

Оригинальная статья

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-5-63-70>

УДК 626.823.91



ДЕФЕКТЫ БЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ МЕЛИОРАТИВНЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ И МЕТОДЫ ИХ РЕМОНТА

Х.А. Абдулмажидов^{1✉}, В.И. Балабанов², О.В. Мареева³, И.И. Попов⁴, И.В. Белов⁵

^{1,2,3,4,5} ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова; 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, 19, корп. 28, Россия\

¹ <https://orcid.org/0000-0002-7699-4799>; abdulmajidov@rgau-msha.ru

² <https://orcid.org/0000-0001-6486-6485>; vbalabanov@rgau-msha.ru

³ <https://orcid.org/0000-0002-7441-2169>; o.mareeva@rgau-msha.ru

⁴ <https://orcid.org/0000-0003-0860-4311>; i.popov@rgau-msh a.ru

⁵ <https://orcid.org/0000-0002-7562-514X>; bivik.1995@yandex.ru

Аннотация. Эксплуатация оросительных мелиоративных систем в южных регионах страны с каналами, сформированными в земляном теле, сопровождается большими потерями воды на фильтрацию. Цель исследований – изучение состояния бетонных покрытий оросительных каналов и выяснение оптимальных способов ликвидации выявленных дефектов. Величина потерь влаги может достигать на некоторых участках до 5...15% от величины забора воды из водного источника. Такое количество фильтрационной воды может негативно влиять на окружающие земли, вызывая на них частичное подтопление, появление условий для возникновения болотистых участков, засоление территорий, что в итоге приводит к снижению плодородия почв для выращивания растений. Одним из способов решения проблемы фильтрации воды из каналов является их строительство с формированием защитного бетонного слоя или применение бетонных плит. Исследование состояния существующих мелиоративных каналов показывает наличие разнообразных дефектов в их конструкциях, возникших в процессе длительной эксплуатации мелиоративной системы. Основными дефектами являются: разрушение соединительных швов бетонных плит; сползание бетонных плит на дно канала; деформации бетонных конструкций, нарушающие расчетное поперечное сечение канала. В гидромелиоративном и гидротехническом строительстве при формировании ответственных нагруженных конструкций в водной среде преимущественно применялись бетоны с высокой прочностью и водонепроницаемостью, и эти конструкции эффективно все еще функционируют. Следует отметить, что на мелиоративных системах имеются и конструкции, менее нагруженные, сформированные из бетонов меньшей прочности, которые с течением времени в процессе эксплуатации вышли из строя. Элементами, выполненными из таких бетонов, являются соединительные швы бетонных плит, участки стыков оснований бетонных покрытий и т.п. Наибольшее применение при строительстве и реконструкции покрытий оросительных каналов находят монолитные и железобетонные облицовки, конструкции и экраны с использованием полимерных пленок. Такие пленки могут быть установлены на бетонную или грунтовую основу дна и откосов каналов.

Ключевые слова: мелиоративные оросительные каналы, фильтрация в каналах, бетонные покрытия в каналах, защитные экраны каналов, виды дефектов бетонных покрытий каналов, способы и материалы для восстановления бетонных покрытий, восстановление элементов мелиоративных систем

Формат цитирования: Абдулмажидов Х.А., Балабанов В.И., Мареева О.В., Попов И.И., Белов И.В. Оценка состояния бетонных покрытий оросительных каналов на наличие дефектов и выбор методов для их устранения // Природообустройство. 2025. № 5. С. 63-70. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-5-63-70>

Original article

DEFECTS IN CONCRETE PAVEMENTS OF RECLAMATION IRRIGATION CANALS AND METHODS OF THEIR REPAIR

Kh.A. Abdulmazhidov^{1✉}, V.I. Balabanov, O.V. Mareeva, I.I. Popov, I.V. Belov¹ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; Institute of Land Reclamation, Water Management and Construction named after A.N. Kostyakov; 127434, Moscow, Pryanishnikova str., 19, bldg. 28, Russia^{1.1} <https://orcid.org/0000-0002-7699-4799>; abdulmajidov@rgau-msha.ru^{1.2} <https://orcid.org/0000-0001-6486-6485>; vbabanov@rgau-msha.ru^{1.3} <https://orcid.org/0000-0002-7441-2169>; o.mareeva@rgau-msha.ru^{1.4} <https://orcid.org/0000-0003-0860-4311>; i.popov@rgau-msh.a.ru^{1.5} <https://orcid.org/0000-0002-7562-514X>; bivik.1995@yandex.ru

Abstract. The operation of irrigation reclamation systems in the southern regions of the country with canals formed in the earthen body is accompanied by large losses of water for filtration. The value of moisture losses can reach up to 10 ... 20% of the amount of water intake from a water source. Such an amount of seepage water can negatively affect the surrounding lands, causing flooding on them, the emergence of conditions for the emergence of swampy areas, salinization of territories, which ultimately leads to a decrease in soil fertility for growing plants. One of the ways to solve the problem of water filtration from canals is to build them with the formation of a protective concrete layer or to use concrete slabs. The study of the state of the existing reclamation canals shows the presence of various defects in their structures that have arisen in the process of long-term operation of the reclamation system. The main defects are: destruction of the connecting joints of concrete slabs; sliding of concrete slabs to the bottom of the canal; deformation of concrete structures, violating the design cross-section of the channel. In hydro-reclamation and hydraulic engineering, in the formation of critical loaded structures in the water environment, concretes with high strength and water tightness were mainly used, and these structures are still effectively functioning. It should be noted that on reclamation systems there are also structures that are less loaded, formed from concretes of lower strength, which have failed over time in the course of operation. The elements made of such concretes are the connecting joints of concrete slabs, areas of joints of the bases of concrete pavements, etc. Such films can be installed on the concrete or soil base of the bottom and slopes of canals.

Keywords: reclamation irrigation canals, filtration in canals, concrete coatings in canals, protective screens of canals, types of defects in concrete canal coatings, methods and materials for restoration of concrete pavements, restoration of elements of reclamation systems

Citation format: Abdulmazhidov Kh.A., Balabanov V.I., Popov I.I., Mareeva O.V., Belov I.V. Defects in concrete pavements of reclamation irrigation canals and methods of their repair // Prirodobustrojstvo. 2025. № 5. P. 63-70. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-5-63-70>

Введение. Наиболее часто встречающимися видами дефектов на бетонных покрытиях оросительных каналов являются трещины соединительных швов бетонных плит, сползание бетонных плит, деформация бетонных конструкций. Наличие перечисленных дефектов ведет к повышению фильтрации, потере воды, а также появлению наносов, грунтов и заиления на дне и откосах каналов вследствие размыва на оголенных участках покрытий. Выбор защитных экранов и покрытий оросительных каналов во многом зависит от наиболее экономичных и эффективных конструкций и материалов для строительства определенного участка канала с учетом его характерных грунтовых, гидрогеологических и климатических условий. Для обоснования применения того или иного варианта формирования защитных покрытий важно располагать их характеристиками по надежности. В качестве

достоинств использования жестких бетонных покрытий можно рассматривать их способность обеспечения повышенных скоростей транспортировки воды и снижения зарастания оросительных каналов.

Цель исследований: изучение состояния бетонных покрытий оросительных каналов и выяснение оптимальных способов ликвидации выявленных дефектов.

Задачи:

– исследование состояния бетонных покрытий оросительных каналов с выявлением дефектов, сформировавшихся при длительной эксплуатации мелиоративных систем;

– проектирование, изготовление и применение стенда для исследования – моделей защитных бетонных лотков мелиоративных каналов;

– проведение лабораторных исследований по определению прочности наиболее

распространенных бетонов в зависимости от количества добавляемого пластификатора АСЕ430.

Материалы и методы исследований.

Исследования состояния защитных бетонных покрытий каналов в рамках настоящей работы проводились на мелиоративных оросительных системах Южного федерального округа. Методы исследований заключались: в осмотрах конструкций бетонных плит и защитных экранов; в измерениях величин разрушений стыков и сползания железобетонных плит; в определении площадей оголенных участков поверхности дна и откосов каналов; в выполнении анализа и сравнении полученных результатов исследований с расчетными проектными значениями, а также с требованиями ГОСТ. Для измерения геометрических размеров применялись геодезические рулетки. Для фиксации состояния защитных экранов каналов использовалось фото- и видеоборудование [1-4].

Определение протяженностей участков каналов с бетонными покрытиями различных категорий исследуемой мелиоративной системы осуществлялось с использованием ресурсов онлайн-сервисов компании «Яндекс» [5].

Лабораторные исследования по выбору оптимального класса бетонной смеси для укладки в облицовках оросительных каналов проводились в лаборатории строительных материалов Института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

Результаты и их обсуждение. Основные работы по проведению исследований были направлены на выявление состояния защитных покрытий и создание новых бетонных смесей при использовании оптимальных составов компонентов. Наиболее прочные бетонные смеси обычно применяются для формирования ответственных конструкций элементов оросительных каналов [6-9]. Исследование данного вопроса представлено также в работах [10-14]. В случаях ремонта менее ответственных деталей и конструкций, когда использование дорогостоящих высокопрочных бетонов нецелесообразно, применяются соответствующие регламенту бетонные смеси. Дефекты бетонных покрытий оросительных каналов, связанные со сползанием установленных на откосах плит и с разрушенными соединительными швами, представлены на рисунке 1.

Исследования состояния бетонных конструкций оросительных каналов проводились в летний период 2025 г. По результатам измерений были выявлены следующие дефекты бетонных конструкций: разрушенные бетонные стыки,

размеры которых составляли от 50 до 100 мм, на соединениях плит, а также полное отсутствие материала стыков на некоторых участках; сползание бетонных плит по откосу на расстояния до 1 м и более; оголение частей откосов на отдельных участках каналов с общей площадью до 10 м² и более.

Возможности ориентировочной оценки состояния дна каналов существовали только в период кратковременных понижений уровня воды в оросительной системе. Определение достоверного состояния бетонных конструкций дна каналов было затруднено наличием воды в канале и наносов на его дне.

Допускаемые потери воды для оросительных каналов регламентируются в соответствии с нормативными значениями КПД (не ниже 0,8...0,9 по СНиП) и определяются по формуле (1):

$$q_{\text{доп}} = \frac{Q(1-\eta)}{\eta}, \quad (1)$$

где Q – расход воды, обеспечиваемый каналом на расстояние 1 км без потерь л/с и определяемый произведением живой площади поперечного сечения канала на скорость воды в канале; η – КПД канала, принимаемый по СНиП.

Ориентировочные значения КПД облицовок определены в процессе их эксплуатации [15] и в зависимости от их типа и имеют следующие значения: бетонные и железобетонные – 0,91...0,96; бетонощелочные – 0,96...0,98; грунтощелочные – 0,98...0,99; асфальтобетонные – 0,95...0,97.

Противофильтрационные экраны призваны также обеспечивать пониженный уровень грунтовых вод относительно уровня поверхности земли с учетом критической глубины – с целью исключения подтопления земель.

Необходимость использования антифильтрационных экранов и бетонных покрытий при строительстве и реконструкции оросительных каналов должна быть обоснована технико-экономическими расчетами. В качестве основных показателей различных типов облицовок рассматриваются ориентировочные значения осредненного коэффициента фильтрации 10^{-6} , см/с, срока службы, лет, и стоимости 1 м² площади, руб. Так, для бетонных монолитных облицовок данные значения равны 3...5, 15...20, 5000...6000 соответственно.

На оросительных каналах мелиоративных систем применяются следующие типы облицовок: бетонные монолитные, железобетонные монолитные, железобетонные сборно-монолитные, железобетонные сборные, бетонощелочные



а)

б)

в)

Рис. 1. Дефекты покрытий оросительных каналов:

а) сползание бетонных плит; б) разрушение бетонных швов; в) отсутствие бетонных швов

Fig. 1. Defects in the coatings of irrigation canals:

а) sliding of concrete slabs; б) destruction of concrete joints; в) no concrete joints

монолитные, бетоноплочные сборно-монолитные, бетоноплочные сборные, грунтоплочные, асфальтобетонные.

Наилучшими из перечисленных типов антифильтрационных покрытий и облицовок с точки зрения обеспечения эффективности применения будут те, которые поддерживают минимальные фильтрационные потери. С учетом того, что потери воды на фильтрацию сквозь облицовки связаны не только с осредненным коэффициентом фильтрации, но и с величиной напора, его значения увязываются с толщиной облицовки. Оптимальные величины перечисленных характеристик и условий могут обеспечить прежде всего бетоноплочные монолитные облицовки и грунтоплочные экраны. Выбор из двух обозначенных покрытий зависит от экономической целесообразности их применения.

Прочность на сжатие, водонепроницаемость, морозостойкость и другие характеристики бетона являются основой для создания долговечных покрытий. Для поддержания водостойкости защитных покрытий класс бетона по водонепроницаемости принимают не ниже W4.

Из представленных рисунков следует, что в бетонных швах имеются трещины. Причинами возникновения таких трещин являются формирующиеся растягивающие напряжения, которые превышают предел прочности бетона на растяжение. Такие напряжения с учетом перепадов температуры и усадки покрытий на участках незатопленных водой определяются по формуле:

$$\sigma_p = E[\alpha_t \cdot \Delta t + \alpha_{yc}]. \quad (2)$$

При затоплении водой формула (2) принимает вид:

$$\sigma_p = E[\alpha_t \cdot \Delta t + \alpha_{yc} - \alpha_p], \quad (3)$$

где E – модуль упругости при растяжении бетона; Δt – перепад температур; α_{yc} – коэффициент усадки бетона; α_t – коэффициент температурного расширения бетона; α_p – коэффициент разбухания бетона.

Лабораторные исследования касались преимущественно вопросов укладки бетонной смеси на откосы каналов. Основной задачей здесь является обеспечение равномерного распределения свежеприготовленной бетонной смеси по откосу с соблюдением ее уплотнения. С учетом сползания бетонной смеси возникает необходимость формирования такой опалубки, которая обеспечит равномерное распределение ее без появления пор и пустот. Кроме того, выполнение бетонных покрытий больших габаритов для каналов ведет к возникновению значительных внутренних напряжений, поэтому покрытия формируют в виде соединенных посредством бетонных швов монолитных плит. В целом на бетонные покрытия оросительных каналов в процессе их эксплуатации воздействуют нагрузки со стороны воды, льда в зимний период, со стороны соседних плит, которые ведут к возникновению нормальных $\sigma = \frac{F}{A}$ и касательных $\tau = \frac{T_{кр}}{W}$ напряжений.

Кроме того, важной составляющей при исследовании нагруженного состояния бетонных плит является величина их собственного веса, которая в первую очередь приводит к его сползанию на дно. Наличие нормальных напряжений означает возникновение напряжений сжатия $\sigma_{сж}$

и изгиба $\sigma_{изг}$. Процесс растяжения наиболее опасен для бетонных конструкций и их соединительных швов: в итоге он приводит к дефектам бетонных покрытий и оголению грунтов на откосах.

Состояние предлагаемых бетонных смесей на наклонной поверхности, моделирующей откос канала, определялось с помощью специально разработанной авторами конструкции трапециевидного лотка с возможностью предварительного задания толщины бетонной конструкции (рис. 2).

Проведены серии однофакторных экспериментов по определению зависимости изменения прочности наиболее распространенных бетонов марок (классов) М400 (В30), М500 (В40), М600 (В45), предлагаемых для применения при реконструкции бетонных покрытий оросительных каналов, от количества добавки марки «Суперпластификатор BASF MasterGlenium ACE430», полученного на основе эфира поликарбоксилата с ускорителем набора прочности. Исследования проводились в лаборатории строительных материалов кафедры сельскохозяйственного строительства Института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова.

Гипотеза, выдвинутая перед экспериментальными исследованиями, заключалась в том, что прочность бетонных смесей с увеличением количества предлагаемой добавки в заданных пределах будет увеличиваться. Цель исследований заключалась в том, чтобы подтвердить либо опровергнуть данную гипотезу, используя при этом метод наименьших квадратов. В качестве целевой функции при проведении экспериментальных исследований принята прочность бетона. В качестве фактора, влияющего на целевую функцию, принято количество добавляемого пластификатора в указанные бетонные смеси, в опытах равного относительно количества вяжущего вещества 0,0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0% соответственно.

Для обеспечения трехкратной повторности лабораторных исследований формировалось по 3 бетонных кубика (100 × 100 × 100 мм) к каждому опыту с обеспечением необходимых сроков затвердения – 7 дней. Прочность бетонных кубиков определялась при помощи прессы ТП-1-500 с диапазоном измерения от 10 до 500 кН. Исходя из проведенных исследований для выполнения восстановительных работ по бетонным покрытиям оросительных мелиоративных каналов выбирается бетон с максимальными показателями по прочности.

Результаты экспериментальных исследований по бетону марки (класса) В30 (М400) представлены в таблице.

В результате проведенных лабораторных исследований получены кривые зависимости прочности бетона марки (класса) М400 (В30) от количества добавленного пластификатора (рис. 2). Представленные зависимости показывают, что процесс изменения прочности бетона в зависимости от процентного содержания пластификатора ACE430 наиболее адекватно описывается полиномиальной аппроксимацией с уравнением $y = -1,1714x^2 + 7,6429x + 392,63$ и величиной достоверности аппроксимации $R^2 = 0,9765$.

Для бетонов марок (классов) М500 (В40) и М600 (В45) получены средние значения по прочности – 520 и 580 МПа соответственно. При добавлении пластификатора ACE430 по данным бетонам также наблюдается повышение прочности в пределах 2-3%. Соответственно можно сделать вывод о том, что наибольшей прочностью будет обладать бетон класса В45 при добавлении 2% пластификатора ACE430.

Для исследования процесса формирования бетонных откосов каналов в рамках данной работы в системе Inventor Pro спроектирована и изготовлена в лабораторных условиях конструкция исследовательского стенда, позволяющего формировать модели бетонных лотков мелиоративных

Таблица 1. Полученные данные по прочности бетона марки (класса) М400 (В30) в зависимости от количества пластификатора ACE430

Table 1. Obtained data on the strength of concrete grade (class) М400 (В30) depending on the amount of plasticizer ACE430

Количество пластификатора, добавляемого в бетонную смесь%. <i>Amount of plasticizer added to the concrete mixture%</i>	Прочность P_1 , МПа <i>Strength P_1, MPa</i>	Прочность P_2 , МПа <i>Strength P_2, MPa</i>	Прочность P_3 , МПа <i>Strength P_3, MPa</i>	P средн. МПа <i>Average MPa</i>
М400(В30) +0,0%	392,9	392,8	392,7	392,9
М400(В30) +0,5%	395,8	395,7	395,9	395,8
М400(В30) +1,0%	398,6	398,9	398,3	398,6
М400(В30) +1,5%	402,1	402,9	402,5	402,5
М400(В30) +2,0%	402,8	402,3	403,3	402,8

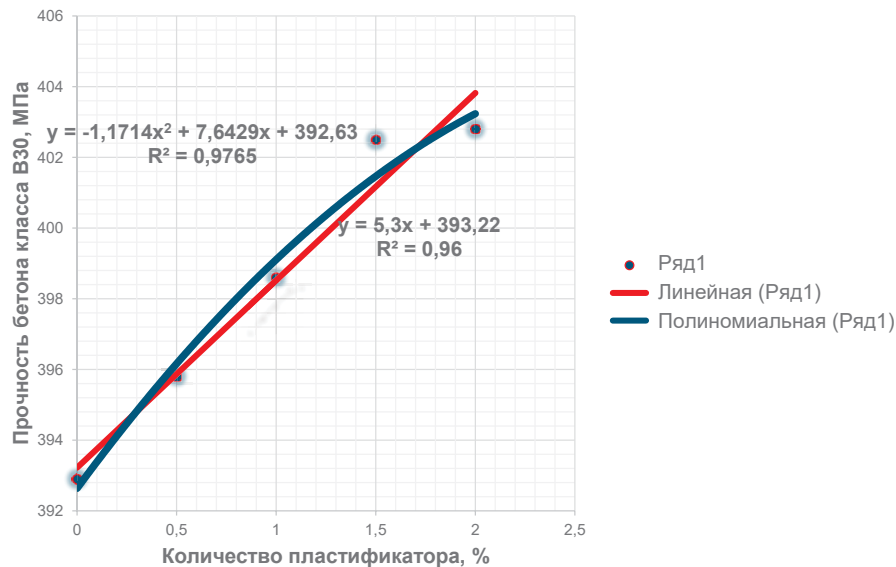


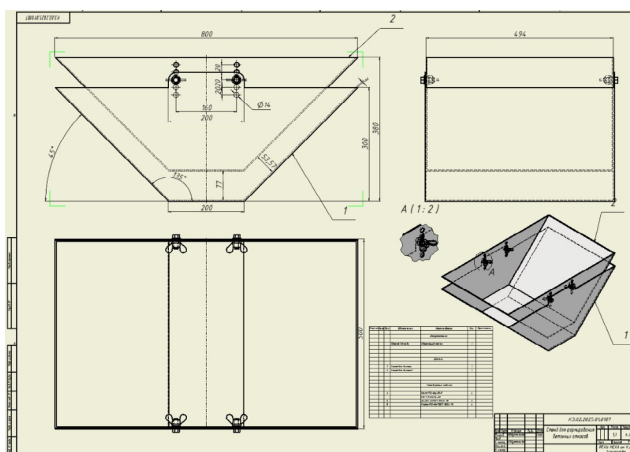
Рис. 2. Кривая зависимости прочности бетона класса В30 от количества добавляемого пластификатора ACE 430 в диапазоне от 0,5 до 2%

Fig. 2. Curve of dependence of the strength of concrete of class В30 on the amount of added plasticizer ACE430 in the range from 0.5 to 2%

каналов с различной толщиной. Кроме того, стенд позволяет проводить исследования по формированию моделей элементов каналов с различными коэффициентами заложения откосов.

С помощью разработанной конструкции испытательного стенда сформированы бетонные лотки трапециевидального профиля различной толщины, а также проведены исследования текучести рассматриваемых бетонных смесей

по качеству наполнения, уплотнения и обеспечения наклонных поверхностей бетонных конструкций. Первые испытания проведены для формирования моделей бетонных лотков с коэффициентом заложения откосов $m = 1:1$. В дальнейших исследованиях планируется спроектировать и изготовить стенды для испытаний лотков с коэффициентом $m = 1:1,5$ с возможностью их плотного стыкового соединения.



а)



б)

Рис. 3. Стенд для формирования и исследования моделей бетонных лотков мелиоративных каналов:

а) чертежи, выполненные в системе Inventor Pro; б) подготовка изготовленного стенда к формовочным испытаниям в лабораторных условиях

Fig. 3. Stand for the formation and study of models of concrete flumes of reclamation canals:

а) drawings made in Inventor Pro system; б) preparation of the manufactured stand for molding tests in laboratory conditions

Выводы

1. Анализ состояния бетонных покрытий каналов показал наличие дефектов

соединительных швов и сползание бетонных плит, которые образовались в процессе длительной эксплуатации мелиоративных систем.

2. В рамках работы спроектирован и изготовлен стенд для исследования моделей защитных бетонных лотков мелиоративных оросительных каналов. Испытания показали целесообразность применения стенда при формировании бетонных откосов каналов с коэффициентом их заложения $m = 1 : 1$.

3. Проведены лабораторные исследования по определению прочности наиболее распространенных бетонов марок (классов) М500 (В40) и М600 (В45) в зависимости от количества добавляемого пластификатора АСЕ430. Результаты исследований показывают увеличение прочности

бетонов при заданных условиях в пределах от 2 до 3%;

4. На основе проведенных исследований в качестве основных рекомендаций организациям, обслуживающим мелиоративные системы, для поддержания качественного функционирования оросительных каналов предлагается обеспечить: своевременный уход за состоянием каналов; проведение технического обслуживания текущего и капитального ремонта с применением разработанных бетонов, соответствующих требуемым классам прочности.

Список использованных источников

1. Вишторский Е.М. Высокофункциональные цементные бетоны для гидротехнического строительства / Е.М. Вишторский, И.В. Белов, А.В. Назарова // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2023. № 1(67). С. 49-53. EDN: MTKTKZ

2. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2025621941 Российская Федерация. «Машины для приготовления бетонных и растворных смесей»: заявл. 17.04.2025; опублик. 29.04.2025 / Х.А. Абдулмажидов; заявитель ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева».

3. Гидромелиорация земель и водное хозяйство. Монография. / Х.А. Абдулмажидов, Н.А. Александров, М.С. Али [и др.]. М.: Общество с ограниченной ответственностью «Мегаполис», 2022. 358 с. ISBN 978-5-6049409-4-5. EDN: HNSMXI

4. Абдразаков Ф.К. Интенсификация мелиоративного производства путем совершенствования технологий реконструкции и строительства оросительных каналов / Ф.К. Абдразаков, А.А. Рукавишников // Мелиорация и водное хозяйство. 2019. № 1. С. 6-9. EDN: SMJWAW

5. <https://yandex.ru/maps/?l=sat%2Cskl&ll=46.134427%2C43.353200&z=19>

6. Панкова Т.А. Материалы, применяемые для облицовки оросительных каналов / Т.А. Панкова, С.С. Орлова, С.В. Затиначий // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2015. № 3(59). С. 202-206. EDN: UIYPVV

7. Абдулмажидов Х.А. Очистка осушительных каналов от наносов / Х.А. Абдулмажидов // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства: Материалы Международной научно-технической конференции, Тюмень, 12 февраля 2015 года. Тюмень: Тюменский государственный нефтегазовый университет, 2015. С. 18-24. EDN: TYLOJH

8. Арьков Д.П. Конструирование плит для облицовки оросительных каналов мелиоративных систем с применением композитной арматуры / Д.П. Арьков, А.А. Сухов, Д.Н. Никифорова [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 12-1(114). С. 119-123. DOI: 10.23670/IRJ.2021.114.12.018

9. Абдразаков Ф.К. Перспективные подходы к ремонту и усовершенствованию облицовки оросительных каналов с применением композитов / Ф.К. Абдразаков, Э.Э. Сафин // Современные проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения: Материалы XIV Национальной конференции

References

1. Vishtorsky E.M. Highly functional cement concretes for hydraulic engineering construction / E.M. Vishtorsky, I.V. Belov, A.V. Nazarova // Bulletin of Lugansk State University named after Vladimir Dahl. 2023. № 1(67). P. 49-53. EDN: MTKTKZ

2. Certificate of State registration of the database № 2025621941 Russian Federation. "Machines for the preparation of concrete and mortar mixtures": application 04/17/2025; published 04/29/2025 / Kh.A. Abdulmashidov; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian State Agraric University – Moscow Agricultural Academy named after C.A. Timiryazev".

3. Land reclamation and water management / Kh.A. Abdulmashidov, N.A. Alexandrov, M.S. Ali [et al.]. Moscow: Megapolis Limited Liability Company, 2022. 358 p. ISBN 978-5-6049409-4-5. EDN: HNSMXI

4. Abdrazakov F.K. Intensification of land reclamation production by improving technologies for reconstruction and construction of irrigation canals / F.K. Abdrazakov, A.A. Rukavishnikov // Land reclamation and water management. 2019. № 1. P. 6-9. EDN: SMJWAW

5. <https://yandex.ru/maps/?l=sat%2Cskl&ll=46.134427%2C43.353200&z=19>

6. Pankova T.A. Materials used for lining irrigation canals / T.A. Pankova, S.S. Orlova, S.V. Zatinatsky // Ways to increase the efficiency of irrigated agriculture. 2015. № 3(59). P. 202-206. EDN: UIYPVV

7. Abdulmashidov Kh.A. Cleaning of drainage channels from sediments / Kh.A. Abdulmashidov // Land transport and technological complexes and means: Materials of the International Scientific and Technical Conference, Tyumen, February 12, 2015. Tyumen: Tyumen State Oil and Gas University, 2015. P. 18-24. EDN: TYLOJH

8. Arkov D.P., Sukhov A.A., Nikiforova D.N. Designing plates for lining irrigation channels of reclamation systems using composite reinforcement [et al.] // International Scientific Research Journal. 2021. № 12-1(114). P. 119-123. DOI: 10.23670/IRJ.2021.114.12.018.

9. Abdrazakov F.K. Promising approaches to repairing and improving the lining of irrigation canals using composites / F.K. Abdrazakov, E.E. Safin // Modern problems and prospects for the development of construction, heat and gas supply and energy supply: Proceedings of the XIV National Conference with International Participation, Saratov, April 25-26, 2024. Saratov: Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, 2024, P. 271-275. EDN: PPJOOM

с международным участием, Саратов, 25-26 апреля 2024 года. – Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, 2024. С. 271-275. EDN: PPJ00M

10. Жарницкий В.Я. Обоснование линейной математической модели сдвигового течения бетонной смеси под действием силы тяжести по наклонной поверхности откоса / В.Я. Жарницкий, П.А. Корниенко // Природообустройство. 2020. № 1. С. 88-93. DOI: 10.34677/1997-6011/2020-1-88-93.

11. Балабанов В.И. Машины для строительства и эксплуатации гидромелиоративных систем / В.И. Балабанов, Н.К. Усманов, И.Ж. Худаев [и др.]. Саратов: Общество с ограниченной ответственностью Амирит, 2023. 278 с. ISBN 978-5-00207-184-5. EDN: TFCSEY

12. Боев О.А. Вопросы реконструкции крупных каналов и оценка их эффективности / О.А. Боев, М.Ю. Косиченко // Мелиорация и гидротехника. 2021. Т. 11, № 4. С. 287-301. DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-4-287-301. EDN: QMDUPX

13. Гарбуз А.Ю. Выбор композиционных составов, применяемых для ремонта повреждений на каналах / А.Ю. Гарбуз // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2021. № 1(81). С. 37-43. EDN: WWNTKN

14. Туктаров Р.Б. Оценка изменения состояния облицовочных покрытий откосов оросительных каналов, находящихся в процессе длительной эксплуатации / Р.Б. Туктаров, В.П. Мельникова, Р.Д. Пасовец [и др.] // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2019. № 1(73). С. 92-96. EDN: TDVUOS

15. Защитные покрытия оросительных каналов. Монография / В.С. Алтунин, В.А. Бородин, В.Г. Ганчиков, Ю.М. Косиченко. М.: ВО «Агропромиздат», 1988. 162 с. EDN: RVYSFT

Об авторах

Хамзат Арсланбекович Абдулмажидов, д-р техн. наук, доцент; <https://orcid.org/0000-0002-7699-4799>; Web of Science Researcher ID AAE-5817-2022; Scopus Author ID: 57224176106; Author ID: 756348; abdulmajidov@rgau-msha.ru

Виктор Иванович Балабанов, д-р техн. наук, профессор; <https://orcid.org/0000-0001-6486-6485>; Web of Science Researcher ID: L-7456-2017; Scopus author ID: 7005293644; AuthorID: 664496; vbalaabanov@rgau-msha.ru

Ольга Викторовна Мареева, канд. техн. наук, доцент; <https://orcid.org/0000-0002-7441-2169>; Scopus Author ID: 57224733401; AuthorID: 709432; o.mareeva@rgau-msha.ru

Иван Иванович Попов, канд. техн. наук, доцент; <https://orcid.org/0000-0003-0860-4311>; Web of Science Researcher ID: 4467-2019; Scopus ID: 56763512000; AuthorID: 226376; i.popov@rgau-msha.ru

Игорь Викторович Белов, старший преподаватель; <https://orcid.org/0000-0002-7562-514X>; Researcher ID: AAD-8009-2022 AuthorID: 1176793; bivik.1995@yandex.ru

Критерии авторства / Authorship criteria

Абдулмажидов Х.А., Балабанов В.И., Попов И.И., Мареева О.В. и Белов И.В. выполнили обзор, 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 conflict of interests

Вклад авторов / Contribution of the authors

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 29.09.2025

Поступила после рецензирования и доработки / Received after peer review and revision 24.10.2025

Принята к публикации / Accepted for publication 24.10.2025

10. Zharnitsky V.Ya. Justification of a linear mathematical model of the shear flow of a concrete mixture under the action of gravity along an inclined slope surface / V.Ya. Zharnitsky P.A. Kornienko // Prirodoobustroystvo. 2020. № 1. P. 88-93. DOI: 10.34677/1997-6011/2020-1-88-93.

11. Balabanov V.I. Machines for construction and operation of hydro-reclamation systems / V.I. Balabanov, N.K. Usmanov, I.Zh. Khudaev [et al.]. Saratov: Limited Liability Company "Amirir", 2023. 278 p. ISBN 978-5-00207-184-5. EDN: TFCSEY

12. Boev O.A. Issues of reconstruction of large canals and assessment of their effectiveness / O.A. Boev, M.Y. Kosichenko // Land reclamation and hydraulic engineering. 2021. Vol. 11, № 4. P. 287-301. DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-4-287-301. EDN: QMDUPX

13. Garbuz A.Yu. Selection of composite compositions used to repair damage to canals / A.Yu. Garbuz // Ways to increase the efficiency of irrigated agriculture. 2021. № 1(81). P. 37-43. EDN: WWNTKN

14. Tuktarov R.B. Assessment of changes in the condition of facing coverings of irrigation canal slopes that are in the process of long-term operation / R.B. Tuktarov, V.P. Melnikova, R.D. Pasovets [and others] // Ways to increase the efficiency of irrigated agriculture. 2019. № 1(73). P. 92-96. EDN: TDVUOS

15. Protective coatings of irrigation canals: the monograph / V.S. Altunin, V.A. Borodin, V.G. Ganchikov Yu., Kosichenko M.Yu. Moscow: VO "Agropromizdat", 1988. 162 p. EDN: RVYSFT

About the authors

Khamzat A. Abdulmashidov, DSc (Tech), Associate Professor; <https://orcid.org/0000-0002-7699-4799>; Web of Science Researcher ID AA-5817-2022; Scopus Author ID: 57224176106; Author ID: 756348; abdulmajidov@Ragau-Masha.Rs120

Viktor I. Balabanov, DSc (Tech), Professor; <https://orcid.org/0000-0001-6486-6485>; Web of Science Researcher ID: L-7456-2017; Scopus author ID: 7005293644; AuthorID: 664496; vbalaabanov@rgau-msha.ru

Olga V. Mareeva, CSc (Tech), Associate Professor; <https://orcid.org/0000-0002-7441-2169>; Scopus author ID: 57224733401; AuthorID: 709432; o.mareeva@rgau-msha.ru

Ivan I. Popov, CSc (Tech), Associate Professor; <https://orcid.org/0000-0003-0860-4311>; Web of Science ResearcherID: 4467-2019; Scopus ID: 56763512000; AuthorID: 226376; i.popov@rgau-msha.ru

Igor V. Belov, Senior Lecturer; <https://orcid.org/0000-0002-7562-514X>; Researcher ID: AAD-8009-2022 AuthorID: 1176793; bivik.1995@yandex.ru

Abdulmashidov Kh.A., Balabanov V.I., Popov I.I., Mareeva O.V. and Belov I.V., 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.