. [Improving the methods for extending the life cycle of the technical condition of long-term operated water conveyance facilities]. *Inzhenernyy vestnik Dona*, no. 1(24), available: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2013/1510> [accessed 13.01.2023]. (In Russian).
7. Kosichenko Yu.M., Baev O.A. 2019. *Mnogosloynnye konstruksii protivofil'tratsionnykh pokrytiy s bentonitovymi matami i otsenka ikh sravnitel'noy effektivnosti* [Multilayer anti-seepage liners with bentonite mats and comparison of their effectiveness]. *Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo* [Hydrotechnical Construction], no. 3, pp. 37-43. (In Russian).
8. Kosichenko Yu.M., Ugrovatova E.G., Baev O.A., 2015. *Obosnovanie raschetnykh zavisimostei fil'tratsionnykh soprotivlenii konstruksii oblitsovok kanalov* [Substantiation of the calculated dependences of the filtration resistances of canal lining structures]. *Izvestiya Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta gidrotekhniki im. B. E. Vedeneeva* [Proceedings of the VNIIG named after Vedenev B.E.], vol. 278, pp. 35-46. (In Russian).
9. Haviland R., 1966. *Inzhenernaya nadezhnost' i raschet na dolgovechnost'* [Engineering Reliability and Long-Life Design]. Moscow, Leningrad, Energy Publ., 232 p. (In Russian).
10. Yao J., Gu H., 2018. Durability assessment based on design-value method for structure design. *KSCE Journal of Civil Engineering*, vol. 22, pp. 1377-1383, DOI: 10.1007/s12205-017-0094-z.
11. Yu B., Ning C., Li B., 2017. Probabilistic durability assessment of concrete structures in marine environments: Reliability and sensitivity analysis. *China Ocean Engineering*, vol. 31, pp. 63-73, DOI: 10.1007/s13344-017-0008-3.
12. Freitag S., Kremer K., Edler P., Hofmann M., Meschke G., 2019. Structural reliability and durability assessment of reinforced concrete structures. *Proceedings of the 29th European Safety and Reliability Conference*, pp. 2229-2236, DOI: 10.3850/978-981-11-2724-30934-cd.
13. Efremov L.V., 2008. *Praktika veroyatnostnogo analiza nadezhnosti tekhniki s primeneniem komp'yuternykh tekhnologiy* [Practice of Probabilistic Analysis of Reliability of Computer-Based Technologies]. St. Petersburg, Nauka Publ., 216 p. (In Russian).
14. Abdrazakov F.K., Rukavishnikov A.A., 2019. *Isklyuchenie neproizvoditel'nykh poter' vodnykh resursov iz orositel'noy seti za schet ispol'zovaniya innovatsionnykh oblitsovochnykh materialov* [Elimination of unproductive losses of water resources from the irrigation network through the use of modern facing materials]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal* [Agrarian Scientific Journal], no. 10, pp. 91-94, DOI: 10.28983/asj.y2019i10pp91-94. (In Russian).
15. Talalaeva V.F., 2021. *K voprosu primeneniya betonного polotna v gidromeliorativnom stroitel'stve* [On issue of using concrete canvas in irrigation and drainage construction]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 2(82), pp. 71-77. (In Russian).
16. Baev O.A., Talalaeva V.F., 2022. [Design and technological solutions for irrigation canal coating formation and resurfacing]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 12, no. 2, pp. 177-191, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1285> [accessed 13.01.2023], <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-2-177-191>. (In Russian).

Информация об авторах

В. Ф. Талалаева – младший научный сотрудник;
А. А. Додонов – аспирант.

Information about the authors

V. F. Talalaeva – Junior Researcher;
A. A. Dodonov – 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 10.02.2023; одобрена после рецензирования 17.02.2023;
принята к публикации 28.02.2023.*

*The article was submitted 10.02.2023; approved after reviewing 17.02.2023; accepted for
publication 28.02.2023.*