ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Научная статья

УДК 626.823.91

doi: 10.31774/2712-9357-2021-11-3-299-313

Технология ремонта бетонных облицовок каналов битумно-полимерной мастикой

Александр Юрьевич Гарбуз¹, Виктория Федоровна Талалаева²

^{1, 2}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

¹A.Y.Garbuz@mail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1503-7300>

²vika-silchenko@mail.ru

Аннотация. Цель: разработка технологии ремонта бетонных облицовок каналов битумно-полимерной мастикой с использованием одно- и двухкомпонентной латексной эмульсии для снижения потерь воды через дефекты в бетонном покрытии. **Материалы и методы:** технология ремонта поврежденного бетонного покрытия облицовок канала включает: подготовку основания под защитное покрытие; подготовку битумно-полимерной мастики для ее нанесения (вручную) или напыления (механизированно) по всей ремонтируемой площади; подготовку оборудования, механизмов и необходимого инвентаря; подготовку к использованию компонентов материала (реагента (компонента А) и отвердителя (компонента Б)) для механизированного нанесения; процесс нанесения битумно-полимерной мастики на ремонтируемую площадь. **Результаты:** по результатам научного исследования, при ремонте внутренних узлов сопряжения дна и откосов бетонных облицовок каналов необходимо устраивать галтели, имеющие в своем сечении треугольник со сторонами длиной 10–50 мм. Применение галтелей при сопряжении бетонных облицовок позволит избежать чрезмерного расхода ремонтного материала. Нанесение однокомпонентного материала осуществляется ручным способом при помощи шпателя для заделки небольших повреждений и уменьшения потерь через них, а нанесение двухкомпонентной мастики позволит производить ремонт наиболее крупных (площадных) повреждений механизированно. **Выводы:** рассмотрено применение одно- и двухкомпонентной битумно-полимерной мастики холодного отверждения для ремонта бетонных облицовок оросительных каналов при наличии различных повреждений на их поверхности (трещин, сколов, шелушения бетона, разрушенных швов и др.). Представлены технологические операции по ремонту и восстановлению бетонных облицовок каналов (разработана технологическая карта по ремонту бетонных поверхностей полимерным композиционным материалом механизированного нанесения), включающие пять этапов работ.

Ключевые слова: технология ремонта, бетонная облицовка, трещины, противотфильтрационные мероприятия, полимерные композиции, водопроницаемость

HYDRAULIC ENGINEERING

Original article

Repair technology of canal concrete lining with bitumen-polymer mastic

Aleksandr Yu. Garbuz¹, Victoria F. Talalaeva²

^{1, 2}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

¹A.Y.Garbuz@mail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1503-7300>

²vika-silchenko@mail.ru

Abstract. Purpose: development of technology for repairing canal linings concrete with bitumen-polymer mastic using one- and two-component latex emulsion to reduce water loss through defects in the concrete lining. **Materials and methods:** the technology of repairing the damaged canal lining concrete coating includes: preparation of the base for the protective coating; preparation of bitumen-polymer mastic for its application (manually) or spraying (mechanized) over the entire repaired area; preparation of equipment, mechanisms and necessary inventory; preparation for the use of material components (reagent (component A) and hardener (component B)) for mechanized application; the process of applying bitumen-polymer mastic to the repaired area. **Results:** according to the results of a scientific research, when repairing the internal junctions of the bottom and slopes of canal concrete linings, it is necessary to arrange fillets that have a triangle with sides 10–50 mm long in their cross-section. The use of fillets when joining concrete linings will avoid excessive consumption of repair material. The application of a one-component material is carried out manually using a spatula to repair minor damage and reduce losses through them, and the application of a two-component mastic will allow mechanized repair of the largest (areal) damage. **Conclusions:** the application of one- and two-component cold-curing bitumen-polymer mastic for repairing concrete lining of irrigation canals to various damages on their surface (cracks, shears, concrete scaling, destroyed seams, etc.) is considered. Technological operations for the repair and restoration of canal concrete linings (a technological map for the concrete surfaces repair with a mechanized polymer composite material has been developed), including five stages of work are presented.

Keywords: repair technology, concrete lining, cracks, impervious measures, polymer compositions, water permeability

Введение. Проблема долговечности бетонных и железобетонных элементов гидротехнических сооружений на оросительных системах в настоящее время является наиболее актуальной и важной. Принимая во внимание специфику эксплуатационных условий гидротехнических сооружений, к основным требованиям, которым должны удовлетворять бетонные поверхности, отнесем: водонепроницаемость, стойкость к механическим и химическим воздействиям, морозостойкость и т. д. [1]. При длительной эксплуатации водопроводящих сооружений многие конструктивные элементы полностью или частично выходят из строя из-за разрушения железобетонной конструкции, образования дефектов, нарушающих стабильную эксплуатацию (например, разрушение стыковых соединений или отдельных элементов конструкции, образование длинных продольных и поперечных трещин, выбоин, сколов, отслоения (коррозии) и шелушения бетона) [2, 3]. Продольные трещины, встречающиеся на поверхностях облицовок, появ-

ляются в нижней половине монолитной плиты в среднем на высоте $1/3$ откоса канала. В каналах, имеющих большую глубину, продольные трещины образуются и в зоне уреза воды. Необходимо своевременно проводить обследования и ремонт эксплуатируемого объекта для предотвращения дальнейшего появления различных дефектов [3].

При выборе защитных покрытий на оросительных каналах [4–9] большое значение имеет обоснование наиболее эффективных и экономически выгодных конструктивных решений с учетом специфики конкретного участка канала (грунтовых, гидрогеологических и климатических условий) [3]. Использование цементно-песчаных растворов для ремонта бетонных конструкций (в т. ч. в защитных конструкциях противofильтрационных покрытий каналов), как показывает практика, недостаточно эффективно. Недостатками цементно-песчаных растворов являются: низкая водонепроницаемость, неустойчивость к агрессивным воздействиям, длительный срок затвердевания, а также усложнение процесса ремонтно-восстановительных работ при отрицательных температурах и особенно при циклическом попеременном замораживании и оттаивании накопление в бетоне внутренних дефектов, которые ведут к снижению прочности и увеличению разрушений по всей конструкции [4].

Одним из основных мероприятий для длительной эксплуатации сооружения является эффективная защита от коррозии. Благодаря современным строительным и ремонтным материалам на основе полимеров, рулонным материалам, бентонитовым материалам, которые используются в сложных инженерных условиях [10], потери воды значительно уменьшаются за счет повышения надежности, гибкости и долговечности таких противofильтрационных покрытий, которые имеют значительный срок службы, достигающий в среднем 50–80 лет. При выборе противofильтрационных защитных покрытий на оросительных каналах имеет место выбор и обоснование наиболее эффективных и экономичных конструкций [11], такие

материалы применяются в сложных инженерных условиях, так как в них заложены универсальные технические характеристики [12].

Материалы и методы. Технология ремонта бетонных облицовок каналов битумно-полимерной мастикой с использованием латексной эмульсии включает следующие виды работ:

- подготовка основания под защитное покрытие, которая включает удаление наиболее слабых участков бетона основания (шелушение бетона), очистку основания от мусора и пыли, просушку основания;
- подготовка битумно-полимерной мастики для ее нанесения (вручную) или напыления (механизированно) по всей ремонтируемой площади;
- подготовка оборудования, механизмов и инвентаря;
- подготовка к использованию компонентов материала – реагента (компонента А) и отвердителя (компонента Б);
- выполнение технологического процесса нанесения битумно-полимерной мастики на ремонтируемую площадь бетонной облицовки канала.

Обрабатываемую поверхность основания очищают от разрушенных участков бетона (коррозии), ржавчины на арматуре, пыли и других загрязнений с помощью механизированного оборудования или же ручным способом, помимо этого поверхность обрабатывают сжатым воздухом с использованием компрессора, оснащенного масловлагоотделителем, для наиболее тщательной очистки ремонтируемого участка [12].

При необходимости выполнения ремонта бетонной поверхности облицовки (сколов, трещин, участков шелушения) до нанесения битумно-полимерной мастики необходимо выполнить прогрев ремонтируемого участка для лучшей адгезии ремонтного компаунда с поврежденным элементом.

Результаты и обсуждение. При ремонте внутренних узлов сопряжения дна и откосов бетонных облицовок каналов необходимо устраивать галтели, имеющие в сечении треугольник со сторонами длиной 10–50 мм. Применение галтелей при сопряжении бетонных облицовок позволит избежать чрезмерного расхода ремонтного материала [3].

Для предотвращения образования дефектов на поверхности, ремонтируемой компаундом, необходимо, чтобы основание было сухим и вентилируемым (при помощи перфорированного слоя). Работы с битумно-полимерной мастикой проводятся при температуре обрабатываемой бетонной поверхности и воздуха не ниже плюс 5 °С. На рисунке 1 приведен перечень работ по нанесению битумно-полимерной мастики.

Рисунок 1 – Перечень работ по нанесению битумно-полимерной мастики

Нанесение однокомпонентного материала осуществляется ручным способом при помощи шпателя, нанесение двухкомпонентной мастики производится механизированно (с использованием специализированного двухканального оборудования).

Двухкомпонентная битумно-полимерная мастика состоит из битумно-латексной эмульсии (компонент А) и отвердителя (компонент Б). Рабочая температура применяемого битумно-полимерного материала составля-

ет не более плюс 20 °С и не должна быть ниже плюс 5 °С. В районах с жаркими климатическими условиями нанесение мастики осуществляется, когда наблюдается снижение пиковых температур. Ее применение не допускается в периоды выпадения осадков из-за уменьшения адгезионных и прочностных характеристик [12].

При создании ремонтного (защитного) слоя толщиной 1 мм расход материала составляет 1,61 кг/м² (по компоненту А). Однако рекомендуемая толщина гидроизоляционного покрытия после полимеризации должна составлять не менее 2–3 мм.

Подготовка компонента А осуществляется путем тщательного его перемешивания вручную или же при помощи строительного инструмента (не допускается его вспенивание).

Для подготовки компонента Б необходимо растворить реагент (компонент Б), состоящий из порошка или гранул, в отдельной емкости с использованием чистой воды при соотношении порошка 5 % и воды 95 %.

В зависимости от температуры и влажности воздуха концентрация компонента Б может изменяться от 3 до 10 %. Раствор следует перемешать вручную или механизированно до получения однородной массы, после чего ему необходимо отстояться. При подготовке компонентов А и Б категорически запрещается использовать одну и ту же насадку, чтобы избежать полимеризации материала.

При нанесении материалов соотношение компонента А и раствора компонента Б (А:Б) принимается 8:1. В зависимости от скорости полимеризации, температуры и влажности воздуха их соотношение может изменяться от 8:1 до 10:1.

Количество воды и компонента Б для нормальных условий (при температуре воздуха 20 °С и его влажности не более 60 %) рассчитано по объемам тары компонента А (таблица 1).

Таблица 1 – Расчетное количество воды и компонента Б, приведенное к видам тары компонента А

Компонент А (эмульсия)		Компонент Б (вода + компонент Б)	
Наименование тары	Масса нетто, кг	Масса воды, кг	Масса компонента Б, кг
Барабан 65 л	60	7,125	0,37
Бочка 227 л	220	26,125	1,375
Бочка 1000 л	990	118,75	6,25

Напыление битумно-полимерной мастики производится с использованием специального двухканального оборудования, включающего систему насосов, оборудованных шлангами для подачи компонентов через двухканальный пистолет-распылитель, по одному из каналов которого подается компонент А, а по другому раствор компонента Б.

Пистолет-распылитель оборудован форсунками, предназначенными для создания веерообразного факела из обоих каналов. При этом форсунки подобраны так, чтобы соотношение компонентов А и Б было оптимальным (8:1). Они расположены относительно друг друга так, что факелы пересекаются на заданном расстоянии от среза форсунок. Указанное расстояние обеспечивает смешивание двух потоков компонентов до попадания на ремонтируемую поверхность. При этом углы раскрытия компонента А и раствора компонента Б одинаковы, а смешивание материалов происходит равномерно. Всасывающие шланги компонентов оборудуются съемными фильтрами для предотвращения попадания сгустков материала и частиц загрязнения в подающие тракты [12].

Наносимый поток компонентов направлен перпендикулярно обрабатываемой поверхности бетонной облицовки канала. Такая специфика нанесения потока исключает образование наплывов, волн и повреждений защитного битумно-полимерного покрытия при его полимеризации.

Битумно-полимерная мастика напыляется на поверхность бетонной облицовки полосами шириной 100–150 см, равномерным слоем и без пропусков по всей длине ремонтируемой поверхности. Для получения сплошного гидроизоляционного покрытия наносят полосы шириной до 20 см

на уже ранее нанесенные. Таким образом, нанесение материала осуществляется от наиболее низких к наиболее высоким участкам.

В случае необходимости дополнительного усиления подготовленных ремонтируемых поверхностей бетонной облицовки применяется армирование геотекстилем или другими материалами. Подготовленную поверхность для ремонта грунтуют компонентом А, после чего выполняют раскладку армирующего материала, который уплотняется при помощи валика. Наряду с этим армирующий материал обеспечивает плотное прилегание к основанию по всей ремонтируемой поверхности без образования пустот. Затем на армирующий материал наносится компонент А, и после его высыхания производится нанесение окончательного слоя битумно-полимерной мастики. Время полной полимеризации нанесенного битумно-полимерного покрытия зависит от толщины слоя, окружающих условий и типа обрабатываемой поверхности и составляет не более 24 ч. В случае нанесения ремонтных материалов при низких температурах время полимеризации увеличивается. Гидроизоляционное покрытие мембраны из битумно-полимерной мастики в зависимости от впитывающей способности основания набирает полную прочность в течение 14 дней.

Восстановление бетонных облицовок каналов проводится при наличии значительных повреждений, требующих замены отдельных конструктивных элементов при нарушении их местоположения, например, сдвиге плит на откосе; перекоса, разрушения группы плит; требуется восстановление деформационных швов при полном их разрушении [1].

В таблице 2 приведены примеры технологических операций по восстановлению отдельных повреждений облицовок.

При использовании механизированного оборудования предложен ряд моделей отечественного производства, например модели RX-27 и Б-21 (рисунок 2) [13].

Таблица 2 – Технологические операции по восстановлению отдельных повреждений бетонных облицовок каналов

Наименование технологической операции	Наименование механизма, материала	Тип	Марка	Количество	Технологическая характеристика
1 Сдвиг или перекос плит облицовки на откосе с нарушением первоначального положения и разрушением деформационных швов: - демонтаж нарушенных плит облицовки; - замена нарушенных плит целыми; - подготовка основания под плиты; - герметизация швов замененных плит; - нанесение битумно-полимерной мастики	Автомобильные краны	На базе КамАЗ	КС-55744	1	Грузоподъемность до 25 т, мощность 215 кВт
	Заливщик швов	На базе ГАЗ	МБ-16А	1	Производительность 148 м/ч, мощность 87,5 кВт, емкость ковша 0,8 м ³ , длина телелукава 12 м
	Двухканальное оборудование для нанесения материала	Бензиновый двигатель	Б-21	1	Производительность 600 м ² /см, мощность 6,7 кВт. Используются компоненты А и Б
2 Перекос плит облицовки на откосе или дне канала: - устранение перекоса плит; - подготовка основания; - заделка деформационных швов герметизирующим составом по контуру; - нанесение защитного покрытия из битумно-полимерной мастики на плиты и швы	Автомобильные краны	На базе КамАЗ	КС-55744	1	Грузоподъемность до 25 т, мощность 215 кВт
	Заливщик швов	На базе ГАЗ	МБ-16А	1	Производительность 148 м/ч, мощность 87,5 кВт, емкость ковша 0,8 м ³ , длина телелукава 12 м
	Двухканальное оборудование для нанесения материала	Бензиновый двигатель	Б-21	1	Производительность 600 м ² /см, мощность 6,7 кВт. Используются компоненты А и Б
3 Разрушение группы плит облицовки на канале: - демонтаж нарушенных плит; - замена нарушенных плит новыми; - подготовка основания; - заделка деформационных швов по контуру их установки герметиком; - нанесение защитного покрытия из битумно-полимерной мастики	Автомобильные краны	На базе КамАЗ	КС-55744	1	Грузоподъемность до 25 т, мощность 215 кВт
	Заливщик швов	На базе ГАЗ	МБ-16А	1	Производительность 148 м/ч, мощность 87,5 кВт, емкость ковша 0,8 м ³ , длина телелукава 12 м
	Двухканальное оборудование для нанесения материала	Бензиновый двигатель	Б-21	1	Производительность 600 м ² /см, мощность 6,7 кВт. Используются компоненты А и Б

а

б

а – модель установки RX-27; *б* – модель установки Б-21

Рисунок 2 – Механизированное оборудование для нанесения двухкомпонентных битумно-полимерных материалов [13]

Установки имеют как электрический, так и бензиновый привод, благодаря чему происходит регулировка производительной мощности, это требуется из-за различных условий их эксплуатации.

После нанесения ремонтных материалов на всю площадь реконструируемого объекта производится операционный контроль качества выполненных работ. При его проведении необходимо руководствоваться основными требованиями, которые приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Основные требования к контролю качества выполняемых работ

Требование	Контроль (метод, объем, вид)	Периодичность контроля	Критерий оценки
Ровная поверхность основания	Визуально, контрольная геодезическая рейка	Не менее пяти измерений на каждые 50–70 м ² облицовки	Отсутствие дефектов
Прочная поверхность основания	Визуально	По всей поверхности облицовки	Отсутствие дефектов и признаков разрушения поверхности
Чистая поверхность основания	Визуально	По всей поверхности облицовки	Отсутствие следов загрязнения и воды
Влажность поверхности основания	Визуально	Не менее пяти измерений на каждые 50–70 м ² облицовки	Влажность не более 80 %
Качество битумно-полимерной мастики	Лабораторный, визуальный контроль, паспорт качества	Каждая партия материала	Соответствие требованиям ТУ
Температура поверхности основания	Термометр	Каждая партия материала	Не менее плюс 5 °С
Температура битумно-полимерной мастики	Термометр	Каждая партия материала	Не менее плюс 5 °С
Сплошность покрытия	Визуально	По всей поверхности	Отсутствие необработанных участков
Толщина покрытия	Градуированный	Не менее пяти измерений на каждые 50–70 м ² облицовки	Не менее толщины покрытия по проекту
Качество покрытия	Визуально	Не менее пяти измерений на каждые 50–70 м ² облицовки	Без трещин и образования пузырей

По завершении работ по нанесению битумно-полимерной мастики на ремонтируемом участке производится визуальный осмотр. После его проведения необработанной поверхности оставаться не должно. Схема с поэтапным выполнением ремонтных работ представлена на рисунке 3.

Рисунок 3 – Схема производства работ по ремонту бетонных поверхностей полимерным композиционным материалом механизированного нанесения

Выводы

1 В статье рассмотрено применение одно- и двухкомпонентной битумно-полимерной мастики холодного отверждения для ремонта бетонных облицовок оросительных каналов при наличии различных повреждений на бетонной поверхности (трещин, сколов, шелушения бетона, разрушенных швов и др.).

2 Наряду с этим представлены технологические операции по ремонту и восстановлению бетонных облицовок мелиоративных каналов (разработана технологическая карта по ремонту бетонных поверхностей полимерным композиционным материалом механизированного нанесения), включающие пять этапов работ (подготовительные (очистка всей ремонтируемой площади и подготовка деформационных швов), праймирование локальных повреждений, механизированное нанесение ремонтного состава, визуальный контроль финишного покрытия).

Список источников

1. Бандурин М. А. Эксплуатационный мониторинг и остаточный ресурс водопроводящих сооружений мелиоративных систем. Изд. 2-е., перераб. и доп. Новочеркасск: Лик, 2021. 233 с.
2. Косиченко Ю. М., Угроватова Е. Г., Баев О. А. Обоснование расчетных зависимостей фильтрационных сопротивлений конструкций облицовок каналов // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. 2015. Т. 278. С. 35–46.
3. Козлов Д. В., Крутов Д. А. Комплексные технические решения при реконструкции плотин // Природообустройство. 2018. № 2. С. 22–28.
4. Косиченко Ю. М., Гарбуз А. Ю. Расчетная оценка водопроницаемости трещин бетонных облицовок каналов на основе гидравлических методов // Природообустройство. 2017. № 5. С. 34–42.
5. Баев О. А. Противофильтрационные покрытия с применением бентонитовых матов для накопителей жидких отходов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2013. № 3(11). С. 115–124. URL: <http://rosniipm-sm.ru/article?n=681> (дата обращения: 15.04.2021).
6. Проблемы применения геосинтетических материалов (геомембран) в конструкции противофильтрационных элементов гидротехнических сооружений / С. В. Сольский, М. Г. Лопатина, С. А. Быковская, В. А. Клушнецов // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. 2020. Т. 296. С. 22–43.
7. Еремеев А. В., Ханов Н. М. Подбор оптимальной пропорции битумно-полимерного вяжущего и щебня в теле геомата, применяемого для защиты откосов в гидротехническом строительстве // Доклады ТСХА: сб. ст. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2018. Вып. 290, ч. 1. С. 169–171.

8. Progress in the cause and repair technology of channel seepage / X. D. Wang [et al.] // Chinese Journal of Geotechnical Engineering. 2016. Vol. 38. P. 21–24. DOI: 10.11779/CJGE2016S1004.

9. Баев А. А. Применение планирования эксперимента для изучения водопроницаемости экрана из геомембраны // Природообустройство. 2014. № 3. С. 46–51.

10. A cohesive model to predict the loading bond capacity of concrete structures repaired/reinforced with HPFRC/UHPFRC and stressed to mixed mode / V. Savino, L. Lanzoni, A. M. Tarantino, M. Viviani // Cement and Concrete Composites. 2020. Vol. 112. № 103673. DOI: 10.1016/j.cemconcomp.2020.103673.

11. Ищенко А. В., Баев О. А. Анализ существующих методик испытаний физико-механических свойств бентонитовых матов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2013. № 2(10). С. 175–185. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=648> (дата обращения: 14.02.2021).

12. Гарбуз А. Ю. Обеспечение водонепроницаемости облицовок оросительных каналов за счет применения жидких полимеров // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. Вып. 56, ч. 1. С. 21–29.

13. Оборудование для нанесения жидкой резины [Электронный ресурс]. URL: <https://poliuretan.ru/zhidkaya-rezina/oborudovanie-dlya-zhidkoy-reziny/> (дата обращения: 15.04.2021).

References

1. Bandurin M.A., 2021. *Ekspluatatsionnyy monitoring i ostatochnyy resurs vodoprovodnykh sooruzheniy meliorativnykh sistem* [Operational monitoring and residual resource of water-conducting structures of reclamation systems]. 2nd ed., rev. and compl. Novocherkassk, Lik Publ., 233 p. (In Russian).

2. Kosichenko Yu.M., Ugrovatova E.G., Baev O.A., 2015. *Obosnovanie raschetnykh zavisimostey fil'tratsionnykh soprotivleniy konstruktivnykh oblitsovok kanalov* [Justification of the calculated dependences of the filtration resistances of canal lining structures]. *Izvestiya VNIIG im. B. Ye. Vedeneeva* [Bull. of VNIG named after B.E. Vedeneev], vol. 278, pp. 35–46. (In Russian).

3. Kozlov D.V., Krutov D.A., 2018. *Kompleksnye tekhnicheskie resheniya pri rekonstruktsii plotin* [Complex technical solutions for dam reconstruction]. *Prirodoobustroystvo* [Environmental Engineering], no. 2, pp. 22–28. (In Russian).

4. Kosichenko Yu.M., Garbuz A.Yu., 2017. *Raschetnaya otsenka vodopronitsaemosti treshchin betonnykh oblitsovok kanalov na osnove gidravlicheskiykh metodov* [Rated estimation of water permeability of cracks in concrete canal linings based on hydraulic methods]. *Prirodoobustroystvo* [Environmental Engineering], no. 5, pp. 34–42. (In Russian).

5. Baev O.A., 2013. [Anti-filtration lining using bentonite mats for liquid waste accumulators]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 3(11), pp. 115–124, available: <http://rosniipm-sm.ru/article?n=681> [accessed 15.04.2021]. (In Russian).

6. Sol'skiy S.V., Lopatina M.G., Bykovskaya S.A., Klushentsev V.A., 2020. *Problemy primeniya geosinteticheskikh materialov (geomembran) v konstruktsii protivofil'tratsionnykh elementov gidrotekhnicheskikh sooruzheniy* [Issues of geosynthetic materials (geomembranes) application in the design of hydraulic structures impervious elements]. *Izvestiya VNIIG im. B. Ye. Vedeneeva* [Bull. of VNIG named after B.E. Vedeneev], vol. 296, pp. 22–43. (In Russian).

7. Ereemeev A.V., Khanov N.M., 2018. *Podbor optimal'noy proporsii bitum-polimernogo vyazhushchego i shchebnya v tele geomata, primenyayemogo dlya zashchity otokosov v gidrotekhnicheskom stroitel'stve* [Selection of the optimal proportion of bitumen-polymer

binder and crushed stone in the body of a geomat used to protect slopes in hydraulic engineering construction]. *Doklady TSKHA: sb. st.* [Proc. of Timiryazev Agricultural Academy: Collection of Articles]. Moscow, RGAU-MSKhA Publ., vol. 290, pt. 1, pp. 169–171. (In Russian).

8. Wang X.D. [et al.], 2016. Progress in the cause and repair technology of channel seepage. *Chinese Journal of Geotechnical Engineering*, vol. 38, pp. 21–24, DOI: 10.11779/CJGE2016S1004.

9. Baev A.A., 2014. *Primenenie planirovaniya eksperimenta dlya izucheniya vodopronitsaemosti ekrana iz geomembrany* [Applying of planning the experiment for studying water permeability of geomembrane diaphragm]. *Prirodoobustroystvo* [Environmental Engineering], no. 3, pp. 46–51. (In Russian).

10. Savino V., Lanzoni L., Tarantino A.M., Viviani M., 2020. A cohesive model to predict the loading bond capacity of concrete structures repaired / reinforced with HPFRC / UHPFRC and stressed to mixed mode. *Cement and Concrete Composites*, vol. 112, no. 103673, DOI: 10.1016/j.cemconcomp.2020.103673.

11. Ishchenko A.V., Baev O.A., 2013. [Analysis of the existing test methods for the physical and mechanical properties of bentonite mats]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 2(10), pp. 175–185, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=648> [accessed 14.02.2021]. (In Russian).

12. Garbuz A.Yu., 2014. *Obespechenie vodonepronitsaemosti oblitsovok orositel'nykh kanalov za schet primeneniya zhidkikh polimerov* [Ensuring the waterproofing of the lining of irrigation canals through the use of liquid polymers]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture]. Novocherkassk, RosNIIPM, iss. 56, pt. 1, pp. 21–29. (In Russian).

13. *Oborudovanie dlya naneseniya zhidkoy reziny* [Equipment for Applying Liquid Rubber], available: <https://poliuretan.ru/zhidkaya-rezina/oborudovanie-dlya-zhidkoy-reziny/> [accessed 15.04.2021]. (In Russian).

Информация об авторах

А. Ю. Гарбуз – младший научный сотрудник;

В. Ф. Талалаева – младший научный сотрудник.

Information about the authors

A. Yu. Garbuz – Junior Researcher;

V. F. Talalaeva – Junior Researcher.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 23.04.2021; одобрена после рецензирования 24.06.2021; принята к публикации 25.06.2021.

The article was submitted 23.04.2021; approved after reviewing 24.06.2021; accepted for publication 25.06.2021.