

Оригинальная статья

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-5-21-27>

УДК 631.6:626.821.1



МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ОБЛИЦОВАННЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ

Ф.К. Абдразаков[✉], А.А. Рукавишников, Э.Э. Сафин

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова;
410012, г. Саратов, пр-кт имени Петра Столыпина, зд. 4, стр. 3, Россия

Аннотация. Целью исследований являлся обзор современных методов, использующихся при диагностике состояния оросительных каналов и основных критериев уровня износа. При проведении исследований использовали метод эмпирического познания, который послужил синтезом для теоретического анализа литературы дедуктивным способом. 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. Результаты исследований включают в себя теорию методов диагностики оросительных каналов, а также разработанные математические модели на их основе. В заключение обосновывается необходимость проведения диагностики состояния оросительных каналов, а также применения различных современных методов диагностики.

Ключевые слова: облицованные оросительные каналы, диагностика состояния облицованных оросительных каналов, жизненный цикл, математические модели, гидравлические параметры, геометрические характеристики, устойчивое развитие сельского хозяйства, водные ресурсы, управление водными системами

Формат цитирования: Абдразаков Ф.К., Рукавишников А.А., Сафин Э.Э. Методы диагностики облицованных оросительных каналов // Природообустройство. 2024. № 5. С. 21-27. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-5-21-27>

Original article

DIAGNOSTIC METHODS OF LINED IRRIGATION CANALS

F.K. Abdrazakov[✉], A.A. Rukavishnikov, E.E. Safin

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov;
410012, Saratov, Peter Stolypin Avenue, bld. 4, p.3. Russia

Abstract. The purpose of this article is to review modern methods for diagnosing the condition of irrigation canals and the main criteria for the level of wear. In the course of the study, the author used the method of empirical cognition, which served as a synthesis for the theoretical analysis of literature by the deductive method. The theoretical method included abstracting, taking notes and citing general and special scientific works of scientists in this science-intensive area. Mathematical and statistical methods were used to obtain and establish quantitative dependencies between the phenomena under study. The results of the study include the theory of methods for diagnosing irrigation canals, as well as the developed mathematical models based on them. In conclusion, the need for diagnostics of the condition of irrigation canals, as well as the use of various modern diagnostic methods, is substantiated.

Keywords: lined irrigation canals, diagnostics of lined irrigation canals condition, life cycle, mathematical models, hydraulic parameters, geometric characteristics, sustainable agricultural development, water resources, management of water systems

Format of citation: Abdrazakov F.K., Rukavishnikov A.A., Safin E.E. Diagnostic methods of lined irrigation canals // Prirodoobustrojstvo. 2024. No. 5. P. 21-27. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-5-21-27>

Введение. Оросительные каналы играют ключевую роль в сельском хозяйстве, осуществляя необходимое влагообеспечение для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Однако со временем они подвержены износу и различным повреждениям, что может привести к снижению эффективности систем орошения, и в итоге – к снижению урожайности. Поэтому важно регулярно оценивать состояние оросительных каналов и проводить

необходимые мероприятия по их обслуживанию и ремонту.

Цель исследований: обзор современных методов диагностики состояния оросительных каналов и основных критериев уровня износа.

Материалы и методы исследований. Проведен обзор научной литературы, научных статей, технических отчетов и руководств, посвященных методам диагностики состояния оросительных каналов и критериям износа [1]. В качестве основных критериев для оценки состояния оросительных каналов были выбраны гидравлические и геометрические параметры, а также второстепенные критерии – такие, как прочность конструкции, состояние покрытий и экологические показатели (табл.) [2].

Учет всех критериев обеспечивает комплексный подход к оценке состояния оросительных каналов, что позволяет выявить потенциальные проблемы и принять соответствующие меры для их решения.

Результаты и их обсуждение. Приведем алгоритм проведения диагностики оросительных каналов. Визуальный осмотр является одним из первых и наиболее доступных методов диагностики состояния оросительных каналов [3]. Он включает в себя тщательное обследование канала и его окружающей территории с целью выявления видимых повреждений, деформаций и других аномалий, которые могут указывать на проблемы в работе канала (рис. 1) [4].

Визуальный осмотр оросительного канала включает в себя следующие этапы:

1. *Оценка общего состояния канала.* На этом этапе происходит определение общего состояния канала, что может включать в себя проверку наличия трещин, сколов, неровностей и других видимых повреждений.

2. *Проверка стыков и соединений.* Особое внимание уделяется местам соединения различных сегментов канала, стыкам со структурными элементами (например, мостами или дамбами) и любым другим местам, где возможны утечки или деформации.

3. *Оценка состояния откосов и дна канала.* Изучаются откосы и дно канала на наличие эрозии, подмыва, засорения или других аномалий, которые могут негативно сказаться на работе канала.

4. *Идентификация растительности и отложений.* Проверяется наличие растительности, водорослей и других растений, которые могут затруднять поток воды или приводить

к засорению канала. Также оцениваются наличие и объем отложений – таких, как наносы, ил или мусор.

5. *Фиксация обнаруженных повреждений и аномалий.* В процессе визуального осмотра фиксируются все обнаруженные повреждения, деформации и другие аномалии с помощью фотографий или записей, чтобы иметь документацию для дальнейшей оценки и ремонта.

6. *Составление отчета.* По результатам визуального осмотра составляется отчет, в котором фиксируются все обнаруженные проблемы и предлагаемые действия по их решению.

Визуальный осмотр является важным и эффективным методом для быстрой оценки состояния оросительных каналов и выявления видимых проблем. Он также может служить отправной точкой для более глубоких исследований и диагностики при необходимости [5].

После проведения диагностики и выявления каких-либо отклонений необходимо сравнить **геометрические параметры канала** с исходным проектом для выявления отклонений (рис. 2) и провести гидравлические испытания. Полученные результаты можно использовать для дальнейшей диагностики и оценки состояния облицованных оросительных каналов на данный момент, а также спрогнозировать их изменение в динамике [2].

На основе геометрических параметров путем простых математических операций можем определить важнейшие гидравлические параметры работы оросительного канала [6].

Для канала с трапециевидным сечением (ширина основания b_1 , ширина вершины b_2 и глубина h) гидравлические расчеты могут быть выполнены следующим образом [7, 8]:

Расчет площади поперечного сечения A

$$A = \frac{1}{2} \cdot (b_1 + b_2) \cdot h. \quad (1)$$

Расчет примера смоченного периметра P

$$P = b_1 + b_2 + 2h \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{b_1 - b_2}{2h}\right)^2}. \quad (2)$$

Расчет гидравлического радиуса R

$$R = \frac{A}{P}. \quad (3)$$

Расчет скорости потока q

$$q = \frac{k \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}}}{n}, \quad (4)$$

где k – коэффициент, зависящий от формы сечения (для трапециевидного сечения $k = 1.49$); i – уклон канала; n – коэффициент шероховатости дна и боковых стенок (откосов).

Таблица 1. Критерии оценки состояния облицованных оросительных каналов

Table 1. Assessment criteria of the irrigation canal condition

| Критерий Criterion | Определение Determination | Значение Significance |
|--|---|---|
| Гидравлические параметры Hydraulic parameters | <p>Гидравлические параметры касаются характеристик потока воды в оросительном канале, таких как скорость потока, расход воды, гидравлический радиус, коэффициент Шези и потери напора</p> <p><i>Hydraulic parameters concern characteristics of the water flow in the irrigation canal, such as flow velocity, water consumption, hydraulic radius, epy Chezy coefficient and loss of head</i></p> | <p>Гидравлические параметры непосредственно влияют на эффективность передачи воды по каналу, а также на равномерность орошения участков земли. Изменения в гидравлических параметрах могут указывать на проблемы, такие как засорение канала, обрушение конструкции или износ</p> <p><i>Hydraulic parameters directly affect the efficiency of water transmission through the canal, as well as the uniformity of irrigation of land plots. Changes in hydraulic parameters can indicate to the problems such as canal clogging, structural collapse or wear and tear</i></p> |
| Геометрические параметры Geometric parameters | <p>Геометрические характеристики включают в себя параметры размеров и формы канала, такие как ширина, глубина, уклон и профиль</p> <p><i>Geometric characteristics include parameters for the dimensions and shape of the canal, such as width, depth, slope and profile</i></p> | <p>Геометрические характеристики определяют гидравлические условия в канале и его способность эффективно транспортировать воду. Изменения в геометрии могут свидетельствовать об эрозии почвы, деформации конструкции или неправильном обслуживании. Кроме того, измерение геометрических характеристик позволяет сравнивать текущее состояние канала с его проектными параметрами</p> <p><i>Geometric characteristics determine the hydraulic conditions in the canal and its ability to transport water efficiently. Changes in geometry may indicate soil erosion, structural deformation, or improper maintenance. In addition, the measurement of geometric characteristics makes it possible to compare the current state of the canal with its design parameters</i></p> |
| Прочность конструкции Structural strength | <p>Этот критерий оценивает прочность материалов, из которых изготовлен оросительный канал, а также его способность выдерживать внешние нагрузки, такие как гидродинамические силы, нагрузки почвы и т.д.</p> <p><i>This criterion evaluates strength of the materials which were used for manufacturing the irrigation canal, as well as its capability to withstand the external loads such as hydrodynamic forces, soil loads, etc.</i></p> | <p>Прочность конструкции важна для предотвращения обрушения или разрушения канала, что может привести к простоям в системе орошения, повреждению сельскохозяйственных угодий и потенциальным аварийным ситуациям</p> <p><i>Structural strength is important to prevent the canal from collapse or destruction, which can lead to downtime in the irrigation system, damage to agrarian farmland and potential accidents</i></p> |
| Экологическая устойчивость Environmental sustainability | <p>Этот критерий оценивает влияние оросительного канала на окружающую среду и природные экосистемы, включая сохранение биоразнообразия, качество воды и здоровье почвы</p> <p><i>This criterion evaluates the influence of the irrigation canal on the environment and natural ecosystems, including conservation of biodiversity, water quality and soil health</i></p> | <p>С учетом растущей осведомленности о необходимости экологически устойчивых практик, важно оценить воздействие оросительных каналов на окружающую среду и принять меры для минимизации негативного воздействия</p> <p><i>Taking into consideration the growing awareness on the necessity of the ecologically sustainable practices, it is important to evaluate the impact of irrigation canals on the environment and to take measures to minimize the negative impact</i></p> |
| Эксплуатационные параметры Operational parameters | <p>Этот критерий оценивает характеристики эксплуатации канала, такие как объем перекачиваемой воды, частота использования, интенсивность транспорта материалов и другие эксплуатационные параметры</p> <p><i>This criterion evaluates the operational characteristics of the canal, such as a volume of the pumped water, frequency of usage, intensity of the materials transportation and other operational parameters</i></p> | <p>Изменения в эксплуатационных параметрах могут указывать на потенциальные проблемы в работе оросительной системы, такие как засорение или износ, а также помогают в определении частоты и объема предполагаемых обслуживающих мероприятий</p> <p><i>Changes in the operational parameters may indicate to the potential problems in the work of the irrigation system, such as canal clogging or wear and tear, and help in determination of the frequency and volume of the intended service measures</i></p> |



Рис. 1. Визуальный осмотр оросительных каналов
(Энгельский филиал ФГБУ «Управление Саратовмелиоводхоз»)

Fig. 1. Visual inspection of irrigation canals
(Engels branch of FGBU "Saratovmeliiovodkhoz Management")

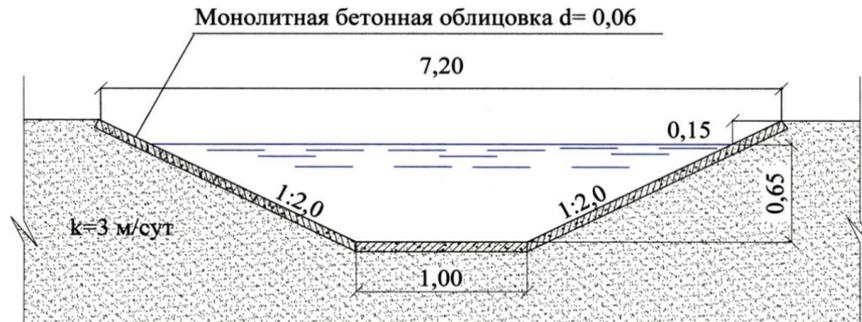


Рис. 2. Геометрические параметры распределительного канала:
k – коэффициент фильтрации; d – толщина монолитной бетонной облицовки

Fig. 2. Geometric parameters of the distribution canal
k – filtration coefficient, d – thickness of monolithic concrete lining

Расчет расхода воды Q .

$$Q = A \cdot q. \quad (5)$$

Расчет гидравлических потерь H_f

$$H_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{q^2}{2g}, \quad (6)$$

где f – коэффициент сопротивления потоку; L – длина канала; D – гидравлический диаметр; g – ускорение свободного падения.

Данные расчеты позволяют оценить гидравлические характеристики трапециевидного канала и адаптировать его проектирование для эффективного использования водных ресурсов в сельском хозяйстве.

Таким образом, по результатам проведенных диагностических работ можно представить несколько вариантов математической модели.

Рассмотрим возможную математическую модель для оценки состояния оросительного канала на основе визуального осмотра. Предположим, что нужно оценить общее состояние канала на основе количества обнаруженных повреждений и их типов [9].

Пусть

N – количество обнаруженных повреждений в канале;

D_i – тип i -го повреждения, где $i = 1, 2, \dots, n$;

S_i – степень серьезности i -го повреждения, выраженная числом (например, от 1 до 10,

где 1 – незначительное повреждение, 10 – критическое повреждение).

Тогда общая оценка состояния канала E может быть вычислена как сумма степеней серьезности всех обнаруженных повреждений, нормализованная к общему количеству обнаруженных повреждений:

$$E = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n S_i. \quad (7)$$

Такая модель позволяет численно оценить состояние канала на основе обнаруженных повреждений и их серьезности. Чем выше значение E , тем хуже состояние канала. Также можно сделать данную модель более сложной путем учета не только количество обнаруженных повреждений, но и их распределения по длине канала, а также их влияния на гидравлические характеристики [10].

Пусть

L – длина оросительного канала;

N – количество обнаруженных повреждений;

X_i – расположение i -го повреждения на канале, где $i = 1, 2, \dots, n$;

D_i – тип i -го повреждения;

S_i – степень серьезности i -го повреждения;

$Q(x)$ – расход воды в точке x канала.

Тогда общая оценка состояния канала $E(x)$ в точке x может быть определена как сумма вкладов каждого повреждения в изменение гидравлических характеристик канала:

$$E(x) = \sum_{i=1}^n a_i(x) \cdot s_i, \quad (8)$$

где $a_i(x)$ – коэффициент влияния i -го повреждения на состояние канала в точке x . Этот коэффициент может зависеть от расстояния до повреждения, его типа и других факторов, описывающих гидравлическое воздействие повреждения.

Модель для определения $a_i(x)$ может быть достаточно сложной и требует учета множества факторов – таких, как геометрия канала, характеристики повреждения, гидравлические потери и др. [11]. Например, она может быть основана на анализе гидравлических потерь в канале с учетом распределения повреждений и их влияния на гидравлическое сопротивление.

Учитывая жизненный цикл оросительного канала, можно внести изменения, учитывающие не только текущее состояние канала, но и его прошлую и будущую историю включая факторы старения, ремонта и обновления.

Пусть

T – время (годы), прошедшее с момента ввода канала в эксплуатацию;

C – ожидаемый срок службы канала (годы);

R – коэффициент старения, отражающий изменение состояния канала со временем;

$M(t)$ – вектор изменений состояния канала за период времени t .

Тогда общее изменение состояния канала за период времени t может быть описано как

$$M(t) = R \cdot (T - C). \quad (9)$$

Учитывая жизненный цикл канала, модель оценки состояния канала $E(t)$ в момент времени t можно представить как комбинацию текущего состояния и изменений, произошедших за предыдущий период:

$$E(t) = E_0 + \int_0^t M(t) dt. \quad (10)$$

Данная модель позволяет учитывать динамику изменений состояния канала в течение его жизненного цикла. Увеличение коэффициента старения R будет означать ускоренное старение канала, в то время как ремонтные работы или обновления могут уменьшить этот процесс.

Коэффициент старения R может быть вычислен на основе данных о состоянии канала за определенный период. Он отражает изменение состояния канала со временем и может быть определен как отношение общего изменения состояния канала к прошедшему времени.

Предположим, что есть данные о состоянии канала за определенные временные промежутки t_1, t_2, \dots, t_n , где t_i – это временные точки наблюдений; $E(t_i)$ – состояние канала в момент времени t_i .

Тогда изменение состояния канала между двумя временными точками t_i и t_{i+1} можно выразить как разницу их состояний:

$$\Delta E_i = E(t_{i+1}) - E(t_i). \quad (11)$$

Суммарное изменение состояния канала за все временные промежутки можно выразить как

$$\Delta E_{total} = \sum_{i=1}^{n-1} \Delta E_i. \quad (12)$$

Тогда коэффициент старения R можно определить как отношение суммарного изменения состояния канала к общему прошедшему времени T :

$$R = \frac{\Delta E_{total}}{T}. \quad (13)$$

Данный подход к вычислению коэффициента старения позволяет учитывать изменения

состояния канала и его динамику в течение времени. В зависимости от требований и доступных данных можно использовать различные методы оценки изменений состояния канала и вычисления коэффициента старения.

Выводы

Рассмотренные методы включают в себя визуальный осмотр, анализ гидравлических параметров, оценку геометрии и проверку прочности конструкции оросительных каналов. Эти методы предоставляют информацию о текущем состоянии каналов и об их динамике в течение времени.

Список использованных источников

1. **Баев О.А.** Обоснование методов гидравлических расчетов оросительных каналов // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 3. С. 274-295. DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-3-274-295. EDN: MCZWUA.
2. **Косиченко Ю.М., Баев О.А.** Гидротехническое строительство: учебное пособие. Новочеркасск: Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации. 2022. 313 с. EDN: FRRNRH.
3. **Абдразаков Ф.К., Рукавишников А.А.** Актуальные вопросы обслуживания оросительных каналов и рациональное управление водными ресурсами // Основы рационального природопользования: материалы IX Национальной конференции с международным участием, Саратов, 12-13 октября 2023 г. Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, 2023. С. 7-15. EDN: ZXMG RD.
4. **Абдразаков Ф.К., Рукавишников А.А., Сафин Э.Э.** Состояние противодиффузионных покрытий оросительных каналов и пути их совершенствования // Основы рационального природопользования: Материалы VIII Национальной конференции с международным участием, Саратов, 27-28 октября 2022 г. Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2022. С. 3-7. EDN: EPMSQH.
5. **Абдразаков Ф.К., Рукавишников А.А., Михеева О.В., Миркина Е.Н.** Фильтрация в каналах с земляным руслом и новые методы крепления откосов // Аграрный научный журнал. 2023. № 6. С. 107-114. DOI: 10.28983/asj.y2023i6pp107-114. EDN: XBBLTA.
6. **Косиченко Ю.М., Баев О.А.** Гидравлическая эффективность оросительных каналов при эксплуатации // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15, № 8. С. 1147-1162. DOI: 10.22227/1997-0935.2020.8.1147-1162. EDN: OUXBGA.
7. **Abdrzakov F., Rukavishnikov A., Miheeva O., Logashov D.** Modern information technologies in the management and planning of ecologically balanced irrigation systems // Vavilov readings-2021: Dedicated to the 101st anniversary of the discovery of the law of homological series and the 134th anniversary of the birth of N.I. Vavilov, Saratov, 25-26 ноября 2021 г. Vol. 43. Saratov: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2022. P. 87. DOI: 10.1051/bioconf/20224303022. EDN: ENAEFX.
8. **Абдразаков Ф.К., Рукавишников А.А.** Исключение непроизводительных потерь водных

Математические модели, разработанные на основе данных методов, позволяют качественно оценить состояние каналов и предсказать их будущее развитие. Такие модели являются необходимым инструментом для планирования обслуживания и ремонта оросительных систем, а также для оптимизации использования водных ресурсов.

Таким образом, сочетание методов диагностики и математических моделей играет важную роль в обеспечении устойчивого функционирования оросительных каналов и эффективного использования водных ресурсов в сельском хозяйстве.

References

1. **Baev O.A.** Justification of methods for hydraulic calculations of irrigation canals / O.A. Baev // Reclamation and Hydraulic Engineering. 2023. V. 13, № 3. P. 274-295. – DOI 10.31774/2712-9357-2023-13-3-274-295. – EDN MCZWUA.
2. **Kosichenko Yu.M.** Hydrotechnical construction / Yu.M. Kosichenko, O.A. Baev. – Novocherkassk: Russian Research Institute of Land Reclamation Problems, 2022. 313 p. – ISBN978-5-6046726-2-4. – EDN FRRNRH.
3. **Abdrzakov F.K.** Actual issues of irrigation canal maintenance and rational water resources management / F.K. Abdrzakov, A.A. Rukavishnikov // Fundamentals of rational nature management: Proceedings of the IX National Conference with international participation, Saratov, October 12-13, 2023. Saratov: Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, 2023. P. 7-15. – EDN ZXMG RD.
4. **Abdrzakov F.K.** State of impervious coverings of irrigation canals and ways to improve them / F.K. Abdrzakov, A.A. Rukavishnikov, E.E. Safin // Fundamentals of rational nature management: proceedings of the VIII National Conference with international participation, Saratov, October 27-28, 2022. Saratov: Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. N.I. Vavilov, 2022. P. 3-7. – EDN EPMSQH.
5. **Abdrzakov F.K.** Filtration in canals with an earthen bed and new methods of slope fixing / F.K. Abdrzakov, A.A. Rukavishnikov, O.V. Mikheeva, E.N. Mirkina // Agrarian scientific journal. 2023. № 6. P. 107-114. – DOI 10.28983/asj.y2023i6pp107-114. – EDN XBBLTA.
6. **Kosichenko Yu.M.** Hydraulic efficiency of irrigation canals in operation / Yu.M. Kosichenko, O.A. Baev // Vestnik MGSU. 2020. V. 15, № 8. P. 1147-1162. – DOI 10.22227/1997-0935.2020.8.1147-1162. – EDN OUXBGA.
7. **Abdrzakov F.** Modern information technologies in the management and planning of ecologically balanced irrigation systems / F. Abdrzakov, A. Rukavishnikov, O. Miheeva, D. Logashov // Vavilov readings-2021: Dedicated to the 101st anniversary of the discovery of the law of homological series and the 134th anniversary of the birth of N.I. Vavilov, Saratov, November 25-26, 2021. Vol. 43. Saratov: Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Saratov, November 25-26, 2021. N.I. Vavilov, 2022. P. 87. – DOI 10.1051/bioconf/20224303022. – EDN ENAEFX.

ресурсов из оросительной сети за счет использования инновационных облицовочных материалов // Аграрный научный журнал. 2019. № 10. С. 91-94. DOI: 10.28983/asj.y2019i10pp91-94. EDN: MFHBHE.

9. **Гарбуз А.Ю.** Экспериментальные исследования водопроницаемости локальных повреждений бетонных облицовок каналов // Экология и водное хозяйство. 2020. № 1 (4). С. 76-88. DOI: 10.31774/2658-7890-2020-1-76-88. EDN: NLYLFV.

10. **Баев О.А.** Расчеты установившейся свободной фильтрации из необлицованных каналов // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12, № 3. С. 227-243. DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-3-227-243. EDN: TGXTOJ.

11. **Белавкин А.В.** Анализ существующих подходов к оценке движения потока воды в заросших руслах // Инновации и инвестиции. 2019. № 4. С. 229-233. EDN: IIDQAP.

Об авторах

Фярид Кинжаевич Абдразаков, Заслуженный деятель науки РФ, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Гидромелиорация, природообустройство и строительство в АПК», <https://orcid.org/0000-0003-3247-5257>; abdrazakov.fk@mail.ru

Андрей Алексеевич Рукавишников, канд. техн. наук, доцент кафедры «Гидромелиорация, природообустройство и строительство в АПК», <https://orcid.org/0000-0002-8294-881X>; andreirukavishn@gmail.com

Эмиль Эдинович Сафин, аспирант кафедры «Гидромелиорация, природообустройство и строительство в АПК», <https://orcid.org/0000-0003-3203-9703>; mister.safimil@yandex.ru

Критерии авторства / Criteria of authorship

Абдразаков Ф.К., Рукавишников А.А., Сафин Э.Э. выполнили теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись, имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов / Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests / Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Вклад авторов

Все авторы сделали равный вклад в подготовку публикации / All the authors made an equal contribution to the preparation of the publication

Поступила в редакцию / Received at the editorial office 06.04.2024

Поступила после рецензирования / Received after peer review 18.09.2024

Принята к публикации / Accepted for publication 25.10.2024

8. **Abdrazakov F.K.** Exclusion of unproductive losses of water resources from the irrigation network through the use of innovative facing materials / F.K. Abdrazakov, A.A. Rukavishnikov // Agrarian scientific journal. 2019. № 10. P. 91-94. – DOI 10.28983/asj.y2019i10pp91-94. – EDN MFHBHE.

9. **Garbuz A.Yu.** Experimental studies of water permeability of localized damages of concrete linings of canals / A.Yu. Garbuz // Ecology and Water Management. 2020. № 1(4). P. 76-88. – DOI 10.31774/2658-7890-2020-1-76-88. – EDN NLYLFV.

10. **Baev O.A.** Calculations of steady-state free filtration from unlined channels / O.A. Baev // Melioration and Hydraulic Engineering. 2022. V. 12, № 3. P. 227-243. – DOI 10.31774/2712-9357-2022-12-3-227-243. – EDN TGXTOJ.

11. **Belavkin A.V.** Analysis of the existing approaches to the assessment of water flow movement in overgrown channels / A.V. Belavkin // Innovations and Investments. 2019. № 4. P. 229-233. – EDN IIDQAP.

Author information

Fyarid K. Abdrazakov, DSc (Eng), honored worker of science, professor, professor of the department “Hydromelioration, environmental management and construction in agro-industrial complex”, <https://orcid.org/0000-0003-3247-5257>; abdrazakov.fk@mail.ru

Andrey A. Rukavishnikov, CSc (Eng), associate professor of the department “Hydromelioration, environmental management and construction in agro-industrial complex”, Russia, Saratov, <https://orcid.org/0000-0002-8294-881X>; andreirukavishn@gmail.com

Emil E. Safin, post-graduate student of the department “Hydromelioration, environmental management and construction in agro-industrial complex”, <https://orcid.org/0000-0003-3203-9703>; mister.safimil@yandex.ru

Abdrazakov F.K., Rukavishnikov A.A., Safin E.E. carried out theoretical studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript. They have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.