

## АКТУАЛЬНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ МЕЛИОРАЦИИ

Научная статья  
УДК 626.823.91

### Инновации в технологии ремонта облицованных оросительных каналов для повышения их долговечности

**Эмиль Эдинович Сафин**

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, Саратов, Российская Федерация, mister.safimil@yandex.ru,  
<https://orcid.org/0000-0003-3203-9703>

**Аннотация.** **Цель:** анализ состояния оросительных каналов и технологий ремонта облицованных оросительных каналов с помощью композитных материалов для повышения их долговечности и надежности. **Материалы и методы.** При проведении исследования использовался метод эмпирического познания, который послужил синтезом для теоретического анализа литературы дедуктивным методом, включавший в себя реферирование, конспектирование и цитирование общих и специальных научных трудов ученых. Также в работе использовались математические и статистические методы. **Результаты.** При применении традиционных методов облицовки оросительных каналов возникает ряд проблем, которые могут сказываться на их эффективности и долговечности. По сравнению с ними композитные материалы имеют ряд преимуществ при ремонте оросительных каналов, благодаря которым они считаются ценным нововведением в этой области: прочность и долговечность, коррозионная стойкость, низкий вес (масса), химическая устойчивость, термостойкость, низкие затраты на обслуживание, простота монтажа, устойчивость к биологическим воздействиям. Использование композитов при ремонте оросительных каналов позволяет таким образом не только увеличить их прочностные характеристики, но и уменьшить общие затраты на эксплуатацию, что делает их одним из предпочтительных вариантов в современном строительстве и ремонте инфраструктуры. Существует несколько передовых технологий и методов ремонта с использованием композитных материалов, которые применяются в восстановлении и усилении оросительных каналов: ламинирование на месте, напыление композитных материалов, укладка вручную, роботизированные системы укладки, фиброволоконные оболочки, системы впрыска смол, 3D-печать композитов, геосинтетические материалы. **Выводы.** Использование инновационных противофильтрационных материалов снижает потери воды в системах орошения, повышая их надежность и эксплуатационные качества, что обеспечивает устойчивость оросительных конструкций на долгий срок.

**Ключевые слова:** композитный материал, облицованный оросительный канал, орошение, ремонт, реконструкция, противофильтрационная облицовка

**Апробация результатов исследования:** основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Актуальные научные исследования в области мелиорации» (г. Новочеркасск, 31 мая 2024 г.).

**Для цитирования:** Сафин Э. Э. Инновации в технологии ремонта облицованных оросительных каналов для повышения их долговечности // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2024. Т. 93, № 2. С. 69–78.



## CURRENT SCIENTIFIC RESEARCH IN THE FIELD OF LAND RECLAMATION

Original article

### **Innovations in the repairing technology of composite-lined irrigation canals to increase their durability**

**Emil E. Safin**

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov, Saratov, Russian Federation, mister.safimil@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3203-9703>

**Abstract. Purpose:** to analyze the condition of irrigation canals and technologies for repairing lined irrigation canals with composite materials to increase their durability and reliability. **Materials and methods.** The method of empirical cognition, which served as a synthesis for the theoretical analysis of literature by the deductive method, which included abstracting, taking notes and quoting of general and special scientific works of scientists are used. The mathematical and statistical methods were also used. **Results.** The traditional methods of the irrigation canal lining face a number of problems that can affect their efficiency and longevity. Compared with them, the composite materials have a number of advantages in the irrigation canal repair, due to which they are considered a valuable innovation in this field: strength and durability, corrosion resistance, low weight (mass), chemical resistance, heat resistance, low maintenance costs, ease of installation, resistance to biological influence. Thus, the use of composites in the irrigation canal repair allows not only to increase their strength characteristics, but also to reduce the overall cost of operation that makes them one of the preferred options in modern construction and infrastructure repairs. There are several advanced technologies and repair methods using composite materials that are used in the restoration and reinforcement of irrigation channels: on-site lamination, composite material spraying, hand-spreading, robotic spreading systems, fiber membrane, resin injection systems, 3D composite printing, geosynthetic materials. **Conclusions.** The use of innovative impervious materials reduce water losses in irrigation systems, increasing their reliability and performance, which ensures the irrigation structural stability for a long time.

**Keywords:** composite material, lined irrigation canal, irrigation, repair, reconstruction, impervious lining

**Evaluation of the research results:** the fundamental principles of the article were reported at the All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists “Current Scientific Research in the Field of Land Reclamation” (Novocherkassk, May 31, 2024).

**For citation:** Safin E. E. Innovations in the repairing technology of composite-lined irrigation canals to increase their durability. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2024;93(2):69–78. (In Russ.).

**Введение.** Эффективное управление гидроресурсами в агрофере включает в себя задачу минимизации потерь воды вследствие фильтрации, которая в среднем достигает 20–30 % от общего водопотребления. Существенные потери воды из-за фильтрации зачастую коррелируют с устареванием материалов и деградацией облицовки каналов, что усугубляется при длительных периодах эксплуатации. В контексте России износ инфра-

структур некоторых оросительных каналов может превышать 50 %, что подчеркивает критичность проблемы, назревает прямая необходимость в проведении строительных, реконструктивных и ремонтных мероприятий, ориентированных на внедрение инновационных технологий и прогрессивных материалов для достижения повышенной эффективности и устойчивости оросительных каналов [1, 2].

**Материалы и методы.** При проведении исследования использовался метод эмпирического познания, который послужил синтезом для теоретического анализа литературы дедуктивным методом. Теоретический метод включал в себя реферирование, конспектирование и цитирование общих и специальных научных трудов ученых по данному наукоемкому направлению. В работе применялись математические и статистические методы для получения и установления количественных зависимостей между изучаемыми явлениями. Математический метод включал в себя регистрацию данных. Статистический метод включал в себя определение средних величин полученных показателей при соответственно сравнении и получении количественной или качественной зависимости для исследуемого процесса.

**Результаты и обсуждения.** При применении традиционных методов облицовки оросительных каналов возникает ряд проблем, которые могут сказываться на их эффективности и долговечности (рисунок 1).

По сравнению с ними композитные материалы имеют ряд преимуществ при ремонте оросительных каналов, благодаря которым они считаются ценным нововведением в этой области [3]:

- прочность и долговечность. Композиты обладают высокой прочностью и устойчивостью к механическим воздействиям, что делает их идеальными для укрепления структурных элементов каналов и, соответственно, продления их срока службы;

- коррозионная стойкость. В отличие от некоторых металлов, компо-

зитные материалы отличаются стойкостью к коррозии, включая воздействие влаги, химических веществ. Это предотвращает разрушение и образование трещин;

- низкий вес (масса). Композиты, как правило, легче металлов, что облегчает их транспортировку и монтаж, а также снижает нагрузку на конструкции, это особенно важно для каналов на слабых грунтах;

- химическая устойчивость. Эти материалы устойчивы к воздействию химических веществ, что исключает их разложение от длительного контакта с различными видами воды, в т. ч. загрязненной или обогащенной химикатами;

- термостойкость. Композиты могут выдерживать значительные перепады температур без потери своих свойств, что делает их пригодными для использования в различных климатических условиях;

- низкие затраты на обслуживание. Благодаря своей устойчивости ко многим видам повреждений, композиты требуют значительно меньше затрат на ремонт и обслуживание по сравнению с другими материалами;

- простота монтажа. Композитные материалы часто можно монтировать без использования специального оборудования, что сокращает время ремонта и его стоимость;

- устойчивость к биологическим воздействиям. Композиты не подвергаются гниению и не являются питательной средой для роста микроорганизмов, что предотвращает биологические повреждения.

Использование композитов при ремонте оросительных каналов позволяет таким образом не только увеличить их срок службы и надежность, но и уменьшить общие затраты на эксплуатацию. Это делает композиты одним из предпочтительных вариантов в современном строительстве и ремонте инфраструктуры [4].



**Рисунок 1 – Повреждения противофильтрационного покрытия магистрального канала 1-й очереди Энгельсской оросительной системы (автор фото Э. Э. Сафин)**

**Figure 1 – Damage to the impervious coating of the main canal of the 1st stage of the Engels irrigation system (photo by E. E. Safin)**

Существует несколько передовых технологий и методов ремонта с использованием композитных материалов, которые находят применение в восстановлении и усилении оросительных каналов:

- ламинирование на месте. Используя слои композитных материалов и смол, можно создать прочные ламинированные слои непосредственно на поверхности канала. Это усиливает конструкцию и защищает ее от внешних воздействий;

- напыление композитных материалов. Технология напыления позволяет быстро наносить композитные покрытия на большие поверхности. Этот метод часто используется для создания герметичных и прочных покрытий [5];

- укладка вручную. Этот метод включает ручное наложение композитных материалов, таких как волокно-армированные пластики, на поврежденные участки, что обеспечивает точную адаптацию к сложным формам;

- роботизированные системы укладки. Последние инновации включают в себя использование роботизированного оборудования для нанесения композитных материалов, позволяя автоматизировать процесс ремонта и укладки покрытий;

- системы впрыска инъекционных материалов. На рисунке 2 представлен ремонт трещин и утечек, осуществляющийся путем инъекции в них специальных смол, которые быстро затвердевают и образуют прочное и водонепроницаемое покрытие [6];

- геосинтетические материалы. Геотекстильные материалы и геомембраны из композитов используются для создания барьеров против эрозии и как основа для регенерации берегов и дна каналов [7] (рисунок 3);

- 3D-печать композитов. Применение 3D-печати позволяет создавать композитные компоненты с точными характеристиками, которые затем могут быть интегрированы в структуру оросительных каналов [8];

- фиброволоконные оболочки. Оболочки, сделанные из углеродных, стеклянных или арамидных волокон, импрегнированных полимерной смолой, обеспечивают высокую прочность и могут наноситься на поврежденные участки каналов для их усиления [9].

Эти технологии нацелены на минимизацию времени и стоимости ремонта, при этом повышаются качество и долговечность восстановленных каналов. Выбор конкретного метода зависит от многих факторов, включая степень повреждения, технические требования к ремонтируемым участкам и общие эксплуатационные условия [10].



*a* – общий вид нагнетаемого ремонтного материала через установленные иньекторы;  
*b* – заполнение повреждения ремонтным составом через иньекторы в разрезе  
*a* – general view of the injected repair material through the installed injectors;  
*b* – filling the damage with repair compound through injectors in the section

**Рисунок 2 – Нагнетание полимерных инъекционных материалов в трещину железобетонной конструкции облицовки канала (А. Ю. Гарбуз)**

**Figure 2 – Injection of polymer injection materials into a crack of a reinforced concrete structure of a canal lining (A. Yu. Garbuz)**



**Рисунок 3 – Облицованный геосинтетической мембраной оросительный канал (автор фото Э. Э. Сафин)**

**Figure 3 – Irrigation canal lined with geosynthetic membrane (photo by E. E. Safin)**

**Выводы.** Применение инновационных технологий и материалов для ремонта противофильтрационных покрытий является перспективным на-

правлением для дальнейших исследований. Эти инновационные материалы отличаются высокой устойчивостью к нагрузкам, продолжительным сроком службы, экологической безопасностью и экономичностью. Применение их в системах орошения способствует уменьшению потерь воды и препятствует ее фильтрации, что непосредственно повышает надежность облицовочных конструкций и эффективность функционирования оросительных систем в целом. Это, в свою очередь, улучшает эксплуатационные характеристики оросительных каналов и гарантирует их надежную и долговременную эксплуатацию.

### Список источников

1. Абдразаков Ф. К. Ресурсосберегающие технологии и машины для интенсификации мелиоративного производства: монография / Сарат. гос. аграр. ун-т им. Н. И. Вавилова. Саратов, 2019. 164 с. EDN: PARGMX.
2. Баев О. А., Косиченко Ю. М. Инновационные способы ремонта бетонных водопроводящих сооружений композиционными материалами // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. 2021. Т. 3, № 1. С. 55–65. URL: <http://www.ecology-wm.ru/article-67.html?n=102> (дата обращения: 15.04.2024). DOI: 10.31774/2658-7890-2021-3-1-55-65. EDN: YBMAIW.
3. Абдразаков Ф. К., Рукавишников А. А. Интенсификация мелиоративного производства за счет совершенствования технологий реконструкции и строительства оросительных каналов Саратовской области // Аграрный научный журнал. 2018. Т. 10. С. 48–51. DOI: 10.28983/asj.v0i10.589. EDN: YLWDCX.
4. Increasing efficiency of water resources use in forage crops irrigation / F. K. Abdrazakov, T. A. Pankova, S. V. Zatinatsky, S. S. Orlova, Y. E. Trushin // International Journal of Advanced Biotechnology and Research. 2017. Vol. 8, iss. 1. P. 283–293. EDN: ZGTLHB.
5. Гарбуз А. Ю., Талалаева В. Ф. Технология ремонта бетонных облицовок каналов битумно-полимерной мастикой // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2021. Т. 11, № 3. С. 299–313. URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1229> (дата обращения: 15.04.2024). DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-3-299-313. EDN: BWOBXB.
6. Гарбуз А. Ю., Баев О. А. Ремонт бетонных облицовок каналов полимерными композициями // Проблемы и перспективы развития мелиорации в современных условиях: сб. науч. тр. по материалам науч.-практ. конф., г. Энгельс, 25–27 мая 2016 г. / ФГБНУ «ВолжНИИГиМ». Энгельс, 2016. С. 169–174. EDN: YVPOVG.
7. Колганов А. В., Косиченко Ю. М., Складенко Е. О. Противофильтрационные облицовки каналов с использованием геосинтетических материалов // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2022. Т. 12, № 3. С. 210–226. URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1302> (дата обращения: 15.04.2024). DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-3-210-226. EDN: HKSOHN.
8. Потенциальные возможности 3D-печати для получения композиционных материалов на основе синтетических и природных биополимеров (обзор) / Д. Г. Черемисин, В. Р. Мкртчян, А. Н. Иванкин, А. В. Устюгов, М. И. Маслов, А. А. Никонорова //

Лесной вестник. 2021. Т. 25, № 5. С. 111–118. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-5-111-118.  
EDN: AHHWEU.

9. Вопросы усиления железобетонных конструкций композитами: 1. Экспериментальные исследования особенностей усиления композитами изгибаемых железобетонных конструкций / И. Г. Овчинников, Ш. Н. Валиев, И. И. Овчинников, В. С. Зиновьев, А. Д. Умиров // Вестник евразийской науки. 2012. № 4(13). С. 89. EDN: PVXFPP.

10. Абдразаков Ф. К., Сафин Э. Э. Современные композитные материалы, применяемые для ремонта облицованных оросительных каналов // Современные проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения: материалы XIII Нац. конф. с междунар. участием, г. Саратов, 20–21 апр. 2023 г. Саратов: СГАУ, 2023. С. 182–186. EDN: CRYAOM.

## References

1. Abdrazakov F.K., 2019. *Resursosberegayushchie tekhnologii i mashiny dlya intensivatsii meliorativnogo proizvodstva: monografiya* [Resource-Saving Technologies and Machinery for the Intensification of Land Reclamation Production: monograph]. Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov, Saratov, 164 p., EDN: PARGMX. (In Russian).

2. Baev O.A., Kosichenko Yu.M., 2021. [Innovative ways of concrete water-supply structures repair with composite materials]. *Ekologiya i vodnoe khozyaystvo*, vol. 3, no. 1, pp. 55-65, available: <http://www.ecology-wm.ru/article-67.html?n=102> [accessed 15.04.2024], DOI: 10.31774/2658-7890-2021-3-1-55-65, EDN: YBMIAW. (In Russian).

3. Abdrazakov F.K., Rukavishnikov A.A., 2018. *Intensifikatsiya meliorativnogo proizvodstva za schet sovershenstvovaniya tekhnologiy rekonstruksii i stroitel'stva orositel'nykh kanalov Saratovskoy oblasti* [Intensification of reclamation production due to improvement of technologies of reconstruction and construction of irrigation canals in Saratov region]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal* [Agricultural Scientific Journal], vol. 10, pp. 48-51, DOI: 10.28983/asj.v0i10.589, EDN: YLWDCX. (In Russian).

4. Abdrazakov F.K., Pankova T.A., Zatinatsky S.V., Orlova S.S., Trushin Y.E., 2017. Increasing efficiency of water resources use in forage crops irrigation. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research*, vol. 8, iss. 1, pp. 283-293, EDN: ZGTLHB.

5. Garbuz A.Yu., Talalaeva V.F., 2021. [Repair technology of canal concrete lining with bitumen-polymer mastic]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 11, no. 3, pp. 299-313, available: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1229> [accessed 15.04.2024], DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-3-299-313, EDN: BWOBXB. (In Russian).

6. Garbuz A.Yu., Baev O.A., 2016. *Remont betonnykh oblitsovok kanalov polimernymi kompozitsiyami* [The repair of concrete linings of the channels of the polymer compositions]. *Problemy i perspektivy razvitiya melioratsii v sovremennykh usloviyakh: sb. nauch. tr. po materialam nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Problems and Prospects for the Development of Land Reclamation in Modern Conditions: Proc. of the Scientific-Practical Conference]. FGBNU “VolzhNIIGiM”, Engels, pp. 169-174, EDN: YVPOVG. (In Russian).

7. Kolganov A.V., Kosichenko Yu.M., Sklyarenko E.O., 2022. [Impervious canal linings using geosynthetic materials]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 12, no. 3, pp. 210-226, available: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1302> [accessed 15.04.2024], DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-3-210-226, EDN: HKSOHN. (In Russian).

8. Cheremisin D.G., Mkrtschan V.R., Ivankin A.N., Ustyugov A.V., Maslov M.I., Nikonorova A.A., 2021. *Potentsial'nye vozmozhnosti 3D-pechati dlya polucheniya kompozitsionnykh materialov na osnove sinteticheskikh i prirodnykh biopolimerov (obzor)* [Potential possibilities of 3D printing for producing composite materials based on synthetic and natural bio polymers (a review)]. *Lesnoy vestnik* [Forest Bulletin], vol. 25, no. 5, pp. 111-118, DOI: 10.18698/2542-1468-2021-5-111-118, EDN: AHHWEU. (In Russian).

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2024. Т. 93, № 2. С. 69–78.  
Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture. 2024. Vol. 93, no. 2. P. 69–78.

9. Ovchinnikov I.G., Valiev Sh.N., Ovchinnikov I.I., Zinoviev V.S., Umirov A.D., 2012. *Voprosy usileniya zhelezobetonnykh konstruksiy kompozitami: 1. Eksperimental'nye issledovaniya osobennostey usileniya kompozitami izgibaemykh zhelezobetonnykh konstruksiy* [Issues of reinforcement of reinforced concrete structures with composites: 1. Experimental studies of the features of reinforcement of bent reinforced concrete structures with composites]. *Vestnik yevraziyskoy nauki* [The Eurasian Scientific Journal], no. 4(13), p. 89, EDN: PVXFPP. (In Russian).

10. Abdrazakov F.K., Safin E.E., 2023. *Sovremennye kompozitnye materialy, primenyaemye dlya remonta oblitsovannykh orositel'nykh kanalov* [Modern composite materials used for repair of lined irrigation canals]. *Sovremennye problemy i perspektivy razvitiya stroitel'stva, teplogazosnabzheniya i energoobespecheniya: materialy XIII Natsional'noy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* [Modern Problems and Prospects for the Development of Construction, Heat and Gas Supply and Energy Supply: Proc. of the XIII National Conference with International Participation]. Saratov, Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov, pp. 182-186, EDN: CRYAOM. (In Russian).

---

#### ***Информация об авторе***

**Э. Э. Сафин** – аспирант кафедры гидромелиорации, природообустройства и строительства в АПК, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, Саратов, Российская Федерация, mister.safimil@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-3203-9703.

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

**E. E. Safin** – Postgraduate Student of the Department of Hydro-Melioration, Environmental Management and Construction in the Agro-Industrial Complex, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov, Saratov, Russian Federation, mister.safimil@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-3203-9703.

*Автор несет ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.  
The author is responsible for violation of scientific publication ethics.*

*Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.  
The author declares no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 08.05.2024; одобрена после рецензирования 24.06.2024; принята к публикации 02.08.2024.  
The article was submitted 08.05.2024; approved after reviewing 24.06.2024; accepted for publication 02.08.2024.*