

Оригинальная статья

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-4-67-74>

УДК 627.8:69.05



ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-БИОЛОГИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ АПК

Н.В. Ханов^{1✉}, С.О. Курбанов^{2✉}, О.Н. Черных¹, Ф.Т. Дударова²

¹ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова; 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, Россия

² Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова; 360030, КБР, г. Нальчик, пр-т Ленина, 1В, Россия

Аннотация. Цель исследований: подготовка и рекомендация к внедрению ряда технических решений по возведению биоинженерных систем для небольших оросительных систем поверхностного полива по бороздам с использованием новых природоохранных приемов мелиорации земель. Гидротехнические элементы и земли мелиоративных систем, которые по ряду причин эродированы, должны быть надежно защищены от эрозии. В рамках проекта «Совершенствование методов инженерно-мелиоративного обустройства малых водных объектов АПК» были разработаны и проверяются в натуральных условиях биоинженерные системы и технологии защиты не только прибрежных территорий малых рек и прудов, подрусовых водозаборов, но и каналов небольших оросительных систем поверхностного полива по бороздам с использованием новых природоохранных приемов мелиорации земель. Биопозитивные конструкции состоят из местных и экологически безопасных искусственных материалов. Миксированные конструкции содержат: габионные тюфяки; геоматы; металлические решетки; георешетки, заполненные щебнем; гибкие трубопроводы и другие природные и природоподобные компоненты. Отмечено, что внедрение и использование для подачи воды на орошение в мелиоративных системах предгорных зон Северо-Кавказского федерального округа биопозитивных сооружений разработанных конструкций ведут к росту экономического эффекта примерно в 2 раза и снижению себестоимости подаваемой воды более чем на 40%.

Работа выполнена за счет средств гранта Российского научного фонда № 23-29-00928; <https://rscf.ru/project/23-29-00928/>.

Ключевые слова: мелиоративная система, биопозитивные конструкции, подрусовой водозабор, полив по бороздам

Формат цитирования: Ханов Н.В., Курбанов С.О., Черных О.Н., Дударова Ф.Т. Инновационные технологические решения инженерно-биологических сооружений на мелиоративных системах АПК // Природообустройство. 2024. № 4. С. 67-74. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-4-67-74>

Original article

INNOVATIVE TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR ENGINEERING AND BIOLOGICAL STRUCTURES ON AGRICULTURAL INDUSTRIAL INVESTIGATION SYSTEMS

N.V. Khanov^{1✉}, S.O. Kurbanov^{2✉}, O.N. Chernikh², F.T. Dudarova²

¹ Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after C.A. Timiryazev; Institute of Land Reclamation, Water Management and Construction named after A.N. Kostyakov; 127434, Moscow, Timiryazevskaya st., 49, Russia

² Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov. 360030 Nalchik, Lenina avenue, 1B, Russia

Abstract. The purpose of the research is to prepare and recommend the implementation of a number of technical solutions for the construction of bioengineered systems for small irrigation systems of surface irrigation along furrows using new environmental techniques of land reclamation. Hydraulic elements and lands of reclamation systems, which are eroded for a number of reasons, must be reliably protected from erosion. As part of the project “Improving the methods of engineering and reclamation of small water bodies of the agro-industrial complex”, bioengineering systems and technologies for protecting not only the coastal areas of small rivers and ponds, under-river water intakes, but also the canals of small surface irrigation systems along furrows were developed and tested under natural conditions using new environmental protection techniques for land reclamation. Biopositive designs are made of local and environmentally friendly man-made materials. Mixed structures contain: gabion

mattresses; geomats; metal gratings; geogrids filled with crushed stone; flexible pipelines and other natural and nature-like components. It is noted that the introduction and use of biopositive structures of the developed structures for supplying water for irrigation in reclamation systems of the foothill zones of the North Caucasus Federal District leads to an increase in the economic effect by approximately 2 times and a reduction in the cost of supplied water by more than 40%.

The work was supported by the Russian Science Foundation grant no. 23-29-00928, <https://rscf.ru/project/23-29-00928/>.

Keywords: reclamation system, biopositive structures, under-river water intake, furrow irrigation

Format of citation: Khanov N.V., Kurbanov S.O., Chernykh O.N., Dudarova F.T. Innovative technological solutions for engineering and biological structures on reclamation systems of the agro-industrial complex // Prirodoobustroystvo. 2024. No. 4. P. 67-74. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-4-67-74>

Введение. Традиционные мелиоративные системы поверхностного полива с громоздкими водозаборными сооружениями из малых рек характеризуются высокой материалоемкостью и энергоемкостью. Необходимые эксплуатационные затраты на содержание этих систем, нередко находящихся на завершающей стадии эксплуатации, становятся неподъемными для многих хозяйств.

Поверхностный полив осуществляется с помощью орошения дождевальными установками и полива по бороздам, и оба эти вида полива вызывают эрозию почвенного слоя. Но при этом интенсивность эрозионных процессов в значительно большей степени возрастает при поливе по бороздам. Этот способ полива в последние десятилетия используют в основном по причине дороговизны системы орошения дождеванием [1-3]. В связи с этим, например, в регионах Северо-Кавказского федерального округа РФ ежегодно выводятся из строя десятки тысяч гектар сельскохозяйственных земель. Кроме того, при поверхностном поливе по бороздам теряется до 30% оросительной воды ввиду нерациональной системы устройства и эксплуатации поливных борозд. Существующие мелиоративные системы поверхностного полива, построенные еще в Советском Союзе на прибрежных зонах малых рек, характеризуются низкой эффективностью работы, часто находятся в нерабочем эксплуатационном состоянии, нуждаются в реконструкции, сдерживают восстановление деградированных земель и развитие комплексной мелиорации в целом.

Цель исследований: подготовка и рекомендация к внедрению ряда технических решений по возведению биоинженерных систем для небольших оросительных систем поверхностного полива по бороздам с использованием новых природоохранных приемов мелиорации земель.

Материалы и методы исследований. В настоящее время отсутствуют полновесные научно обоснованные методы и рекомендации

по проектированию и строительству экологически эффективных водозаборных сооружений, мелиоративных систем поверхностного полива по бороздам, предназначенных для восстановления земель, подверженных эрозии, а также для восстановления их локальных нарушенных участков [4, 5]. Для их создания в качестве методов исследований были использованы натурные обследования и аналитические разработки, базирующиеся на оценке состояния существующих водозаборных сооружений мелиоративных систем поверхностного полива и гидротехнических сооружений, входящих в их состав. Наряду с этим оценивались современное состояние оросительных систем, эффективность и экологическая безопасность их работы.

В рамках направления «Биоинженерные технологии защиты и обустройства земель прибрежных и рекреационных зон», разрабатываемого под руководством С.О. Курбанова, и выполнения проекта РНФ «Совершенствование методов инженерно-мелиоративного обустройства малых водных объектов АПК» была выдвинута концепция создания биоинженерных систем для защиты и восстановления нарушенных земель. Помимо большого количества вариантов новых защитно-регуляционных сооружений биопозитивной конструкции [6, 7], были предложены и разработаны 4 варианта малой мелиоративной системы поверхностного полива по бороздам с максимальным использованием местных и безопасных искусственных материалов [9, 10]. Особенно подробно натурные и аналитические исследования были проведены на гидросооружениях оросительных системах поверхностного полива, расположенных в границах предгорных участков малых рек Кабардино-Балкарской Республики. Их базовой основой являются биопозитивные изделия в виде гибких тьюфяков цилиндрической формы, выполненных из природных и экологически безопасных искусственных материалов, завернутых в геосетку, одновременно

являющиеся эффективной противоэрозионной защитой мелиорируемых земель и средством заполнения поливных борозд. В результате проведенных исследований подготовлен и рекомендован к внедрению ряд технических решений по возведению биоинженерных систем для небольших оросительных систем поверхностного полива по бороздам с использованием новых природоохранных приемов мелиорации земель.

Результаты и их обсуждение. При создании экологически ориентированных гидромелиоративных систем из всего многообразия гидротехнических сооружений, входящих в их состав, можно вычлени ряд основных, рассмотреть особенности их предлагаемых инновационных решений с признаками биоинженерных систем защиты, аналогичных решениям, используемым при обустройстве прибрежных участков малых

водных объектов [11-16]. По истечении времени эти новые конструктивные элементы выполняются необходимые для обеспечения надежности гидротехнических сооружений и биологической безопасности орошаемых земель, а также водных объектов, задействованных вместе с ними, защитные функции и служат для повышения продукционного потенциала мелиорированных агроландшафтов АПК, незаметно «сливаясь» с природным ландшафтом (рис. 1).

В качестве крепления откосов мелиоративного канала хорошо показала себя в работе конструкция из габионных тюфяков с армирующими гибкими плитами, запатентованная сотрудниками Кабардино-Балкарского ГАУ им. В.М. Кокова и РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (рис. 2) [11]. Крепление откоса в виде подпорной стенки состоит

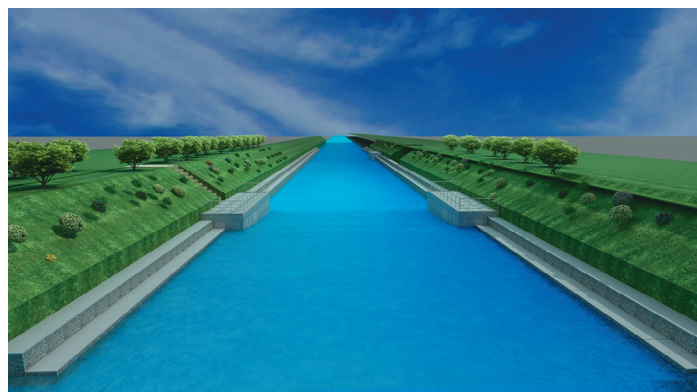


Рис. 1. Модель берегоукрепительных мероприятий на канале экологически ориентированной мелиоративной системы или малотока при ревитализации (разработана под руководством канд. техн. наук С.О. Курбанова)

Fig. 1. Model of bank protection measures on the canal of an ecologically oriented reclamation system or a small watercourse during revitalization (developed under the guidance of S.O. Kurbanov, candidate of technical sciences)

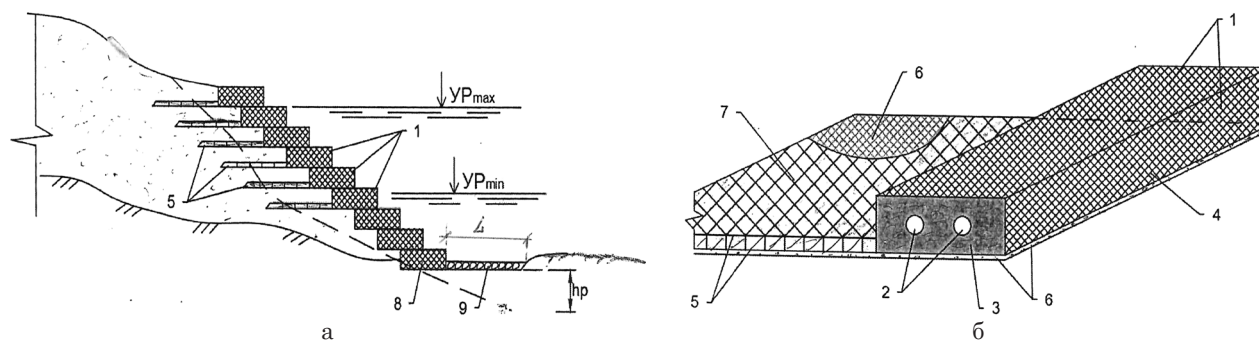


Рис. 2. Укрепление мелиоративного канала армогрунтовой конструкцией, патент № 2801714, 2023 г. [11]:

а – ступенчатое крепление откоса; б – габионный тюфяк с гибкой армирующей плитой
1 – габионный тюфяк, 2 – дренажные перфорированные трубы, 3 – геомат, 4 – габионная сетка,
5 – гибкие армирующие плиты, 6 – стеклопластиковая сетка, 7 – объемные георешетки

Fig. 2. Reinforcement of the reclamation canal with a reinforced soil structure, patent No 2801714, 2023 [11]:

a – stepped slope fastening; b – gabion mattress with flexible reinforcing plate
1 – gabion mattress, 2 – perforated drainage pipes, 3 – geomat, 4 – gabion mesh,
5 – flexible reinforcing plates, 6 – fiberglass mesh, 7 – volumetric geogrid

из многоступенчато уложенных габионных тюфяков, выполненных из дренажных перфорированных труб, геомата и габионной сетки. К основанию габионных тюфяков прикреплены гибкие армирующие плиты, состоящие из стеклопластиковой сетки и объемных георешеток. К основанию первого ряда габионных тюфяков прикреплена гибкая плита с направлением в наружную сторону в виде фартука, устроенного вдоль русла водотока и нагруженного сверху гравием и галькой.

Такое крепление обладает высокой степенью гибкости и водопроницаемости. При этом основные гидродинамические нагрузки грунтового массива и фильтрационного потока воды воспринимают габионные тюфяки с армирующими элементами, ступенчато врезанными в откосе. Виду гибкости входящих в него тюфяков и плит, связывающих грунт слоями, возникает их совместная работа с грунтовым массивом, обеспечивающая стабильную устойчивость обрушаемого откоса, перехват и отвод фильтрационного потока из окружающего грунтового массива. Вследствие этого по линии поверхности возможного обрушения грунтового массива и вдоль границ армирующих плит возникают необходимые силы трения и сцепления грунтов, эффективно удерживающие обрушаемый грунтовой массив от возможного сползания.

С использованием объемных георешеток, прикрепленных к сеткам из стеклопластика и габионным тюфякам, удерживающие силы растут более чем в 2 раза, чем при сдвигающих силах. Кроме того, предусмотренный у подошвы сооружения гибкий фартук, нагруженный сверху гравием и галькой, предотвращает подмыв у подошвы сооружения и сдвиг откосного крепления. При таком конструктивном решении одновременно обеспечиваются полный перехват и безопасный отвод профильтровавшей грунтовой воды из дренажных устройств тюфяков и поверхностного стока с прибрежного склона.

Геоматы – геокомпозиционные искусственные материалы из полимерных скрепленных монофиломентов, считающиеся в настоящее время универсальными и экологически безопасными материалами, интенсивно используются по всему миру для борьбы с эрозией почв и без ограничения применяются во многих отраслях водохозяйственного строительства для любых почв по характеристике и состоянию [8]. Использование геомата в габионных тюфяках не только повышает водопроницаемость и гибкость конструкции, но и способствует сохранению влаги в теле сооружения в течение длительного времени. Это

благоприятно влияет на фитомелиоративную ситуацию на укрепленном участке: улучшаются условия для прорастания трав и кустарников на откосах водопроводящего сооружения, на приканальном участке создается устойчивый растительный слой.

Полевые обследования показали, что в целом подпорная стенка армогрунтовой конструкции обеспечивает надежную защиту прибрежным зонам естественных и искусственных водотоков на их предгорных и равнинных участках в местах потенциально возможного размыв русла и обрушения грунтовых откосов. По результатам теоретических и полевых исследований с учетом опыта эксплуатации в четырех вариантах разработана новая, более эффективная мелиоративная система поверхностного полива по бороздам. Первые две конструкции природоохранной мелиоративной системы (варианты 1 и 2) базируются на основе использования природных материалов в виде тюфяков и фашин из камыша [13, 14]. Третий и четвертый варианты используют искусственные, экологически безопасные материалы (геоматы, геосетки и др.). Их по выполняемым функциям можно отнести к противоэрозионным мелиоративным системам поверхностного полива по бороздам [15, 16].

Все 4 варианта малых мелиоративных систем поверхностного полива рассчитаны для условий прибрежных зон малых водотоков и предгорных участков мелиоративного агроландшафта. Для обеспечения их стабильной водоподачи вкуче с ними разработаны подрусовые водозаборные сооружения, которые обеспечивают одновременно и очистку от наносов, и забор воды из-под русел малых рек. Один из таких вариантов противоэрозионной мелиоративной системы поверхностного полива по бороздам приведен на рисунке 3.

Противоэрозионная мелиоративная система поверхностного полива по бороздам состоит из гибкого трубопровода с водовыпускными шлангами, поливных борозд (разработанных с уклоном на определенном расстоянии друг от друга), дренажных тюфяков, уложенных в борозды и выполненных из перфорированных полимерных труб с ребрами жесткости и геомат, обмотанных вокруг труб в 2...3 слоя. При этом трубчатые дренажные тюфяки с ребрами жесткости вокруг завернуты в сетчатую оболочку. Все борозды сверху дренажных тюфяков засыпаны выравнивающим слоем растительного грунта толщиной 8...12 см.

В малой мелиоративной системе поливные борозды, заполненные дренажными

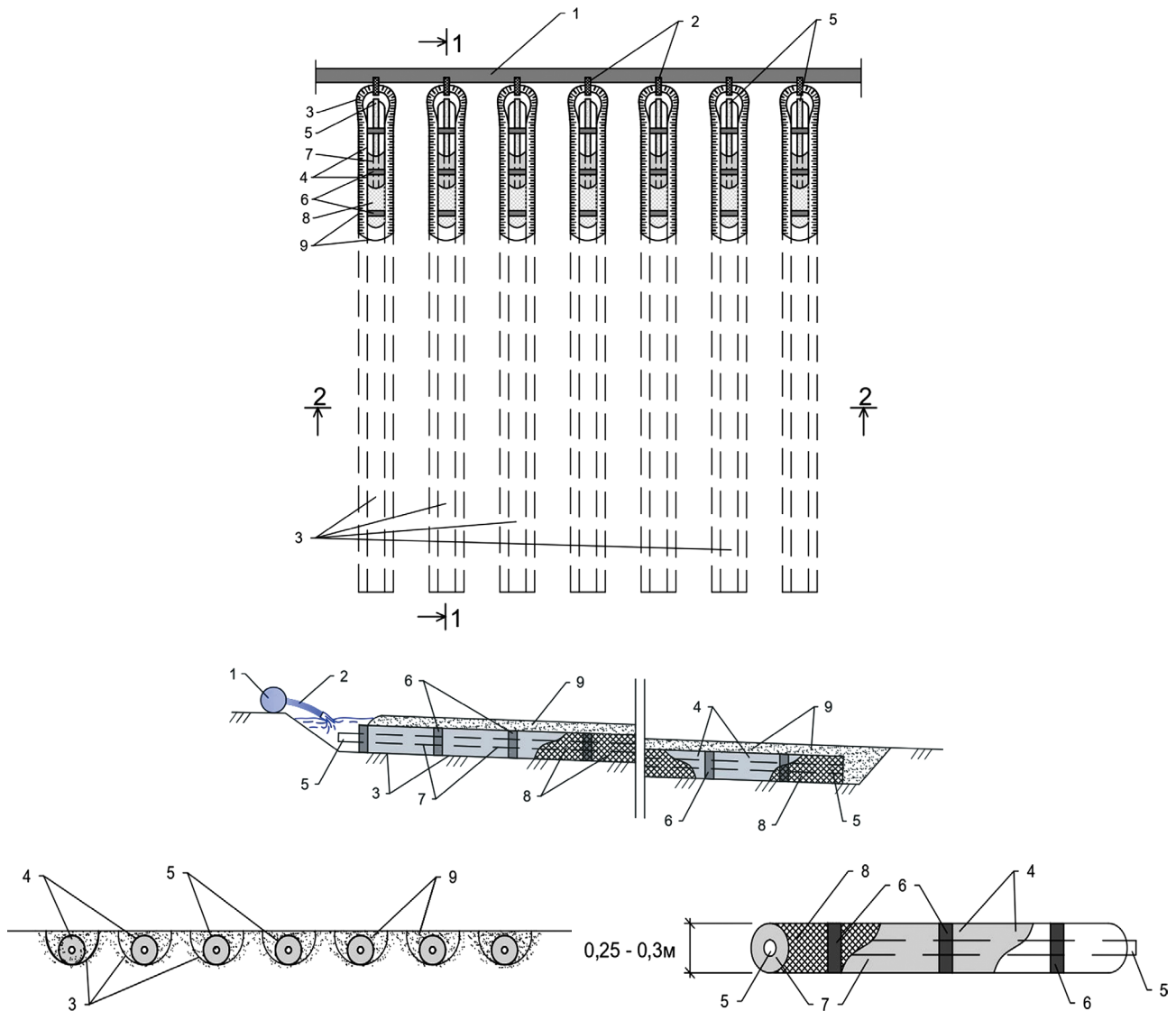


Рис. 3. Противоэрозионная мелиоративная система поверхностного полива по бороздам.

Патент № 2800368, 2023 г. [15]:

а – план участка мелиоративной системы поверхностного полива по бороздам;

б – сечение гибкого трубопровода по продольной оси борозды; в – поперечное сечение борозд с трубчатыми дренажными тюфяками; г – трубчатый дренажный тюфяк

1 – гибкий трубопровод, 2 – водовыпускные планги, 3 – поливные борозды, 4 – дренажные тюфяки,

5 – перфорированные полимерные трубы, 6 – ребра жесткости, 7 – геомат, 8 – сетчатая оболочка,

9 – слой растительного грунта

Fig. 3. Anti-erosion reclamation system of surface irrigation along furrows. Patent No. 2800368, 2023 [15]

a – site plan of the surface irrigation reclamation system along the furrows;

b – the section of the flexible pipeline along the longitudinal axis of the furrow;

б – cross-section of furrows with tubular drainage matts; g – tubular drainage mattress

1 – flexible pipeline, 2 – outlet hoses, 3 – irrigation furrows, 4 – drainage matts,

5 – perforated polymer pipes, 6 – stiffeners, 7 – geomat, 8 – mesh shell, 9 – a layer of vegetable soil

водонасыщенными тюфяками, работают эффективно и надежно, долгое время удерживают воду, тем самым способствуя сохранению и повышению качества растительного слоя. В результате эффективность работы поливных борозд повышается до 30%. Вместе с тем наличие в дренажных тюфяках ребер жесткости и металлической габионной сетки (как оболочка) обеспечивает надежную работу поливных

борозд и защиту от воздействия колес сельхозтехники. Для этого толщина ребер жесткости и расстояние между ними, диаметр металлических проволочек и размер ячеек габионной сетки принимают из условия обеспечения несущей способности борозд и дренажных тюфяков с учетом возможных нагрузок используемой сельхозтехники при посеве и уборке урожая. В любом случае расстояние участка дренажной трубы

между ребрами жесткости должно составлять не более 1,0...1,2 м. Из этих условий и обеспечения технологичности изготовления и укладки тюфяков наиболее эффективной является их длина в 2,0...2,5 м.

Предлагаемые (в 4-х вариантах) мелиоративные системы поверхностного полива по бороздам характеризуются высокой эффективностью работ. Конструктивно-технологические особенности обустройства их поливных борозд благоприятно влияют на противэрозионную защиту и сохранение растительного слоя земли, а также на снижение потерь оросительной воды. Один из разработанных подруловых водозаборов комбинированной конструкции, предназначенный для водообеспечения малой мелиоративной системы поверхностного полива по бороздам, представлен на рисунке 4 [12].

Подруловый водозабор содержит водосборную галерею с фильтрующим водоприемником, которая выполнена в виде лотка. По его верху устроена водоприемная часть из расположенных друг над другом слоев металлической решетки, габионных дренирующих тюфяков и георешеток с заполненными ячейками из щебня. Дренирующий наполнитель тюфяков изготовлен из нескольких слоев геомата и двух ниток перфорированных труб, которые укладываются послойно

и заворачиваются в габионную сетку с приданием призматической формы тюфяку. В концевой части лотка 1 устроен водосборный колодец 8 призматической формы, по верху которого уложена водоприемная часть, аналогичная лотку, так, чтобы металлические решетки, ряды габионных тюфяков и георешеток с щебнем по уровню и уклону совпадали. Предлагаемый водозабор комбинированной конструкции наиболее эффективно может быть использован на горных и предгорных участках малых рек со сложными гидрологическими и климатическими условиями в формировании нового мелиоративного комплекса, в том числе при поверхностном поливе по бороздам [13-16].

Более 10 вариантов аналогичных подруловых и горизонтальных водозаборных сооружений, защищенных патентами на изобретения, разработаны под руководством С.О. Курбанова. Документально доказано, что их внедрение и использование для подачи воды на орошение в мелиоративных системах предгорных зон имеют значительный экономический эффект. Поэтому отсутствует необходимость устройства ирригационных отстойников, соответственно энергетические затраты уменьшаются не менее чем в 2 раза, а себестоимость подаваемой оросительной воды снижается более чем на 40%.

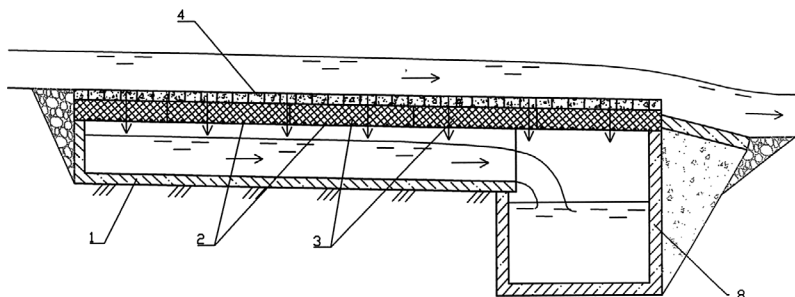


Рис. 4. Подруловый водозабор комбинированной конструкции.

Патент № 2747488, 2021 г. [12]

1 – лоток, 2 – слой металлической решетки, 3 – габионные дренирующие тюфяки, 4 – георешетки

Fig. 4. A sub-surface water intake of a combined design. Patent No. 2747488, 2021 [12]

1 – tray, 2 – layer of metal grating, 3 – gabion drainage mattresses, 4 – geogrid

Выводы

Результаты выполненных натурных исследований и мониторинговых наблюдений на мелиоративных системах предгорных и горных участков мелиоративных систем АПК в границах Северо-Кавказского федерального округа, полученные в последние годы, позволяют оценить обоснованность применения биоинженерных технологий при защите и обустройстве малых водных объектов и мелиоративных систем поверхностного полива по бороздам. Разработанные биопозитивные элементы мелиоративных

систем поверхностного полива по бороздам (крепление, водозаборы, дренажные устройства и пр.) из природных и геокомпозитных материалов характеризуются высокой эффективностью, конструктивно-технологические особенности обустройства их поливных борозд благоприятно влияют на противэрозионную защиту и сохранение растительного слоя земли, а также на снижение потерь воды на орошение. При их использовании затраты уменьшаются примерно в 2 раза, а себестоимость подаваемой воды снижается более чем на 40%.

Список использованных источников

1. Краснощекоев В.Н., Ольгаренко Д.Г. Модернизация мелиоративных систем как главный фактор обеспечения продовольственной и экологической безопасности страны // Природообустройство. 2016. № 4. С. 51-57.
2. Кривицкий С.В. Методы биоинженерной геэкологии при проведении экологической реабилитации природных объектов // Вестник МГСУ. 2009. № 4. С. 285-290.
3. Черных О.Н., Ханов Н.В. Водные объекты в АПК и их эксплуатация // Картофель и овощи. 2019. № 11. С. 6-10.
4. Курбанов С.О., Ханов Н.В., Черных О.Н. Проблемы и пути решения вопросов инженерной защиты и восстановления прибрежных нарушенных земель городских территорий // Природообустройство. 2023. № 1. С. 38-46.
5. Курбанов С.О., Созаев А.А. Новые конструктивные и технологические решения по водозаборным сооружениям мелиоративных систем предгорных зон // Вода и экология: проблемы и решения. № 4 (84). С. 24-31.
6. Курбанов С.О. Экологически эффективные технологии регулирования малых рек и строительства мелиоративных водозаборов / Созаев А.А., Чапаев Т.М., Сасиков А.С. // International agricultural journal: Электронный научный журнал. 2020. № 6. URL: <https://iaceu/index.php/iaac/article/view/315>.
7. Курбанов С.О., Созаев А.А. Обоснование концепции создания биоинженерных систем защиты и восстановления земель прибрежных и рекреационных зон // Экология и промышленность России. 2020. Т. 24, № 8. С. 34-39.
8. Гурьев А.П. Использование композиционных геоматов для борьбы с водной эрозией / Ханов Н.В., Еремеев А.В., Козлов К.Д. Монография. М.: РГАУ-МСХА, 2020. 253 с.
9. Kurbanov S., Sozaev A., Shogenov A., Karshiev A. Bioengineering systems for the protection and improvement of urbanized areas of coastal and recreational areas // In the collection: Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems (ITEEA 2021). E3S Web of Conferences 1st International Scientific and Practical Conference. 2021. Pp. 30-35.
10. Kurbanov S.O., Sozaev A.A., Balkizov A.B. Effective technical solutions for channel regulation small rivers and construction of reclamation water intakes // Science Education Practice proceedings of the International University Science Forum (Canada, Toronto). 2020. September 30. Infinity Publishing. Pp. 117-130.
11. Подпорная стенка армогрунтовой конструкции для защиты прибрежных зон от обрушения и размыва: Патент № 2801714. Российская Федерация, МПК E02B 3/06 / Ханов Н.В., Курбанов С.О., Черных О.Н. Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Российский государственный аграрный университет имени К.А. Тимирязева». № 2022128586. Заяв. 03.11.2022; Опубл. 15.08.2023. Бюл. № 23.
12. Подрусловой водозабор комбинированной конструкции: Патент 2747488. Российская Федерация, МПК E02B 9/14 / Курбанов С.О., Балкизов А.Б. Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова». № 2020131884. Заяв. 25.09.2020; Опубл. 05.05.2021. Бюл. № 13.

References

1. Krasnoshchekov V.N., Olgarenko D.G. Modernization of reclamation systems as the main factor in ensuring the country's food and environmental security // Prirodoobustrojstvo. 2016. No. 4. P. 51-57.
2. Krivitsky S.V. Methods of bioengineering geocology when carrying out environmental rehabilitation of natural objects // Bulletin of MGSU. No. 4. 2009. P. 285-290.
3. Chernykh O.N., Khanov N.V. Water bodies in the agro-industrial complex and their exploitation // Potatoes and vegetables: scientific and practical. magazine 2019. No. 11. P. 6-10.
4. Kurbanov S.O., Khanov N.V., Chernykh O.N. Problems and ways to solve issues of engineering protection and restoration of coastal disturbed lands in urban areas // Prirodoobustrojstvo. 2023. No. 1. P. 38-46.
5. Kurbanov S.O., Sozaev, A.A. New design and technological solutions for water intake structures of reclamation systems in foothill zones // Water and ecology: problems and solutions. No. 4(84). P. 24-31.
6. Kurbanov S.O. Environmentally effective technologies for regulating small rivers and constructing reclamation water intakes / Sozaev A.A., Chapaev T.M., Sasikov A.S. // Electronic science. magazine "International agricultural journal" and published in No. 6/2020: <https://iaceu/index.php/iaac/article/view/315>.
7. Kurbanov S.O., Sozaev A.A. Justification of the concept of creating bioengineering systems for the protection and restoration of lands in coastal and recreational zones // Ecology and Industry of Russia. 2020. V. 24. No. 8. P. 34-39.
8. Guryev A.P. The use of composite geomats to combat water erosion / Guryev A.P., Khanov N.V., Eremeev A.V., Kozlov K.D., Monograph.M.: RGAU-MSHA, 2020. 253 p.
9. Kurbanov S., Sozaev A., Shogenov A., Karshiev A. Bioengineering systems for the protection and improvement of urbanized areas of coastal and recreational areas / In the collection: innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems (ITEEA 2021). E3S Web of Conferences 1st International Scientific and Practical Conference. 2021. P. 30-35.
10. Kurbanov S.O., Sozaev A.A., Balkizov A.V. Effective technical solutions for channel regulation of small rivers and construction of reclamation water intakes / Science Education Practice proceedings of the International University Science Forum (Canada, Toronto), September 30, 2020. – Infinity Publishing. P. 117-130.
11. Patent No. 2801714 Russian Federation MPK E02B 3/06 Retaining wall of reinforced soil structure to protect coastal zones from collapse and erosion. Khanov N.V., Kurbanov S.O., Chernykh O.N.; applicant and patent holder FSBEI HPE Russian State Agrarian University named after K.A. Timiryazev. No. 2022128586; application 03.11.2022; publ. 08/15/2023, Bulletin. No. 23. 6 p.: ill.
12. Patent 2747488 Russian Federation IPC E02B9/14. Under-river water intake of a combined design. Kurbanov S.O., Alkmzov A.B.; applicant and patent holder FSBEI HPE Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokova. No. 2020131884; application 09.25.2020; publ. 05/05/2021, Bulletin. No. 13. 6 p.: ill.
13. Patent 2760475 Russian Federation IPC A01G 25/00. Environmental reclamation system of surface irrigation along furrows. Kurbanov S.O., Sozaev A.A., Dudarova F.T.; applicant and patent holder FSBEI HPE Kabardino-Balkarian State Agrarian University named

13. Природоохранная мелиоративная система поверхностного полива по бороздам: Патент 2760475. Российская Федерация, МПК А01G 25/00 / Курбанов С.О., Созаев А.А., Дударова Ф.Т. Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова». № 2021116066. Заяв. 02.06.21; Опубл. 25.11.2021. Бюл. № 33.

14. Способ возведения природоохранной мелиоративной системы поверхностного полива по бороздам: Патент 2760474. Российская Федерация, МПК А01G 25/06 / Курбанов С.О., Дударова Ф.Т. Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова». № 2021116062. Заяв. 02.06.21; Опубл. 01.12.2021. Бюл. № 34.

15. Способ возведения противозерозионной мелиоративной системы поверхностного полива по бороздам: Патент 2800368. Российская Федерация, МПК А01G 25/00 / Курбанов С.О., Абдулхаликов Р.З., Дударова Ф.Т. Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова». № 2022131539. Заяв. 01.12.22; Опубл. 20.07.2023. Бюл. № 20.

16. Противозерозионная мелиоративная система поверхностного полива по бороздам: Заявка № 2022131452 / Курбанов С.О., Дударова Ф.Т. Заявитель «ФГБОУ ВПО Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова». Заяв. 01.12.2022. Положительное решение на выдачу патента на изобретение от 03.07.2023 г.

Об авторах

Ханов Нартмир Владимирович, д-р техн. наук, профессор; зав. кафедрой гидротехнических сооружений; WoS ResearcherID: L-1087-2013; Scopus AuthorID: 6603959022; ORCID: 0000-0002-5764-4734; SPIN-код: 4314-8184; AuthorID: 464889; khanov@rgau-msha.ru

Курбанов Салигаджи Омарович, канд. техн. наук, доцент; WoS ResearcherID: AAB-7875-2020; Scopus AuthorID: 70062553868; ORCID: 0000-0001-5230-7053; SPIN-код: 2067-1130; AuthorID: 361638; Kurbanov-salih@rambler.ru

Черных Ольга Николаевна, канд. техн. наук, доцент; WoS ResearcherID: S-2542-2018; Scopus AuthorID: 57213261727; ORCID: 0000-0003-2905-446X; SPIN-код: 7757-7969; AuthorID: 692667; chernih@rgau-msha.ru

Дударова Фатима Толовна, научный сотрудник; ORCID: 0000-0003-0191-5950; fdudarova@mail.ru

Критерии авторства / Criteria of authorship

Ханов Н.В., Курбанов С.О., Черных О.Н., Дударова Ф.Т. 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

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

Вклад авторов / Authors' contributions

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 06.03.2024

Поступила после рецензирования / Received after peer review 10.06.2024

Принята к публикации / Accepted for publication 10.06.2024

after. V.M. Kokova. No. 2021116066; application 02.06.21; publ. 11/25/2021, Bulletin. No. 33. 6 p.: ill.

14. Patent 2760474 Russian Federation IPC A01G 25/06. A method for constructing an environmental reclamation system for surface irrigation along furrows. Kurbanov S.O., Dudarova F.T.; applicant and patent holder FSBEI HPE Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after. V.M. Kokova. No. 2021116062; application 02.06.21; publ. 12/01/2021, Bulletin. No. 34. 6 p.: ill.

15. Patent 2800368 Russian Federation IPC A01G 25/00. A method for constructing an anti-erosion reclamation system for surface irrigation along furrows. Kurbanov S.O., **Abdulkhalikov R.Z.**, Dudarova F.T.; applicant and patent holder FSBEI HPE Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after. V.M. Kokova. No. 2022131539; application 01.12.22; publ. 07/20/2023, Bulletin. No. 20. 6 p.: ill.

16. **Application No.** 2022131452. Anti-erosion reclamation system for surface irrigation along furrows. Kurbanov S.O., **Dudarova F.T.** Applicant FSBEI HPE Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after. V.M. Kokova. Application 12/01/2022. Positive decision to issue a patent for an invention dated 07/03/2023.

About the authors

Nartmir V. Khanov, DSc (Eng), professor, Head of the Department of Hydraulic Engineering Structures; WoS ResearcherID: L-1087-2013; Scopus AuthorID: 6603959022; ORCID: 0000-0002-5764-4734; SPIN-код: 4314-8184; AuthorID: 464889; khanov@rgau-msha.ru

Saligadzi O. Kurbanov, CSc (Eng), associate professor, WoS ResearcherID: AAB-7875-2020; Scopus AuthorID: 70062553868; ORCID: 0000-0001-5230-7053; SPIN-код: 2067-1130; AuthorID: 361638; Kurbanov-salih@rambler.ru

Olga N. Chernikh, DSc (Eng), professor WoS ResearcherID: S-2542-2018; Scopus AuthorID: 57213261727; ORCID: 0000-0003-2905-446X; SPIN-код: 7757-7969; AuthorID: 692667; chernih@rgau-msha.ru

Fatima T. Dudarova, researcher, ORCID: 0000-0003-0191-5950; fdudarova@mail.ru

Khanov N.V., Kurbanov S.O., Chernikh O.N., Dudarova F.T. 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.