

**ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
РЕГУЛИРОВАНИЯ МАЛЫХ РЕК И СТРОИТЕЛЬСТВА
МЕЛИОРАТИВНЫХ ВОДОЗАБОРОВ**
ENVIRONMENTALLY EFFECTIVE TECHNOLOGIES FOR REGULATING
SMALL RIVERS AND BUILDING RECLAMATION WATER INTAKE
STRUCTURES



УДК 626.82

DOI:10.24411/2588-0209-2020-10265

Курбанов Салигаджи Омарович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Землеустройство и экспертиза недвижимости» ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова» (360030, Кабардино-Балкарская Республика, г. Нальчик, пр. Ленина, 1В), ORCID: 05bereg@rambler.ru.

Созаев Ахмед Абдулкеримович, кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Землеустройство и экспертиза недвижимости» ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова» (360030, Кабардино-Балкарская Республика, г. Нальчик, пр. Ленина, 1В), ORCID: sozaev07@mail.ru.

Сасиков Анатолий Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Природообустройство» ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова» (360030, Кабардино-Балкарская Республика, г. Нальчик, пр. Ленина, 1В), ORCID: rufus1972@mail.ru.

Чапаев Тахир Магометович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Землеустройство и экспертиза недвижимости» ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова» (360030, Кабардино-Балкарская Республика, г. Нальчик, пр. Ленина, 1В), ORCID: 722722@mail.ru.

Kurbanov Saligadzhi Omarovich, candidate of technical sciences, associate professor of the department "Land management and real estate expertise" of the Kabardino-Balkar state agrarian university named after V. M. Kokov (360030,

Kabardino-Balkar Republic, Nalchik, Lenin ave., 1V) ORCID: 05bereg@rambler.ru.

Sozaev Ahmed Abdulkерimovich, candidate of technical sciences, Head of the department "Land management and real estate expertise" of the Kabardino-Balkar state agrarian university named after V. M. Kokov (360030, Kabardino-Balkar Republic, Nalchik, Lenin ave., 1V) ORCID: sozaev07@mail.ru.

Sasikov Anatoly Sergeevich, candidate of technical sciences, associate professor of the department of "Nature management" of the Kabardino-Balkar state agrarian university named after V. M. Kokov (360030, Kabardino-Balkar Republic, Nalchik, Lenin ave., 1V) ORCID: rufus1972@mail.ru.

Chapaev Tahir Magometovich, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department "Land management and real estate expertise" of the Kabardino-Balkar state agrarian university named after V. M. Kokov (360030, Kabardino-Balkar Republic, Nalchik, Lenin ave., 1V) ORCID: 722722@mail.ru.

Аннотация: Проблемы эффективности и надежности работ защитно-регуляционных и водозаборных сооружений мелиоративных систем для регионов Юга России и Северного Кавказа являются актуальными. Многие водозаборные и защитные сооружения, построенные на малых реках, находятся в неудовлетворительном эксплуатационном состоянии, нуждаются в совершенствовании и полной реконструкции. На основе проведенных аналитических и полевых натурных исследований на головных сооружениях предгорных мелиоративных систем, выявлены причины низкой эффективности и надежности эксплуатируемых старых водозаборных сооружений и защитно-регуляционных сооружений. Предложены новые технические решения по строительству эффективных конструкций подземных горизонтальных и подрусловых водозаборов и защитных сооружений, авторской разработки. Определены технические параметры эффективности новых сооружений. Исследованы наносные режимы рек, отстойников и гидравлические режимы головных водозаборных сооружений. По результатам проведенных исследований подготовлены конструктивные и технологические решения, которые помогут эффективной борьбе с наносами, повышению коэффициента водозабора и регулированию водоподачи в оросительные каналы. Конструктивные особенности новых водозаборов и защитных сооружений благоприятно влияют на речной сток и качество оросительной воды.

Результаты проведенных исследований подтверждают высокую эффективность и технологичность предлагаемых защитно-регуляционных сооружений, горизонтальных и подрусловых водозаборов, защищенных

патентами на изобретения. Авторские разработки по этим водозаборным сооружениям для их внедрения, включены в государственную грантовую программу по разработке типовых конструкций гидротехнических сооружений мелиоративных систем. В дальнейшем будут разработаны технические условия и проекты типовых конструкций водозаборных и защитно-регуляционных сооружений для небольших мелиоративных систем прибрежных зон.

Annotation: The problems of the efficiency and reliability of the work of protective, regulatory and water intake structures of reclamation systems for the regions of the South of Russia and the North Caucasus are relevant. Many water intake and protective structures built on small rivers are in an unsatisfactory operational condition and need improvement and complete reconstruction. On the basis of the conducted analytical and field full-scale studies at the head structures of the foothill reclamation systems, the reasons for the low efficiency and reliability of the old water intake structures and protective and regulatory structures in operation were identified. New types of underground horizontal and underflow water intakes and protective structures, author's design, have been proposed for reclamation purposes. The technical parameters of the efficiency of new structures have been determined. The alluvial regimes of rivers, sedimentation tanks and hydraulic regimes of the head water intake structures have been investigated. Based on the results of the research, constructive and technological solutions have been prepared that help to effectively control sediment, increase the water intake coefficient and regulate water supply to irrigation canals. The design features of new water intakes and protective structures have a beneficial effect on river flow and the quality of irrigation water. The results of the studies carried out confirm the high efficiency and manufacturability of the proposed protective and regulatory structures, horizontal and underflow intakes, protected by patents for inventions. In the current year, the author's developments on these water intake structures for their implementation are included in the state grant program for the development of standard structures of hydraulic structures for reclamation systems. In the future, technical conditions and projects of standard structures for water intake and protective and regulatory structures for small reclamation systems of coastal zones will be developed.

Ключевые слова: водозаборные сооружения, защитные сооружения, мелиоративные системы, подрусловой водозабор, водоприемные устройства, горизонтальный водозабор, биопозитивные конструкции.

Keywords: water abstraction, protective structures, reclamation systems, underflow water intake, water intake devices, horizontal water intake, biopositive structures.

Основную структуру экосистемы Северо-Кавказского федерального округа образуют речные бассейны с прилегающими естественными территориями. Как правило, если реки чистые и их естественный режим не нарушен, то вся экосистема территории нормально функционирует и прилегающая территория чистая. Однако опыт последних десятилетий показывает, что большая часть земель бассейнов и прибрежных зон малых рек загрязнена и нуждается в экологической защите и мелиорации – в улучшении и восстановлении нарушенных участков [1, 2].

Основную гидрографическую сеть Северного Кавказа составляют бассейны относительно крупных рек: Терек, Кубань, Кума, Сулак и Самур с их многочисленными притоками, относящимися к малым рекам. Они характеризуются резко нарастающими паводками, высокими скоростными и наносными режимами, размывающими и транспортирующими способностями. Эти реки протекают по горным, предгорным и равнинным территориям регионов СК, и вдоль их прибрежных зон сосредоточена основная инфраструктура региона. Большая часть производственных и социальных объектов регионов расположена на водоохранных прибрежных территориях, более подробно о них написано в ранних публикациях авторов [4].

Расширяющаяся урбанизация территорий, связанная с ростом городов и возникновением городских агломераций, все больше захватывает прибрежные водоохранные зоны рек. Наиболее уязвимыми оказались прибрежные урбанизированные зоны малых рек, где активная хозяйственная деятельность человека превратила их в техногенные зоны с нарушенными гидрологическими режимами и экосистемами. К такому виду урбанизации подверглись большинства участков рек, протекающие через крупные населенные пункты (города, поселки и селения). Только на Северном Кавказе аналогичных населенных пунктов насчитывается более сотни. Таким образом, возникла необходимость в экологическом регулировании данных участков рек.

Русла рек регулируют не только для защиты прибрежных урбанизированных зон, но и для улучшений условий водозабора, защиты и мелиорации земель прибрежных водоохранных зон. Для этого должны быть использованы экологически эффективные технологии регулирования участков рек с водозаборными узлами, которые обеспечивали бы одновременно и инженерную защиту и восстановление нарушенных земель прибрежных водоохранных зон. При рассмотрении в качестве примера бассейна р. Терек с ее малыми притоками, где функционируют независимо друг от друга множество водохозяйственных объектов (водопотребителей), становится ясным, что для рационального использования водных и земельных ресурсов требуется единая управленческая водохозяйственная система [5].

Защитно-регуляционные сооружения являются самыми распространенными и протяженными сооружениями, с помощью которых регулируют участки рек и защищают прибрежные земли. Вместе с тем защитно-регуляционные сооружения, занимая и взаимодействуя с водными потоками и бассейнами, оказывают негативное влияние на их экосистемы [5, 6].

Авторами разработан эффективный метод регулирования русла и прибрежных зон с помощью коротких полузапруд-отбоек, устраиваемых в основании (по линии донных откосов) оптимального сечения, и – гибких откосных креплений комбинированных конструкций. На уровне изобретений разработан ряд биопозитивных конструкций полузапруд отбоек, береговых и откосных креплений, и технологий их строительства [10-

13]. Многие из них прошли экспериментальные исследования на предгорных участках рек, где показали себя эффективными и надежными. Они обеспечивают не только инженерную защиту территорий, но и восстановление природной среды в местах их строительства. Эти конструкции гибкие, благоприятно влияют на турбулентную структуру потока.

На зарегулированных участках рек с использованием экологически эффективных технологий требуются и экологически безопасные и надежные водозаборные сооружения для обеспечения водопотребности прибрежных мелиорируемых земель. Однако сложившаяся практика строительства и эксплуатации водозаборных сооружений показывает, что существующие водозаборы нуждаются в совершенствовании и адаптации к режиму рек. Многие водозаборные сооружения, построенные на малых реках еще при Советском Союзе, характеризуются низкой эффективностью работы, находятся в неудовлетворительном эксплуатационном состоянии, нуждаются в полной реконструкции. Находящиеся в нормальном эксплуатационном состоянии водозаборные сооружения также нуждаются в повышении эффективности и надежности работы. Особенно остро проявились эти проблемы в условиях оросительных систем предгорных зон, где наносные режимы малых рек оказывают существенное влияние на эффективность работы водоприемных устройств и сооружений [6].

В составе таких водозаборных сооружений предусмотрены дорогостоящие промывные устройства и отстойники, которые нарушают режим рек, требуют больших материальных и энергетических затрат. Сохранение бюджетного финансирования для мелиоративных систем не может продолжаться длительное время; уже сейчас внедряется система частичной компенсации хозяйствами (водопотребителями) затрат эксплуатационных организаций, а в дальнейшем они полностью перейдут к экономически оправданным отношениям. Тогда, для взаимовыгодных отношений потребуется снизить себестоимость подаваемой оросительной воды, а этого можно в значительной степени добиться повышением эффективности работы водозаборных сооружений. Вместе с тем повысить эффективность работы старых существующих конструкций водозаборных сооружений не представляется возможным, они изначально являются материалоемкими и энергоемкими. Проведенный анализ состояния существующих мелиоративных водозаборных сооружений малых рек на их предгорных участках показывает, что 70% сооружений находится в неудовлетворительном эксплуатационном состоянии, только около 30% сооружений находится в относительно удовлетворительном состоянии (после капремонта и реконструкции). Конструктивные и технологические особенности этих водозаборов не способствуют эффективной борьбе с наносами, повышению коэффициента водозабора и регулированию водоподачи в оросительные каналы [4, 6].

Таким образом, возникла необходимость, наряду с экологичными технологиями регулирования участков рек, и в совершенно новых типах и конструкциях водозаборных сооружений, которые обеспечивали бы забор и подачу необходимого количества и качества оросительной воды при минимальных материальных и энергетических затратах. Для этого по многим параметрам подходят подземные горизонтальные и подрусловые водозаборные сооружения комбинированной конструкции [6, 9].

Материалы и методы исследования

В известных и применяемых научно-технических решениях по проектированию и строительству защитно-регуляционных и водозаборных сооружений преобладают

техногенные подходы, не учитывающие особенности малых рек, их наносные и скоростные режимы, технологические условия работы водозаборов, энергозатраты регулирующих устройств водоприемников и промывников. Отсутствуют научно-обоснованные методы, технические и нормативные рекомендации по внедрению надежных и эффективных конструкций берегозащитных и водозаборных сооружений для прибрежных оросительных систем малых рек.

В связи с этим и на основе результатов исследований были авторами разработаны более эффективные технические и технологические решения по защитно-регуляционным сооружениям, а также по подземным горизонтальным и подрусловым водозаборами. Для этого вначале были изучены проблемы эксплуатационной надежности и эффективности существующих водозаборных гидроузлов малых рек предгорных и горных зон. Более подробные натурные и аналитические исследования были проведены на предгорных зарегулированных участках малых рек с водозаборными сооружениями оросительных систем КБР, расположенных на реках Чегем, Баксан и Черек:

- исследованы надежность и экологическая безопасность работы направляющих дамб с откосными креплениями из железобетонных конструкций;
- исследованы наносные режимы рек, эффективность работы промывников и отстойников головных водозаборных сооружений;
- исследованы гидравлические режимы работы водосбросных сооружений в период паводков;
- изучены и исследованы эффективность работы водозаборных сооружений в соответствии с графиком водопотребления оросительных систем;
- исследованы гидравлические и наносные режимы магистральных каналов Чегемской ООС;
- разработаны эффективные и биопозитивные конструкции защитно-регуляционных сооружений и откосных креплений для регулируемых участков малых рек;
- разработаны эффективные конструктивные и технологические решения по проектированию горизонтальных и подрусловых водозаборных сооружений комбинированных конструкций.

Под руководством Курбанова С.О. разрабатывается научное направление в области мелиорации и водного хозяйства «Развитие теории методов расчетного обоснования и проектирования каналов и зарегулированных русел полигонального профиля». Им разработаны методики регулирования небольших участков малых рек и модели расчетного обоснования полигональных каналов и русел в условиях предгорных зон [7].

В рамках данного направления исследований подготовлен, в том числе и ряд вариантов новых конструктивных и технологических решений (защищенных патентами) по проектированию и строительству горизонтальных и подрусловых фильтрующих водозаборных сооружений с максимальным использованием местных и безопасных искусственных материалов [14-18]. Имеются, разработанные экологические методы регулирования участков русел рек, где проектируются новые типы водозаборных сооружений.

Результаты и их обсуждение

Итоги проведенных исследований подтверждают, что большинство мелиоративных водозаборных (плотинных и бесплотинных) и защитно-регуляционных сооружений,

используемых на практике, являются экологически опасными, энергетически высоко затратными и материалоемкими. Поэтому они не позволяют мелиоративным системам полностью перейти в экономически оправданные отношения с хозяйствами – водопотребителями.

Ниже приводятся некоторые технические решения авторских разработок по защитно-регуляционным сооружениям, подземным горизонтальным и подрусловым водозаборам комбинированной конструкции, которые могут быть эффективно использованы для обеспечения водопотребности небольших оросительных систем прибрежных зон.

На рисунке 1 приведены схемы прибрежного крепления из фашин и габионных тюфяков биопозитивной конструкции, где показаны: *а* – поперечное сечение берегозащитного сооружения с прибрежным креплением; *б* – план участка крепления биопозитивной конструкции; *в* – арматурный решетчатый каркас; *г* – тяжелая фашина [10].

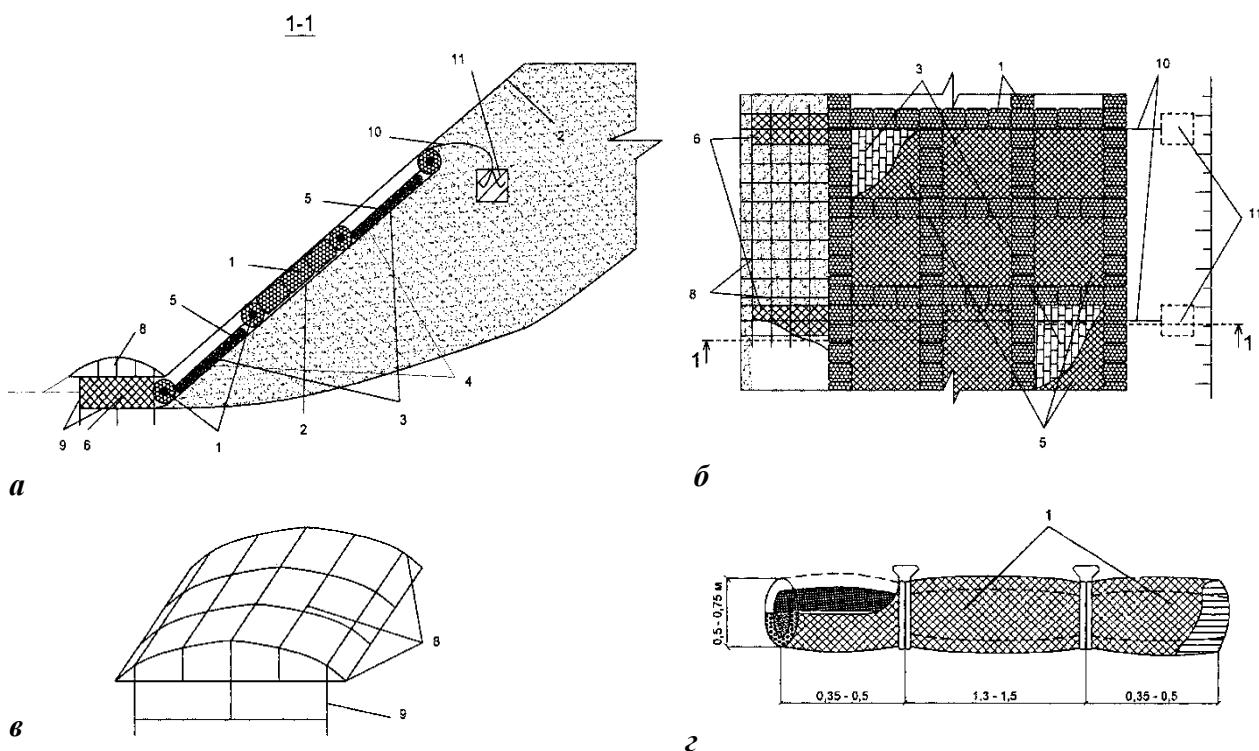


Рисунок - 1. Прибрежное крепление из фашин биопозитивной конструкции

Прибрежное крепление содержит береговой откос 2, состоящий из послойно уложенных рядов легких и тяжелых фашин. Тяжелые фашины 1 уложены продольными и поперечными рядами и связаны между собой. Они образуют квадратные или прямоугольные клетки разных размеров, со сторонами от 1 до 2,5 м. Внутри клеток на основание стелется и крепится к тяжелым фашинам 1 полимерная сетка 4, поверх которой в один слой укладываются плотными рядами легкие фашины 3 и укрываются сверху габионной сеткой 5. Дополнительно, в основании откоса 2 на определенном расстоянии друг от друга устраиваются габионные тюфяки 6 призматической формы и крепятся к тяжелым фашинам 1 откосного крепления. Поверх габионных тюфяков 6 устраивается

арматурный решетчатый каркас 8 сегментной формы и прикрепляется к прямоугольным кольцам 9, стягивающим габионные тюфяки 6. Арматурный каркас 8 с помощью тросов или проволоки 10 местами прикреплен к анкерам 11, которые устраивают в откосе 2 выше крепления и на расстоянии друг от друга.

Крепление предназначено для инженерной и природоохранной защиты прибрежных зарегулированных участков рек на их предгорных и равнинных участках, где средние скорости паводковых потоков не превышают 2,5-3,0 м/с. Наиболее эффективно оно может быть использовано на труднодоступных участках малых рек, где устраиваются водозаборные гидроузлы.

На рисунке 2 приведены схемы подпорных стен для защиты прибрежных зон от размыва и обрушения: *а* – сечение подпорной стенки, *б* – план участка подпорной стенки, *в* – тяжелая фашина, *г* – габионный тюфяк с дренажными устройствами и гибкой армирующей сеткой, *д* – легкая фашина [11].

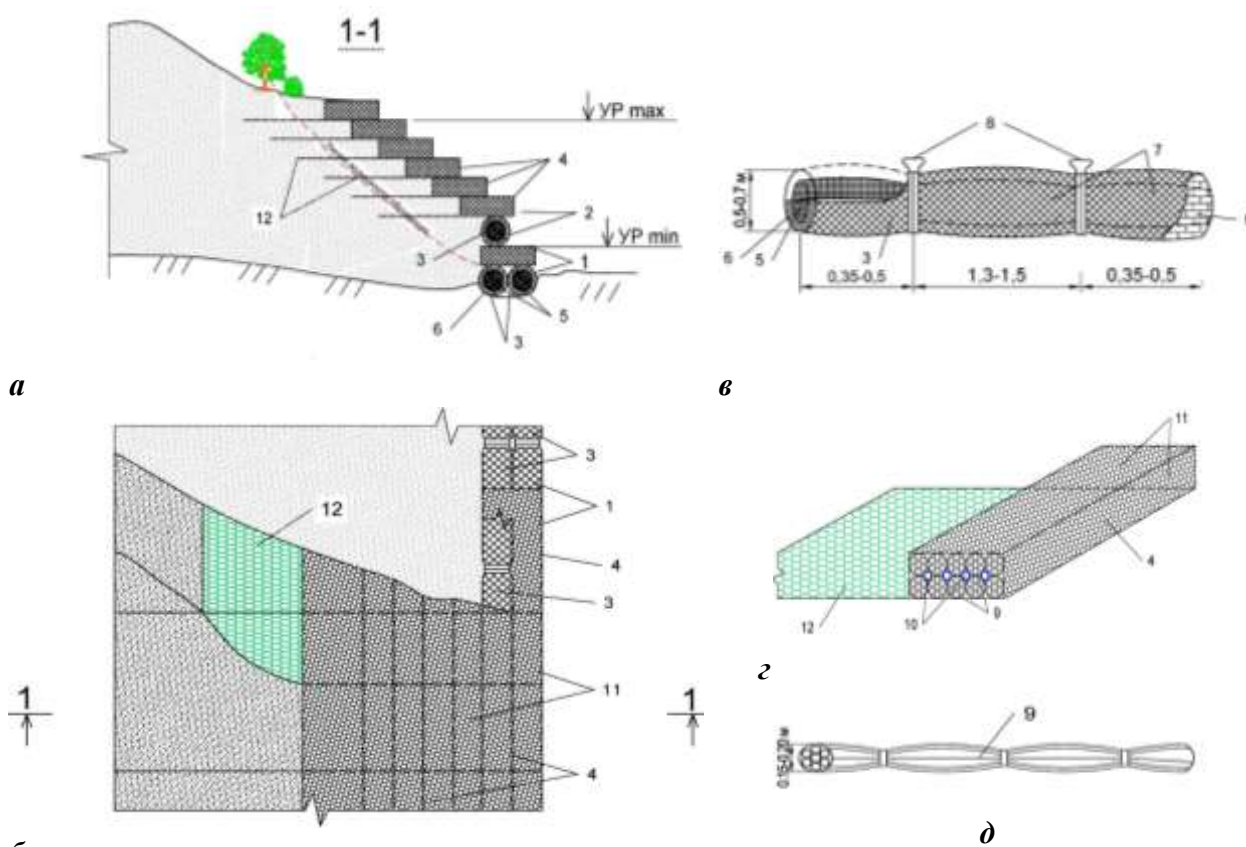


Рисунок - 2. Подпорные стенки для защиты прибрежных зон от обрушения и размыва

Подпорные стенки выполнены двух видов: первый – двухступенчатый из уложенных тяжелых фашин и габионных тюфяков, второй вид многоступенчатый из уложенных габионных тюфяков с дренажными устройствами и гибкими армирующими грунтовой массив сетками из стеклопластиковых материалов. Подпорная стенка первого вида выполнена двухступенчатой из тяжелых фашин 3 и габионных тюфяков 4. Тяжелая фашина 3 состоит из заполнителя в гибкой оболочке. Заполнитель выполнен из соединенных между собой мешков 5, заполненных плодородным растительным грунтом с добавлением семян многолетних трав и кустарников. Оболочка из сухого камыша 6 и

гибкой габионной сетки 7. В местах перевязки тяжелых фашин 3 предусмотрены монтажные петли 8. Габионный тюфяк 4 состоит из легких фашин 9, перфорированных труб 10 и габионной сетки 11.

Второй вид подпорной стенки состоит из ступенчато уложенных габионных тюфяков 4. Они прикреплены к металлическим или полимерным сеткам 12, армирующим послойно обрешаемый грунтовый массив откоса и врезанный в устойчивый грунт за пределы линии возможного обрушения земляного массива откоса.

Подпорные стенки, изготавливаются с использованием изделий из природных материалов и с частичным использованием искусственных материалов (габионной металлической сетки, полимерной и стеклопластиковой сетки, полимерных перфорированных труб), которые являются бионейтральными. Эти изделия обладают высокой гибкостью и водопроницаемостью. Сооружение работает как армогрунтовая конструкция с дренирующими элементами. Предусмотренная у подошвы сооружения двухступенчатая стенка предотвращает размыв и сдвиг откосного крепления с грунтовым массивом, обеспечивает полный перехват и безопасный отвод грунтового фильтрационного потока и поверхностного стока со склона. Габионные конструкции с армирующими сетками 12 и тяжелыми фашинами 8 удерживают откос от возможного обрушения. Использование камыша в легких фашинах и габионных тюфяках повышают не только водопроницаемость и гибкость конструкции, но и способствует сохранению влаги в теле сооружения в течение длительного времени. Это создает благоприятные условия для прорастания и роста растений на откосах сооружения.

Таким образом, подпорные стенки гибкой конструкции надежно работают и обеспечивают устойчивую защиту прибрежных зон. Эти сооружения помогают развитию природы и включаются в экосистему территорий, воспринимаются природой как родственные элементы, не вносящие помех в окружающую среду.

На рисунке 3 приведены схемы габионного тюфяка гибкой конструкции: *а* – поперечное сечение откосного крепления из габионных тюфяков; *б* – план участка габионного тюфяка [12].

Габионный тюфяк гибкой конструкции укладывается на песчаную подготовку 1, и содержит крупноячеистую сетку из металлической проволоки 2, геотекстиль 3, уложенный поверх крупноячеистой сетки, георешетку 4 с заполнением ячеек 5 местным грунтом, слой гравия или щебня 6 укрытый сверху геосеткой 7, привязанной проволокой к крупноячеистой сетке. При этом крупноячеистая сетка 2 из металлической проволоки выполнена с ячейками 1,0×1,0 м и прикреплена к бетонным анкерам 8, устроенным в откосе выше тюфяков.

Габионный тюфяк работает как защитное крепление и как дренаж. При размыве русла ниже низа крепления нижний ряд тюфяков будет сползать в воронку размыва (под действием силы тяжести). Наиболее эффективно может быть использован на трудно доступных участках рек и каналов для защиты прибрежных откосов на предгорных и равнинных их участках с уклонами $i = 0,0002 \dots 0,001$.

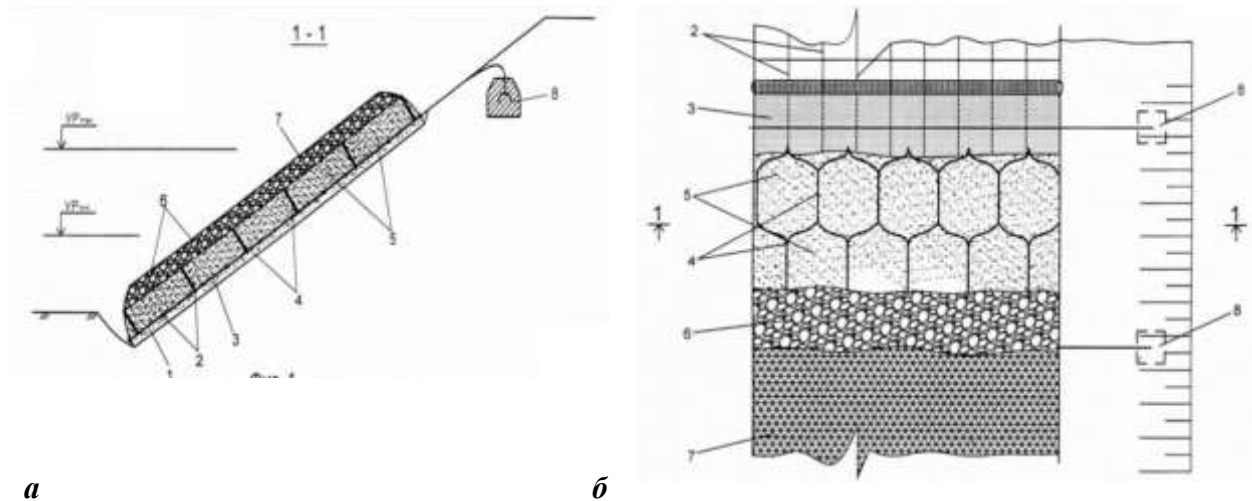


Рисунок 3 – Габрионный тюфяк гибкой конструкции

Имеется еще ряд аналогичных авторских разработок по защитным и регуляционным сооружениям, подтвержденных патентами на изобретения и подготовленных заявок. Конструкции сооружений биопозитивны, создают благоприятные условия для нереста рыб и прорастания растений на прибрежных откосах. По затратам и влиянию на природную среду эти сооружения являются экономически выгодными и экологически эффективными. Они со временем превращаются в биоинженерные сооружения, которые не вносят помех в природную среду и воспринимаются природой как родственные элементы.

На рисунке 4 показано горизонтальное водозаборное сооружение комбинированной конструкции [17]. Горизонтальное водозаборное сооружение состоит из водоприемного лотка 1 с металлической решеткой 2, устроенной поверху лотка, габрионных тюфяков 3 с дренажными устройствами, выполненных из геомата 4 и перфорированных труб 5, уложенных послойно и завернутых в габрионную сетку. Сверху габрионных тюфяков 3 уложен слой щебня 6. С двух сторон перпендикулярно к лотку 1 на расстоянии друг от друга устроены дополнительные водосборные линии 7 из трубчатых дренажей 8, состоящих из перфорированных труб 9 с ребрами жесткости 10 и обмотанных в два-три слоя вокруг труб между ребрами жесткости геомата 11 и сетчатой оболочки из габрионных сеток 12. В конце водоприемного лотка 1 устроен водосборный колодец 14, оборудованный водозаборным (всасывающим) трубопроводом 15.

Горизонтальное водозаборное сооружение комбинированной конструкции работает следующим образом. В безнапорном водоносном слое грунта вода самотеком поступает к габрионным тюфякам 3 и дренажным трубам 8. В габрионных тюфяках 3 вода проникает через водоприемные отверстия в дренажные перфорированные трубы 5 и далее попадает в водоприемный лоток 1 и в водосборный колодец 9. Через фильтры из геомата 11 в дренажные трубы 8 дополнительных линий 7 вода свободно поступает в трубы 9, которые далее транспортируют ее до лотка 1 и в колодец 14. Геомат, используемый в габрионных тюфяках 3 и дренажных трубах 8, является хорошим дренирующим материалом, который сохраняет свои свойства долгие годы до 25 лет и более.

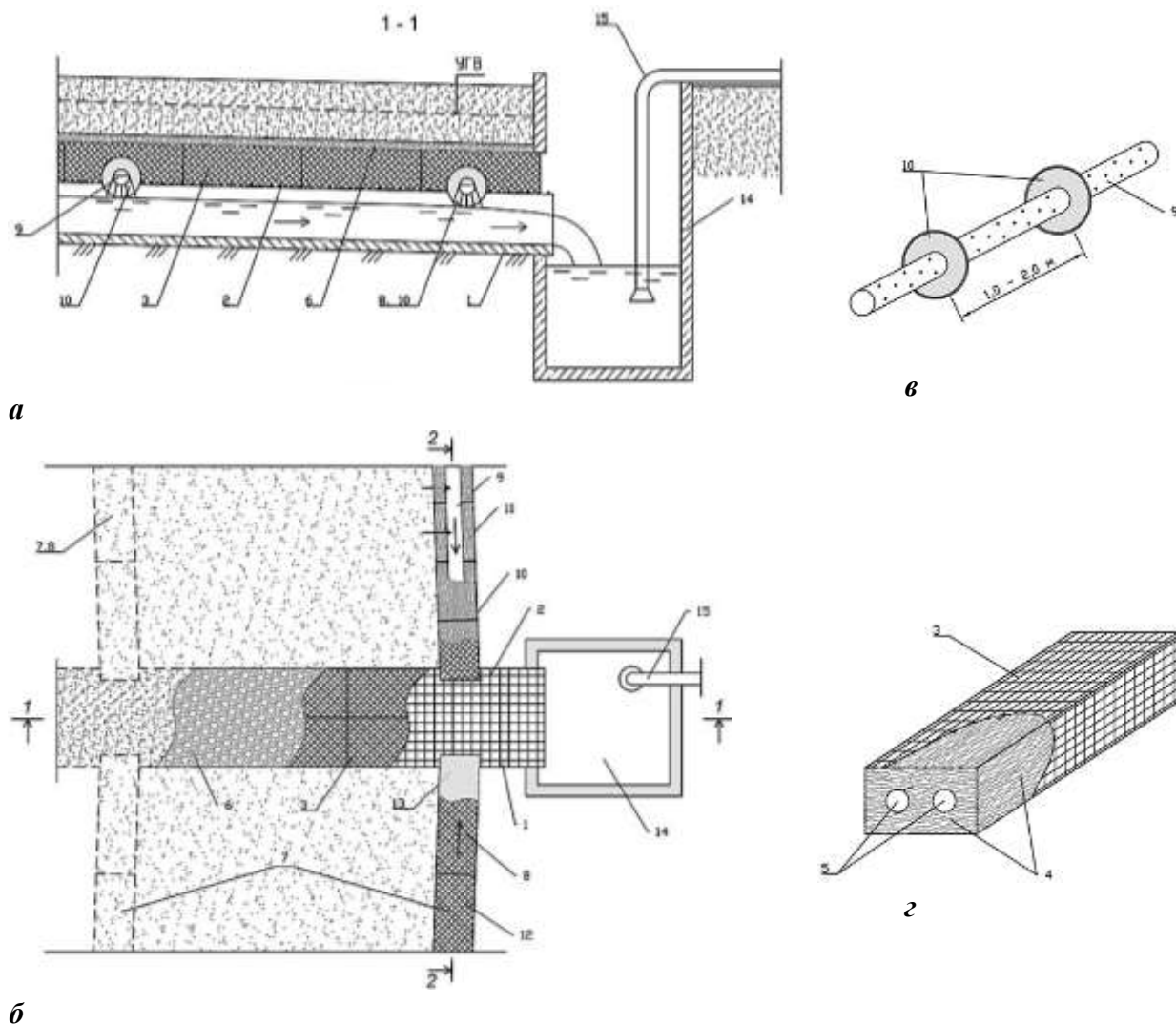


Рисунок 4 – Горизонтальное водозаборное сооружение комбинированной конструкции: *а* – продольное сечение по оси водоприемного лотка горизонтального водозаборного сооружения; *б* – план основной части сооружения; *в* – дренажная труба с кольцами (ребрами) жесткости; *г* – габийонный тюфяк из геомата и перфорированных труб.

Полимерные материалы, из которых изготовлены геоматы, являются экологически безопасными. Слой щебня 6, предусмотренный сверху габийонных тюфяков 3 предотвращает заиливание и засорение дренажей. Наиболее эффективно работает водоприемный лоток 1 с сегментным или параболическим сечением. Для обеспечения эффективной работы сооружения необходимо обеспечить непрерывный забор воды из водозаборного колодца через всасывающий трубопровод 10.

Горизонтальное водозаборное сооружение комбинированной конструкции, эффективно может быть использовано в мелиоративных целях для отбора воды из пойменных и прибрежных водоносных грунтовых массивов малых рек с глубиной залегания уровня грунтовых вод до 5 м и гидравлически связанных с открытыми водными потоками рек.

На рисунке 5 приведены схемы подруслового фильтрующего водозабора комбинированной конструкции [14,18].

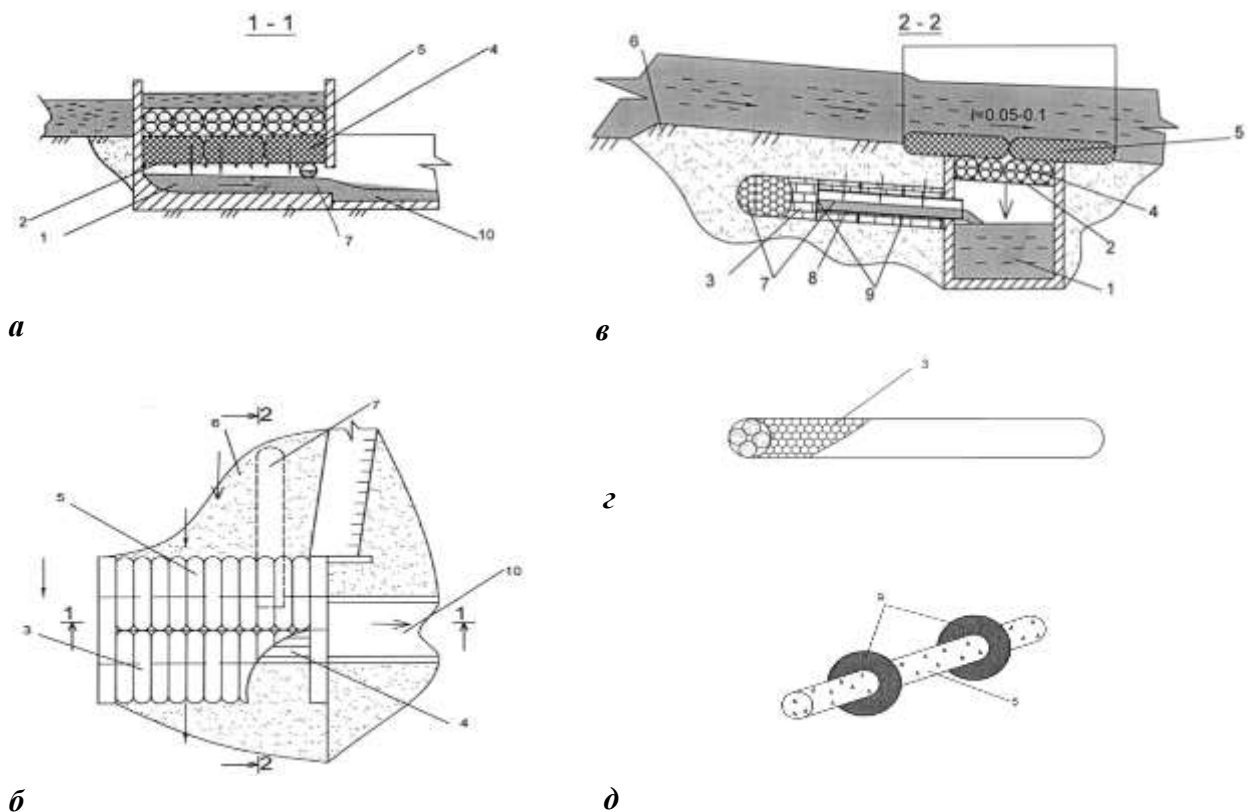


Рисунок 5 - Подрусловой фильтрующий водозабор комбинированной конструкции:
 а – сечение сооружения по продольной оси водосборной галереи; б – участок водозабора в плане; в – поперечное сечение сооружения по оси трубчатого водоприемника; г – гибкий тюфяк; д – фрагмент перфорированной трубы с ребрами жесткости

Водозабор выполнен из водосборной галереи 1 и водоприемника, состоящего из металлической решетки 2 и гибких тюфяков 3, уложенных поверху решетки в два ряда. При этом гибкие тюфяки 3 плотно уложены в первый ряд 4, по направлению ее продольной оси и по всей ширине галереи, а второй ряд 5 - по направлению поверхностного потока воды и поперек галереи.

В верхнем бьефе перед водоприемными тюфяками 3 предусмотрен направляющий порог 6. На глубине под порогом 6 по направлению русла устроен трубчатый водоприемник 7, концевая часть которого с уклоном входит в водосборную галерею 1 на уровне уреза воды. Трубчатый водоприемник состоит из перфорированных труб 8, гибких тюфяков 3 и жестких ребер 9. В конце водосборной галереи устроен отводящий канал 10.

Подрусловой водозабор наиболее эффективно может быть использован на предгорных и горных участках малых рек, характеризующихся высокими наносными и скоростными режимами. Материалоемкость и энергоемкость водозабора на 50% ниже по сравнению с другими типами водозаборов, при этом он обеспечивает забор необходимого количества и качества воды без нарушения режима рек. Конструкция фильтрующего водоприемника обеспечивает очистку воды от взвешенных наносов.

Имеется ряд аналогичных авторских разработок по водозаборным сооружениям и прибрежным креплениям, подтвержденных патентами на изобретения и находящиеся на рассмотрении заявки на изобретения. Конструкции водозаборов и технологии их строительства относятся к биопозитивным, способствуют сохранению естественного

режима рек с гидробиологическими условиями. Внедрение и использование этих водозаборов даст значительный экономический эффект. Они не требуют доочистки воды в отстойниках, энергетические затраты уменьшаются более чем в 2 раза, а себестоимость подаваемой оросительной воды снижается более чем на 30%.

Основными свойствами, подтверждающими эффективность и достоинства предлагаемых технологий возведения защитно-регуляционных и водозаборных сооружений, являются деформативность, достаточная прочность, водопроницаемость, долговечность, экологичность, экономичность и простота возведения.

В настоящее время авторами разрабатывается техническая документация по внедрению предлагаемых технологий строительства защитно-регуляционных и мелиоративных водозаборных сооружений в рамках выполнения государственной грантовой программы НИОКТР № АА-АА-А20-120032690080-З 26/03/2020 "Разработка ряда типовых конструкций гидротехнических сооружений для гидромелиоративных систем".

Выводы

1. Результаты проведенных исследований и научного анализа материалов опыта эксплуатации, надежности и эффективности работ защитно-регуляционных и водозаборных сооружений мелиоративных систем предгорных зон показывают, что:

- существующие и применяемые на практике сооружения мелиоративных систем предгорных зон характеризуются высокой энерго- и материалоемкостью и низкой эффективностью работы:

- возникла необходимость в более эффективных конструкциях защитно-регуляционных, подрусовых и бесплотинных водозаборных сооружениях, характеризующихся экологичностью и низкими эксплуатационными затратами, снижающими себестоимость оросительной воды более чем в 2 раза.

2. На основе проведенных исследований разработаны новые конструктивно-технологические решения по возведению защитно-регуляционных сооружений, горизонтальных и подрусовых водозаборов.

3. В дальнейшем по результатам реализации предлагаемых технологических и конструктивных решений защитно-регуляционных и водозаборных сооружений будут:

- исследованы и найдены технические параметры и технологические связи, обеспечивающие повышение эффективности работы мелиоративных водозаборных гидроузлов в условиях предгорных зон малых рек;

- разработаны методики расчетного обоснования водоприемных устройств горизонтальных и подрусовых водозаборов;

- разработаны типовые проекты, рекомендации и технические условия по проектированию и строительству берегозащитных, горизонтальных и подрусовых водозаборных сооружений для небольших оросительных систем.

В заключении по итогам исследований будут разработаны научно обоснованные технические условия по регулированию участков малых рек, проектированию и строительству экологически эффективных конструкций защитно-регуляционных и водозаборных сооружений для небольших оросительных систем предгорных зон. Внедрение полученных результатов исследований при их использовании, бесспорно, повысят эффективность и биопозитивность проводимых проектных и строительных мероприятий в водохозяйственном комплексе России.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственной грантовой программы НИОКТР № АА-АА-А20-120032690080-3 26/03/2020 "Разработка ряда типовых конструкций гидротехнических сооружений для гидромелиоративных систем".

Литература

1. Андерсон Дж. М. Экология и науки об окружающей среде: биосфера, экосистемы, человек: Пер. с англ. Л: Гидрометеиздат, 1985. 166 с.
2. Кожанов А. Л., Воеводин О. В. К вопросу разработки энергоэффективных оросительных систем нового поколения // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия, 2015. Вып. 3(59). С. 62-65.
3. Курбанов С.О., Созаев А.А. Теоретические основы и экологические проблемы регулирования русел рек, каналов и водохозяйственного строительства на Юге России // ЮГ РОССИИ: экология, развитие. 2008. №1. С. 99-104.
4. Курбанов С. О., Созаев А. А. Проблемы инженерной защиты и природоохранного обустройства прибрежных урбанизированных зон малых рек на Юге России // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. 2016. №118(04). URL: <http://ej.kubagro.ru/2016/04/pdf/55.pdf> (дата обращения: 20.12.2020).
5. 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.
6. Курбанов С. О., Созаев А. А., Чапаев Т. М. Экологические проблемы и технологии мелиорации земель прибрежных урбанизированных зон малых рек // От инерции к развитию: научно-инновационное обеспечение сельского хозяйства: материалы Международной научно-практической конференции, посв. 180-летию ФГБОУ ВО «Донской государственной аграрный университет». пос. Персиановский. 2020. С. 268-278.
7. Курбанов С. О., Ханов Н. В. Методика расчетного обоснования мелиоративных каналов полигонального профиля // Природообустройство. 2014. № 1. С. 50–53.
8. Петевотян Р. А., Карамян А. С. Улучшение работы плотинного водозаборного узла на горных реках в целях водоснабжения населенных пунктов // Вода и экология: проблемы и решения. 2018. № 3(75). С. 32–36.
9. Созаев А. А., Курбанов С. О., Волосухин В. А. Эффективные конструктивные и технологические решения по устройству и защите водозаборных сооружений руслового типа в особых условиях Севера в районе залива Обской Губы // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. 2016. №119(05). URL: <http://ej.kubagro.ru/2016/05/pdf/31.pdf> (дата обращения: 20.12.2020).
10. Способ возведения прибрежного крепления из фашин бипозитивной конструкции: пат. 2569828 Рос. Федерация. №2014123252/13 / Курбанов С. О., Созаев А. А., Дулаева Д. В.; заявл. 06.06.14; опубл. 27.11.2015, Бюл. № 33. 6 с.
11. Способ возведения подпорных стен для защиты прибрежных зон рек от обрушения и размыва: пат. 26453334 Рос. Федерация. №2017109856 / Курбанов С. О., Созаев А. А., Дударова Ф. Т., Озов М. А.; заявл. 23.05.16; опубл. 21.02.2018, Бюл. № 34.
12. Габионный тюфяк гибкой конструкции: пат. 2685192 Рос. Федерация. №2018123261/13 / Курбанов С. О., Жемгуразов С. М., Хасанов М. М.; заявл. 26.06.18; опубл. 16.04.2019, Бюл. № 11. 6 с.: ил.

13. Полузапруда комбинированной конструкции: пат. 2336388 Рос. Федерация. №2009104906/03 / Курбанов С. О., Курбанов К. С.; заявл. 12.02.09; опубл. 20.09.2008, Бюл. № 26. 5 с.: ил.

14. Подрусловой фильтрующий водозабор комбинированной конструкции: пат. 2518634 Рос. Федерация. №2012135660/13/ Джамалудинов М. М., Курбанов С. О.; заявл. 20.08.12; опубл. 10.06.2014, Бюл. № 16. 5 с.: ил.

15. Способ возведения подземного горизонтального водозабора комбинированной конструкции: пат. 2512031 Рос. Федерация. №2012118684/13 / Курбанов С. О., Созаев А. А., Сохов А. А.; заявл. 04.05.12; опубл. 10.04.2014, Бюл. № 10. 6 с.: ил.

16. Горизонтальный подземный водозабор комбинированной конструкции: пат. 2513183 Рос. Федерация. №2012135660/13 / Курбанов С. О., Джамалудинов М. М.; заявл. 20.08.12; опубл. 10.06.2014, Бюл. № 16. 5 с.: ил.

17. Способ возведения горизонтального водозаборного сооружения комбинированной конструкции: заявка на изобретение №2020131903/10(057955) от 25.09.2020 / Курбанов С. О., Созаев А. А. Положительное решение формальной экспертизы от 16.10.2020. 7с.: ил.

18. Способ возведения подруслового водозабора комбинированной конструкции: заявка на изобретение №2020131881/10(057929) от 25.09.2020. / Курбанов С. О., Созаев А. А., Кудаев Т. Ш. Положительное решение формальной экспертизы от 12.10.2020. 7с.: ил.

Literatura

1. Anderson Dzh. M. Ehkologiya i nauki ob okruzhayushchei srede: biosfera, ehkossistemy, chelovek: Per. s angl. L: Gidrometeoizdat, 1985. 166 s.

2. Kozhanov A. L., Voevodin O. V. K voprosu razrabotki ehnergoehffektivnykh orositel'nykh sistem novogo pokoleniya // Puti povysheniya ehffektivnosti oroshaemogo zemledeliya, 2015. Vyp. 3(59). S. 62-65.

3. Kurbanov S.O., Sozaev A.A. Teoreticheskie osnovy i ehkologicheskie problemy regulirovanie rusel rek, kanalov i vodokhozyaistvennogo stroitel'stva na Yuge Rossii // YUG ROSSII: ehkologiya, razvitie. 2008. №1. S. 99-104.

4. Kurbanov S. O., Sozaev A. A. Problemy inzhenernoi zashchity i prirodookhrannogo obustroystva pribrezhnykh urbanizirovannykh zon malykh rek na Yuge Rossii // Politematicheskii setevoi ehlektronnyi nauchnyi zhurnal KuBGU. 2016. №118(04). URL: <http://ej.kubagro.ru/2016/04/pdf/55.pdf> (data obrashcheniya: 20.12.2020).

5. Kurbanov S. O., Sozaev A. A. Obosnovanie kontseptsii sozdaniya bioinzhenernykh sistem zashchity i vosstanovleniya zemel' pribrezhnykh i rekreatsionnykh zon // Ehkologiya i promyshlennost' Rossii. 2020. t. 24. № 8. S. 34-39.

6. Kurbanov S. O., Sozaev A. A., Chapaev T. M. Ehkologicheskie problemy i tekhnologii melioratsii zemel' pribrezhnykh urbanizirovannykh zon malykh rek // Ot inertsii k razvitiyu: nauchno-innovatsionnoe obespechenie sel'skogo khozyaistva: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posv. 180-letiyu FGBOU VO «Donskoi gosudarstvennyi agrarnyi universitet». pos. Persianskii. 2020. S. 268-278.

7. Kurbanov S. O., Khanov N. V. Metodika raschetnogo obosnovaniya meliorativnykh kanalov poligonal'nogo profilya // Prirodoobustroystvo. 2014. № 1. S. 50–53.

8. Petevotyan R. A., Karamyan A. S. Uluchshenie raboty plotinnogo vodozabornogo uzla na gornyykh rekakh v tselyakh vodosnabzheniya naselennykh punktov // Voda i ehkologiya: problemy i resheniya. 2018. № 3(75). S. 32–36.

9. Sozaev A. A., Kurbanov S. O., Volosukhin V. A. Ehffektivnye konstruktivnye i tekhnologicheskie resheniya po ustroystvu i zashchite vodozabornykh sooruzhenii ruslovogo tipa v osobykh usloviyakh Severa v raione zaliva Obskoi Guby // Politematicheskii setevoy ehlektronnyi nauchnyi zhurnal KuBG AU. 2016. №119(05). URL: <http://ej.kubagro.ru/2016/05/pdf/31.pdf> (data obrashcheniya: 20.12.2020).

10. Sposob vozvedeniya pribrezhnogo krepleniya iz fashin bipozitivnoi konstruktsii: pat. 2569828 Ros. Federatsiya. №2014123252/13 / Kurbanov S. O., Sozaev A. A., Dulaeva D. V.; zayavl. 06.06.14; opubl. 27.11.2015, Byul. № 33. 6 s.

11. Sposob vozvedeniya podpornykh sten dlya zashchity pribrezhnykh zon rek ot obrusheniya i razmyva: pat. 26453334 Ros. Federatsiya. №2017109856 / Kurbanov S. O., Sozaev A. A., Dudarova F. T., Ozov M. A.; zayavl. 23.05.16; opubl. 21.02.2018, Byul. № 34.

12. Gabionnyi tyufyak gibkoi konstruktsii: pat. 2685192 Ros. Federatsiya. №2018123261/13 / Kurbanov S. O., Zhemgurazov S. M., Khasanov M. M.; zayavl. 26.06.18; opubl. 16.04.2019, Byul. № 11. 6 s.: il.

13. Poluzapruda kombinirovannoi konstruktsii: pat. 2336388 Ros. Federatsiya. №2009104906/03 / Kurbanov S. O., Kurbanov K. S.; zayavl. 12.02.09; opubl. 20.09.2008, Byul. № 26. 5 s.: il.

14. Podruslovoi fil'triruyushchii vodozabor kombinirovannoi konstruktsii: pat. 2518634 Ros. Federatsiya. №2012135660/13 / Dzhamaludinov M. M., Kurbanov S. O.; zayavl. 20.08.12; opubl. 10.06.2014, Byul. № 16. 5 s.: il.

15. Sposob vozvedeniya podzemnogo gorizontal'nogo vodozabora kombinirovannoi konstruktsii: pat. 2512031 Ros. Federatsiya. №2012118684/13 / Kurbanov S. O., Sozaev A. A., Sokhov A. A.; zayavl. 04.05.12; opubl. 10.04.2014, Byul. № 10. 6 s.: il.

16. Gorizontal'nyi podzemnyi vodozabor kombinirovannoi konstruktsii: pat. 2513183 Ros. Federatsiya. №2012135660/13 / Kurbanov S. O., Dzhamaludinov M. M.; zayavl. 20.08.12; opubl. 10.06.2014, Byul. № 16. 5 s.: il.

17. Sposob vozvedeniya gorizontal'nogo vodozabornogo sooruzheniya kombinirovannoi konstruktsii: zayavka na izobretenie №2020131903/10(057955) ot 25.09.2020 / Kurbanov S. O., Sozaev A. A. Polozhitel'noe reshenie formal'noi ehkspertizy ot 16.10.2020. 7s.: il.

18. Sposob vozvedeniya podruslovogo vodozabora kombinirovannoi konstruktsii: zayavka na izobretenie №2020131881/10(057929) ot 25.09.2020. / Kurbanov S. O., Sozaev A. A., Kudaev T. SH. Polozhitel'noe reshenie formal'noi ehkspertizy ot 12.10.2020. 7s.: il.