

Оригинальная статья
<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-3-38-44>
УДК 626.861:556.555.6



ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ ОСУШИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ, ИХ ВОССТАНОВЛЕНИЕ И ОЧИСТКА

М.А. Карапетян¹, С.К. Тойгамбаев¹, Х.А. Абдулмажидов²

¹ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; Институт механики и энергетики имени В.П. Горячкина;

² Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова; 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, 19, корп. 28, Россия

Аннотация. Целью исследований явилось изучение состояния каналов мелиоративной системы. Задачи исследований: выяснение соответствия эксплуатационных характеристик каналов проектным значениям; определение характера деформаций и нарушений геометрических размеров дна и откосов каналов, объемов земляных работ по очистке и восстановлению элементов мелиоративной системы, предпосылок для принятия решения о проведении текущего и капитального ремонта каналов мелиоративной системы. В статье представлены результаты исследований состояния мелиоративных осушительных каналов. Рассматривались осушительные каналы мелиоративной системы Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. По форме поперечного сечения осушительные каналы могут быть трапецеидальными, прямоугольными и параболическими. Наибольшее распространение получили трапецеидальные каналы, откосы которых обладают большей устойчивостью. Они более приспособлены для проведения очистных работ, тогда как при механизированной очистке прямоугольных и параболических каналов возможно разрушение кромок откосов. Эксплуатация осушительных мелиоративных систем сопряжена с появлением наносов, заиления, травянистой и кустарниковой растительности на дне и откосах каналов. Площадь поперечного сечения при этом уменьшается. Все перечисленные факторы приводят к нарушению функционирования всей мелиоративной системы, заключающемуся в первую очередь в снижении пропускной способности канала, во вторую очередь – в уменьшении проектной глубины канала. Все это способствует подтоплению сельскохозяйственного поля и близлежащих территорий. Такое состояние требует проведения механизированной очистки, которую необходимо реализовать с обеспечением проектной глубины. Это означает, что разработка наносов со дна канала на большую, чем проектную, глубину приводит к снижению кривой депрессии и уменьшению нормы осушения.

Ключевые слова: осушительные каналы, наносы, заиления, травянистая растительность, кустарниковая растительность, молодые деревья в каналах, пропускная способность канала, подтопление, кривая депрессии, устойчивость откосов, коэффициент заложения откосов, берма и бровка канала

Формат цитирования: Карапетян М.А., Тойгамбаев С.К., Абдулмажидов Х.А. Исследование состояния мелиоративных осушительных каналов, их восстановление и очистка // Природообустройство. 2025. № 3. С. 38-44. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-3-38-44>

Original article

STUDY OF THE STATE OF RECLAMATION DRAINAGE CANALS, THEIR RESTORATION AND CLEANING

M.A. Karapetyan, S.K. Toygambayev, K.A. Abdulmashidov

¹ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; Goryachkin Institute of Mechanics and Power Engineering

² Kostyakov Institute of Land Reclamation, Water Management and Construction 127434, Moscow, Pryanishnikova str., 19, building 28, Russia

Abstract. The purpose of the research: to study the condition of the canals of the reclamation system; research objectives: to determine the compliance of the operational characteristics of the canals with the design values, to determine the nature of deformations and violations of the geometric dimensions of the bottom and slopes of the canals, to determine the amount of excavation work to clean and restore the elements of the reclamation system, to determine the prerequisites for making a decision on ongoing and major repairs of the canals of the reclamation system. The article presents the results of a study of the state of reclamation drainage canals. The work considered the drainage canals of the reclamation system of the Field Experimental Station of the Russian State Agrarian University-Moscow

Timiryazev Agricultural Academy. According to the cross-sectional shape, drainage canals can be trapezoidal, rectangular and parabolic. The most common are trapezoidal canals, the slopes of which are more stable, and they are more adapted for cleaning operations, while with mechanized cleaning of rectangular and parabolic canals, it is possible to destroy the edges of the slopes. The operation of drainage reclamation systems is associated with the appearance of sediments, siltation, herbaceous and shrubby vegetation at the bottom and slopes of canals. The cross-sectional area is reduced. All these factors lead to a disruption in the functioning of the entire reclamation system, which consists, first of all, in a decrease in the capacity of the canal; and, secondly, reducing the design depth of the canal. All this contributes to the flooding of the agricultural field and nearby areas. This state of affairs requires mechanized treatment, which must be implemented with the design depth. This means that the development of sediments from the bottom of the canal to a greater depth than the design depth leads to a decrease in the depression curve and a decrease in the drainage rate.

Keywords: drainage canals, sediments, siltation, herbaceous vegetation, shrub vegetation, young trees in canals, canal capacity, flooding, depression curve, slope stability, slope laying coefficient, berm and canal edge

Format of citation: Karapetyan M.A., Toygambayev S.K., Abdulmazhidov Kh.A. Study of the state of reclamation drainage canals, their restoration and cleaning // Prirodoobustrojtvo. 2025. № 3. P. 38-44. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-3-38-44>

Введение. К мелиоративной зоне осушения Российской Федерации относятся северо-запад европейской части России, средняя часть Западной Сибири и Калининградская область. Московский регион и Московская область относятся, соответственно, к зоне осушения [1-4]. В представленных регионах существуют осушительные системы: от успешно функционирующих до низкоэффективных. Мелиоративные осушительные каналы необходимы для обеспечения расчетного уровня грунтовых вод, сброса излишков воды в паводковый период и для сохранения влаги в засушливые периоды [5-8]. Сохранение воды в системе осушения осуществляется путем использования шлюзов-регуляторов. В районах, приграничных между зонами осушения и орошения, рекомендуется применять системы двойного регулирования. Для нормального функционирования мелиоративных систем необходимо обеспечивать такие виды работ на каналах, как уход, техническое обслуживание, текущий и капитальный ремонт [9, 10]. Очевидно, что своевременное выполнение операций по уходу и техническому обслуживанию каналов может продлить срок их эксплуатации до дорогостоящего капитального ремонта. Следствием отсутствия перечисленных операций на каналах могут быть весенние паводки или пожары на торфяниках [11, 12].

Цель исследований: изучение состояния каналов мелиоративной системы.

Задачи исследований: выяснение соответствия эксплуатационных характеристик каналов проектным значениям; определение характера деформаций и нарушений геометрических

размеров дна и откосов каналов, объемов земляных работ по очистке и восстановлению элементов мелиоративной системы, предпосылок для принятия решения о проведении текущего и капитального ремонта каналов мелиоративной системы.

Материалы и методы исследований. Объектом для исследований явились осушительные каналы мелиоративной системы Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Основными методами исследований, использованными в работе, стали измерение и сравнение.

В соответствии с целью и задачами исследований метод измерения применялся для выяснения соответствия эксплуатационных характеристик каналов проектным значениям, для определения характера деформаций и нарушений геометрических размеров дна и откосов каналов, объемов земляных работ по очистке и восстановлению элементов мелиоративной системы. Для определения предпосылок по принятию решения о проведении текущего и капитального ремонта каналов мелиоративной системы применялся метод сравнения. В данном случае сравнение характеристик действующих каналов мелиоративной системы Полевой опытной станции выполнялось согласно данным ГОСТ 58801-2020 «Системы и сооружения мелиоративные. Каналы осушительные. Поперечные сечения» [13, 14].

Для определения приближенных значений протяженностей каналов различных категорий исследуемой мелиоративной системы применялись ресурсы онлайн-сервисов компании «Яндекс».

Для измерения таких геометрических размеров каналов, как ширина по верху, ширина по дну, применялась рулетка. Заложение откосов при исследовании гидравлических параметров определялось с помощью измерителя углов. Для определения разности высот между несколькими точками канала применялся нивелир. Состояние каналов фиксировалось с помощью фото- и видеоборудования [15, 16].

Результаты и их обсуждение. Протяженность каналов исследованной части осушительной мелиоративной системы Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева составляет 1285 м. На рисунке 1 представлен фрагмент карты расположения и последовательности очистки каналов мелиоративной системы.



Рис. 1. Расположение и последовательность очистки каналов мелиоративной системы Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Fig. 1. Location and sequence of cleaning of the canals of the reclamation system of the Field experimental station of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy

Визуальное исследование каналов показало наличие наносов, заилений и большого количества травянистой растительности (рис. 2).

Четкого разделения размеров каналов на малые и большие нет. Однако по техническим характеристикам, выделяемым в технологии земляных работ при очистке элементов осушительной системы, проведено условное разграничение, согласно которому каналы глубиной и шириной по дну менее 3 м считаются малыми типоразмерами. Соответственно значительная часть осушительных каналов относится именно к данным типоразмерам. Наличие воды в каналах в определенной степени снижает эффективность удаления отложений и заиливания. Поэтому глубина воды в канале должна иметь определенные пределы, превышение которых приводит к снижению эффективности очистки осушителя.

Главные особенности существующей проблемы заключаются в принятых основных параметрах осушительных каналов и объемах наносов и заилений. В таблице 1 в качестве примера приведена матрица **A**, элементами которой являются относительные высотные проектные отметки поверхности дна конструктивного осушительного канала и откосов с заложением 1 : 1 [1].

В таблице 2 представлена матрица модели распределения наносов в канале по высотным отметкам [1].

Характер распределения наносов на участке канала представлен на рисунке 3 в виде модели поверхности, выполненной в системе Mathcad с учетом высотных точек заилений. Исходя из данных матриц, можно определить объемы наносов на данном участке и сделать прогноз на смежные участки канала.

При наличии высотных точек конструктивных сечений **каналов A** и уровней отложений **B** система Mathcad позволяет определить объем работ, необходимых для очистки и восстановления осушительных каналов.



Рис. 2. Состояние каналов мелиоративной осушительной сети до очистки

Fig. 2. Condition of the canals of the reclamation drainage network before cleaning

Таблица 1. Матрица, представляющая поверхность дна канала и откосов с заложением 1: 1 в виде совокупностей относительных высотных отметок

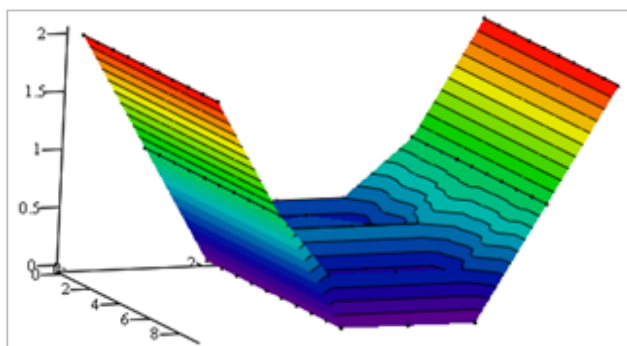
Table 1. A matrix representing the surface of the bottom of the canal and slopes with a 1 : 1 laying in the form of a set of relative elevations

A =		0	1	2	3	4	5	6
	0	2	1	0	0	0	1	2
	1	2	1	0	0	0	1	2
	2	2	1	0	0	0	1	2
	3	2	1	0	0	0	1	2
	4	2	1	0	0	0	1	2
	5	2	1	0	0	0	1	2
	6	2	1	0	0	0	1	2
	7	2	1	0	0	0	1	2
	8	2	1	0	0	0	1	2
	9	2	1	0	0	0	1	2

Таблица 2. Матрица, представляющая модель поверхности наносов на дне и нижних частях откосов осушительного канала в виде высотных отметок

Table 2. A matrix representing the model of the siltation surface on the bottom and the lower parts of slopes of the drainage canal in the form of elevations

B =		0	1	2	3	4	5	6
	0	2	1	0,5	0,5	0,5	1	2
	1	2	1	0,3	0,3	0,3	1	2
	2	2	1	0,4	0,5	0,4	1	2
	3	2	1	0,3	0,3	0,3	1	2
	4	2	1	0,5	0,5	0,5	1	2
	5	2	1	0,6	0,6	0,6	1	2
	6	2	1	0,3	0,3	0,3	1	2
	7	2	1	0,2	0,2	0,2	1	2
	8	2	1	0,4	0,4	0,4	1	2
	9	2	1	0,1	0,2	0,1	1	2



A, B

Рис. 3. Распределение наносов и заилений по дну и откосам на участке осушительного канала

Fig. 3. Distribution of sediment and siltation along the bottom and slopes in the drainage canal section

Матрица высотных значений и расчет объема наносов для данного участка канала в системе Mathcad представлены на рисунке 4.

Средние удельные объемы отложений и заилений, ежегодно удаляемых из каналов на нормально функционирующих мелиоративных

системах, в большинстве каналов невелики и колеблются от 0,02 до 0,10 м³ на 1 м длины. Это количество наносов на дне канала соответствует толщине стружки 5...15 см.

Кроме того, важно иметь в виду, что ил и отложения крайне неравномерно распределяются по длине каналов. Например, для проводящей сети максимальные объемы обычно сосредоточены в местах, близких к устью стоков или к открытым осушителям, а также на соединениях каналов. В то же время на других участках каналов объем осадков и ила может быть в несколько раз меньшим, а в некоторых случаях – совсем незначительным. Такая же картина наблюдается и в каналах сети управления, где потребность в очистке возникает особенно на более низких высотах.

Состояние каналов характеризуется не только количеством и объемами наносов и заилений – на дне и откосах каналов появляется травяная растительность. Более того, при длительном промежутке времени без проведения очистных работ в русле каналов появляются кустарниковая растительность и мелкие деревья.

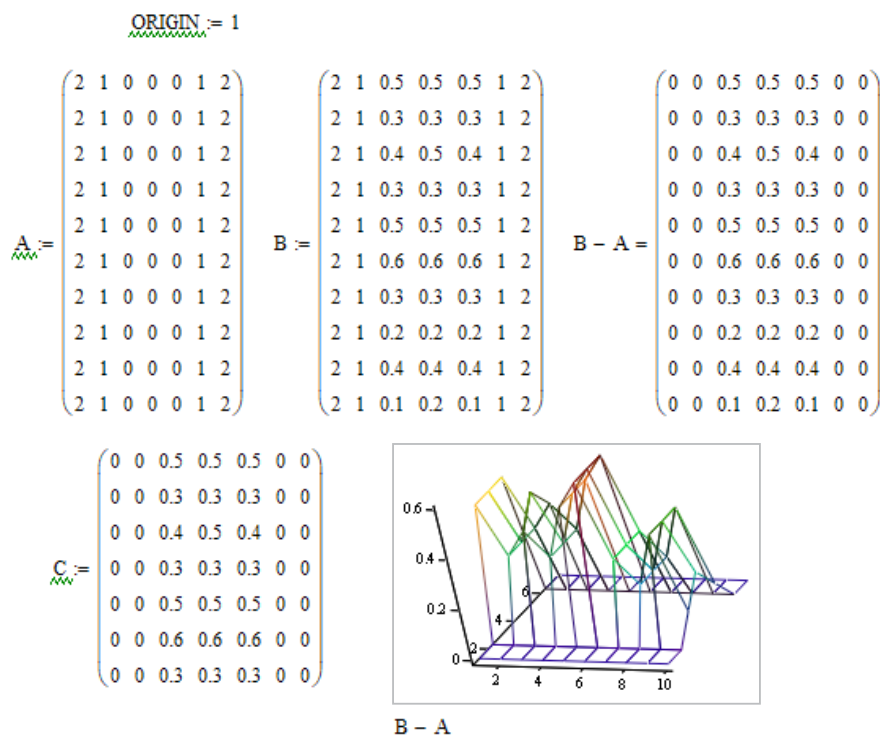


Рис. 4. Листинг расчета объема наносов на исследуемом участке канала в системе Mathcad
Fig. 4. Listing of sediment volume calculation on the studied section of the canal in the Mathcad system

В связи с этим одним из важнейших мероприятий по уходу можно считать скашивание растительности со склонов, дна и насыпей в каналах.

Элементы мелиоративных систем – такие, как осушители, входят в номенклатуру каналов осушения и относятся к каналам мелкой сети. Их глубина варьируется от 0,8 до 1,7 м. Для подавляющего большинства осушительных каналов этот размер находится в пределах 0,2...0,6 м. Величина ширины дна канала в 0,2 м характерна для каналов, проложенных плугами. Процентное соотношение ширины каналов по дну для разных участков приведено на примере Смоленской области: каналы шириной 0,4 м по дну – 87%, с шириной 0,6 м по дну – 10%, свыше 0,6 м – 3%. Конечно, ширина дна канала 0,4 м является наиболее распространенной.

Для очистки каналов осушительной сети Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева был закуплен каналоочиститель ОКН-0,5. С его помощью в период с 1 сентября по 2 ноября 2023 г. проведены работы по очистке каналов протяженностью 1285 м с объемами земляных работ (наносы и заиления с растительностью) 128 м³.

После проведенных работ по очистке каналов и восстановлению их сечения на основе гидравлических расчетов возможно определение показателей для оценки риска заиления каналов. Такими показателями являются характеристики грунта, в теле которого сформирован канал,

уклон дна канала, ширина дна канала, режим движения потока, коэффициент шероховатости. В формуле Шези для определения расчетного расхода присутствует такой показатель, как площадь живого сечения потока, изменение значения которого указывает на риск возникновения заиления в каналах. Впрочем, многолетний опыт эксплуатации мелиоративных каналов показывает, что с течением времени наносы и заиления в каналах неизбежно возникают. Более того, в русле канала появляется травянистая и кустарниковая растительность, способствующая заилению. Перечисленные факторы подтверждают необходимость периодического проведения операций по уходу за мелиоративными осушительными каналами.

Различные методы механизации операций по очистке напрямую связаны с таким важным параметром канала, как коэффициент заложения откосов. Для большинства осушителей эта величина находится в пределах от 1:1 до 1:1,5. Количество каналов с более пологими уклонами составляет 1,4%. Если предположить, что средняя глубина осушителей составляет 1,5 м, то ширина канала по верху составляет от 5 до 6 м и более.

Чрезмерно высокие значения коэффициента заложения откосов негативно влияют на формирование наносов и заиления в канале, особенно в тех случаях, когда при механизированной очистке разработку прямоугольным ковшовым рабочим органом продольного движения по оси

канала подвергаются отложения на дне канала. В результате такой операции происходит подрезание наносов и заиления, находящихся на прилежащих ко дну частях откосов, что способствует их сползанию на дно канала. Операцию очистки при этом необходимо повторить. Во избежание таких явлений рекомендуется применять сменный рабочий орган продольного по оси канала движения – ковш трапецеидального профиля. Применение такого ковша позволяет поддерживать расчетное значение коэффициента заложения откосов.

Выводы

1. Проведены исследования состояния мелиоративных осушительных каналов Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева до очистки.

2. Анализ состояния каналов показал наличие значительного количества наносов, заиления и травянистой растительности; в большинстве каналов они невелики и колеблются от 0,02 до 0,10 м³ на 1 м длины. Это количество

наносов на дне канала соответствует толщине стружки 5...15 см.

3. На некоторых участках системы количество наносов и растительности значительно превышало указанные значения, что способствовало принятию решения об очистке и восстановлении каналов.

4. Очистка каналов осушительной сети Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева проведена с применением каналоочистителя ОКН-0,5. Применение данной машины в операциях по уходу за каналами значительно увеличивает срок эксплуатации элементов системы до капитального ремонта.

5. Природные и производственные условия очистительных систем настолько разнообразны, особенно по геометрическим размерам каналов, количеству и объему осадка и растительности, что проблемы очистки могут быть решены только комплексом машин разных типоразмеров. Поэтому в первую очередь должны быть определены основные районы и особенности их естественных условий.

Список использованных источников

1. Абдулмажидов Х.А. Характеристики изменения размеров осушительных каналов / Х.А. Абдулмажидов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». 2013. № 1(57). С. 54-57. EDN: TEFWTF

2. Абдразаков Ф.К. Методы диагностики облицованных оросительных каналов / Ф.К. Абдразаков, А.А. Рукавишников, Э.Э. Сафин // Природообустройство. 2024. № 5. С. 21-27. DOI: 10.26897/1997-6011-2024-5-21-27.

3. Бакланова Д.В. Оценка гидравлической шероховатости русла магистрального канала / Д.В. Бакланова, О.А. Баев // Природообустройство. 2023. № 1. С. 76-81. DOI: 10.26897/1997-6011-2023-1-76-81.

4. Колганов А.В. Результаты натурных исследований магистрального канала в Республике Калмыкия / А.В. Колганов, О.А. Баев, Д.В. Бакланова // Природообустройство. 2022. № 3. С. 108-114. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-3-108-114.

5. Глазунова И.В. Исследования аэрогидродинамических систем формирования отложений водных объектов / И.В. Глазунова, С.Н. Редников, К.З. Нгуен // Мелиорация и водное хозяйство. 2024. № 1. С. 7-11. DOI: 10.32962/0235-2524-2024-1-7-11.

6. Каракулов Ф.А. Применение алгоритма анализа гидромелиоративной системы на оросительном канале участка Петровско-Анастасиевской оросительной системы / Ф.А. Каракулов // Мелиорация и водное хозяйство. 2023. № 4. С. 47-50. DOI: 10.32962/0235-2524-2023-4-47-50.

7. Карапетян М.А. Экспериментальные исследования устойчивости откосов мелиоративных осушительных каналов / М.А. Карапетян, С.К. Тойгамбаев, Х.А. Абдулмажидов // Природообустройство. 2024. № 4. С. 52-57. DOI: 10.26897/1997-6011-2024-4-52-57.

References

1. Abdulmazhidov Kh.A. Characteristics of changes in the size of drainage canals / Kh.A. Abdulmazhidov // Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin". 2013. No. 1(57). P. 54-57. EDN: TEFWTF

2. Abdrazakov F.K. Methods of diagnostics of lined irrigation canals. / F.K. Abdrazakov, A.A. Rukavishnikov, E.E. Safin // Prirodoobustrojstvo. 2024. No. 5. P. 21-27. DOI: 10.26897/1997-6011-2024-5-21-27.

3. Baklanova D.V. Assessment of the hydraulic roughness of the main canal bed. / D.V. Baklanova, O.A. Baev // Prirodoobustrojstvo. 2023. No. 1. P. 76-81. DOI: 10.26897/1997-6011-2023-1-76-81

4. Kolganov A.V. Results of natural studies of the main canal in the Republic of Kalmykia / A.V. Kolganov, O.A. Baev, D.V. Baklanova // Prirodoobustrojstvo. 2022. No. 3. P. 108-114. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-3-108-114.

5. Glazunova I.V. Studies of aerohydrodynamic systems for the formation of water object deposits / I.V. Glazunova, S.N. Rednikov, K.Z. Nguyen // Land reclamation and water management. 2024. № 1. P. 7-11. DOI: 10.32962/0235-2524-2024-1-7-11.

6. Karakulov F.A. Application of the algorithm for the analysis of the hydro-meliorativ system on the irrigation canal of the Petrovsko-Anastasievskaya irrigation system / F.A. Karakulov // Land reclamation and water management. 2023. № 4. P. 47-50. DOI: 10.32962/0235-2524-2023-4-47-50.

7. Karapetyan M.A. Experimental studies of the stability of slopes of reclamation drainage canals / M.A. Karapetyan, S.K. Toigambayev, X.A. Abdulmazhidov // Prirodoobustrojstvo. 2024. № 4. P. 52-57. DOI: 10.26897/1997-6011-2024-4-52-57.

8. Linkevich N.N. Main measures to improve the reliability and safety of canals / N.N. Linkevich // Innovative technologies in water, communal economy and water transport:

8. Линкевич Н.Н. Основные мероприятия по повышению надежности и безопасности каналов // Инновационные технологии в водном, коммунальном хозяйстве и водном транспорте: Материалы II республиканской научно-технической конференции, Минск, 28-29 апреля 2022 года. Минск: Белорусский национальный технический университет, 2022. С. 171-178.

9. Михневич Э.И. Расчет пропускной способности и устойчивости каналов / Э.И. Михневич // Экология и строительство. 2020. № 1. С. 23-31. DOI: 10.35688/2413-8452-2020-01-003.

10. Авраменко Н.М. Ресурсоэкономный технологический регламент скашивания и удаления травяной и водной растительности по берегам и руслам каналов в Полесье / Н.М. Авраменко, Е.Н. Яцускевич // Мелиорация. 2019. № 2(88). С. 34-41.

11. Рогунович В.П. Повышение эффективности крепления земляных каналов / В.П. Рогунович, А. И.М. Ваэль, А.И. Шкадун // Мелиорация. 2016. 2(76). С. 46-51.

12. Балун О.В. Эколого-экономически сбалансированное функционирование комбинированных осушительных систем на тяжелых почвах Новгородской области / О.В. Балун // Мелиорация и водное хозяйство. 2019. № 2. С. 30-34.

13. Карлиханов Т.К. Современное состояние проблемы устойчивости земляных каналов / Т.К. Карлиханов, О.Ж. Куанышбаев, Г.Т. Далдабаева // Наука и новые технологии. 2013. № 1. С. 33-36. EDN: VZJQJJ

14. Погодин Н.Н. Очистка линейных гидротехнических сооружений от заиления гидродинамическим способом / Н.Н. Погодин, А.С. Анженков, В.А. Болбышко // Мелиорация. 2019. № 1(87). С. 5-11.

15. Осирко Л.Н. Сравнительный анализ цифровых моделей рельефа мелиоративных объектов, полученных различными аэрофототопографическими методами / Л.Н. Осирко, В.М. Макоед, О.Г. Бондарчук // Мелиорация. 2023. № 4(106). С. 14-23.

16. Ракицкий А.И. Гидравлический расчет открытого канала в среде HEC-RAS / А.И. Ракицкий // Мелиорация. 2022. № 4(102). С. 30-38.

Materials of the II Republican Scientific and Technical Conference, Minsk, April 28-29, 2022. Minsk: Belarusian National Technical University, 2022. P. 171-178.

9. Mikhnevich E.I. Calculation of the throughput capacity and stability of canals / E.I. Mikhnevich // Ecology and construction. 2020. № 1. P. 23-31. DOI: 10.35688/2413-8452-2020-01-003.

10. Avramenko N.M. Resource-saving technological regulations for mowing and removing grass and water vegetation along the banks and canals of canals in Polesie / N.M. Avramenko, E.N. Yatsushkevich // Melioration. 2019. № 2(88). P. 34-41.

11. Rogunovich V.P. Improving the effectiveness of the fastening of earth canals / V.P. Rogunovich, A. I.M. Vael, A.I. Shkadun // Melioration. 2016. 2(76). P. 46-51.

12. Balun O.V. Ecological and economic balanced functioning of combined drainage systems on heavy soils of the Novgorod region / O.V. Balun // Land reclamation and water management. 2019. № 2. P. 30-34.

13. Karlikhanov T.K. Current state of the problem of the stability of earth canals / T.K. Karlikhanov O.Zh. Kuanyshbaev, G.T. Daldabaeva // Science and new technologies. 2013. № 1. P. 33-36. EDN: VZJQJJ

14. Pogodin N.N. Cleaning of linear hydraulic structures from siltation by hydrodynamic method / N.N. Pogodin, A.S. Anzhenkov, V.A. Bolbyshko // Land reclamation. 2019. № 1(87). P. 5-11.

15. Oskirko L.N. Comparative analysis of digital relief models of reclamation objects obtained by various aerial phototopographic methods / L.N. Oskirko, V.M. Makoe, O.G. Bondarchuk // Melioration. 2023. № 4(106). P. 14-23.

16. Rakitskiy A.I. Hydraulic calculation of an open canal in the HEC-RAS environment / A.I. Rakitskiy // Melioration. 2022. № 4(102). P. 30-38.

Об авторах

Мартик Аршалуйсович Карапетян, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры технического сервиса машин и оборудования; ResearcherID Web of Science ADQ-5014-2022; Scopus ID: 57222131481; РИНЦ AuthorID: 780469; karapetyan.martik@yandex.ru

Серик Кокибаевич Тойгамбаев, д-р техн. наук, профессор кафедры технического сервиса машин и оборудования; Researcher ID Web of Science JRY-8643-2023; Scopus ID: 57221221969; РИНЦ AuthorID: 753942; kokibaewich@yandex.ru

Хамзат Арсланбекович Абдулмажидов, д-р техн. наук, доцент; Web of Science ResearcherID AAE-5817-2022; Scopus Author ID: 57224176106; Author ID: 756348; abdulmajidov@rgau-msha.ru

About the authors

Martik A. Karapetyan, DSc (Eng), professor, professor of the department of technical service of machinery and equipment; ResearcherID Web of science adq-5014-2022; Scopus ID: 57222131481; RSCI authorid: 780469; karapetyan.martik@yandex.ru

Serik K. Toigambayev, DSc (Eng), professor of the Department of Technical Service of Machinery and Equipment; ResearcherID Web of science jry-8643-2023; Scopus ID: 57221221969; RSCI authorid: 753942; kokibaewich@yandex.ru

Khamzat A. Abdulmazhidov, DSc (Eng), associate professor, Web of Science ResearcherID AAE-5817-2022; Scopus Author ID: 57224176106; AuthorID: 756348; abdulmajidov@rgau-msha.ru

Критерии авторства / Authorship criteria

Карапетян М.А., Тойгамбаев С.К., Абдулмажидов Х.А. выполнили практические и 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

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflicts of interest

Вклад авторов / Contribution of authors

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

Поступила в редакцию / Received at the editorial office 11.03.2025

Поступила после рецензирования и доработки / Received after review and revision 01.04.2025

Принята к публикации / Accepted for publication 01.04.2025

Karapetyan M.A., Toigambayev S.K., Abdulmazhidov Kh.A. performed practical and theoretical research, on the basis of which they generalized and wrote a manuscript, they have copyright for the article and are responsible for plagiarism.