

## ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Научная статья

УДК 626.823.91

doi: 10.31774/2712-9357-2021-11-3-270-283

### Технология укладки бентонитовых матов на канале в сложных условиях производства работ

Юрий Михайлович Косиченко<sup>1</sup>, Олег Андреевич Баев<sup>2</sup>,  
Александр Васильевич Ищенко<sup>3</sup>

<sup>1, 2</sup>Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,  
Российская Федерация

<sup>3</sup>Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону,  
Российская Федерация

<sup>1</sup>Kosichenko-11@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9648-6441>

<sup>2</sup>Oleg-Baev1@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0142-4270>

<sup>3</sup>Ischenkoav54@mail.ru

**Аннотация. Цель:** рассматривается технология укладки геокомпозитных бентонитовых матов с созданием противofiltrационной облицовки повышенной надежности на участке магистрального канала, выполненного в сложных условиях (при наличии карстовых и суффозионных явлений). **Материалы и методы.** Теоретическую основу исследований составляют показатели физико-механических и технических характеристик бентонитовых матов различных компаний-производителей. Практическая составляющая – технологические карты, схемы и технология производства работ в натуральных условиях на участке магистрального канала. **Результаты и обсуждение:** для уменьшения коэффициента фильтрации противofiltrационных покрытий вместо полимерных материалов целесообразно использовать двух- и трехслойные материалы, которые по результатам технико-экономического обоснования и были применены при реконструкции участка Донского магистрального канала. Работы по укладке натриевых бентонитовых матов осуществлялись в сложных условиях после остановки подачи воды, когда наблюдалось интенсивное оплывание откосов, а уровень воды в канале устанавливался ниже уровня грунтовых вод в приканальной зоне. При этом периодически в канале выполнялась очистка русла земснарядом для удаления оплывшего грунта по дну канала, а на откосах – разработка грунта экскаватором «драглайн» с последующим транспортированием и складированием грунта в картах гидроотвала. В дальнейшем работы проводились на картах с бьефами, отделенных дамбами, где участки карт осушались передвижной насосной станцией. **Выводы:** применение разработанной технологии очистки русла и укладки рулонных материалов на основе бентонита позволило успешно провести реконструкцию наиболее опасных участков канала. Внедрение конструктивно-технического решения в виде комбинированной конструкции экрана обеспечивает практически полную водонепроницаемость дна и откосов канала.

**Ключевые слова:** противofiltrационный экран, магистральный канал, фильтрация, бентонитовый мат, реконструкция

## HYDRAULIC ENGINEERING

Original article

### The technology of laying bentonite mats on the canal under difficult conditions of work performance

**Yuriy M. Kosichenko<sup>1</sup>, Oleg A. Baev<sup>2</sup>, Aleksandr V. Ishchenko<sup>3</sup>**

<sup>1,2</sup>Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

<sup>3</sup>Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

<sup>1</sup>Kosichenko-11@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9648-6441>

<sup>2</sup>Oleg-Baev1@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0142-4270>

<sup>3</sup>Ischenkoav54@mail.ru

**Abstract. Purpose:** the technology of laying geocomposite bentonite mats with the creation of an anti-filtration lining of increased reliability on the main canal section made under difficult conditions (in the presence of karst and suffusion phenomena) is considered. **Materials and methods.** The theoretical basis of the research is the indicators of physical, mechanical and technical characteristics of bentonite mats of various manufacturing companies. The practical component is flow charts, diagrams and technology for the work performance in natural conditions on the main canal section. **Results and discussion:** to reduce the filtration coefficient of anti-filtration coatings it is advisable to use two- and three-layer materials, which were used in the reconstruction of the Donskoy main canal section instead of polymeric materials, according to the results of the feasibility study. The work on laying sodium bentonite mats was carried out in difficult conditions after stopping the water supply, when there was an intense slope sloughing, and the water level in the canal was set below the groundwater level in the canal zone. At the same time, the canal was periodically cleaned with a dredger to remove the swollen soil along the canal bottom, and on the slopes – excavation with a dragline excavator, followed by transportation and soil storage in the slurry dump maps. Further, the work was carried out on maps with pools, separated by dams, where map sections were drained by a mobile pumping station. **Conclusions:** the use of the developed technology for canal cleaning and laying roll materials based on bentonite made it possible to reconstruct successfully the most dangerous canal sections. The introduction of a structural and technical solution in the form of a combined screen design ensures almost complete water imperviousness of the bottom and slopes of the canal.

**Keywords:** anti-filtration screen, main canal, filtration, bentonite mat, reconstruction

**Введение.** В настоящее время в России геокomпозитные материалы уже находят широкое применение в гидротехническом [1–6] и гидромелиоративном строительстве [7–12]. Такие материалы выпускаются различными производителями, которые в качестве основного противофильтрационного элемента используют бентонит и другие добавки [13]. Это приводит при первом контакте с водой к значительному коэффициенту фильтрации. Другим недостатком таких гидроизоляционных материалов является неравномерность распределения гранул бентонита между слоями геотекстиля. Применение гранул кальциевой бентонитовой глины значительно сказывается на ухудшении свойств бентонитовых матов, технологичности их применения и долговечности противофильтрационного экрана.

**Материалы и методы.** Теоретическую основу исследований составляют показатели физико-механических и технических характеристик бентонитовых матов различных компаний-производителей. Практическая составляющая – технологические карты, схемы и технология производства работ в натуральных условиях на участке магистрального канала.

**Результаты и обсуждение.** Работы по укладке натриевых бентонитовых матов на канале при реконструкции наиболее опасных участков проводились в сложных условиях после остановки подачи воды, когда наблюдалось интенсивное оплывание откосов, а уровень воды в канале устанавливался ниже уровня грунтовых вод (УГВ) в приканальной зоне. При этом периодически в канале выполнялась очистка русла земснарядом для удаления оплывшего грунта с откосов, затем в дальнейшем работы осуществлялись на картах с бьефами, отделенных дамбами, где участки карт осушались передвижной насосной станцией.

На отдельных участках Донского магистрального канала (ДМК) с высоким стоянием УГВ (выше дна канала) наблюдалось оплывание грунта на откосах, что потребовало проведения соответствующих работ по укреплению откосов.

На рисунке 1 приведены схемы производства работ земснарядом по дну магистрального канала и экскаваторами «драглайн» на откосах. В результате очистки грунт со дна и откосов магистрального канала перемещался в карты гидроотвалов под защитой дамб высотой 3–4 м, шириной по гребню 3 м с заложением откосов 1:1,5.

Инженерно-геологические условия основания ДМК включают: растительный слой толщиной 0,2–0,4 м, суглинок тяжелый мощностью до 1,0 м, суглинок средний мощностью до 6,0 м, глину среднюю мощностью 3,3 м.

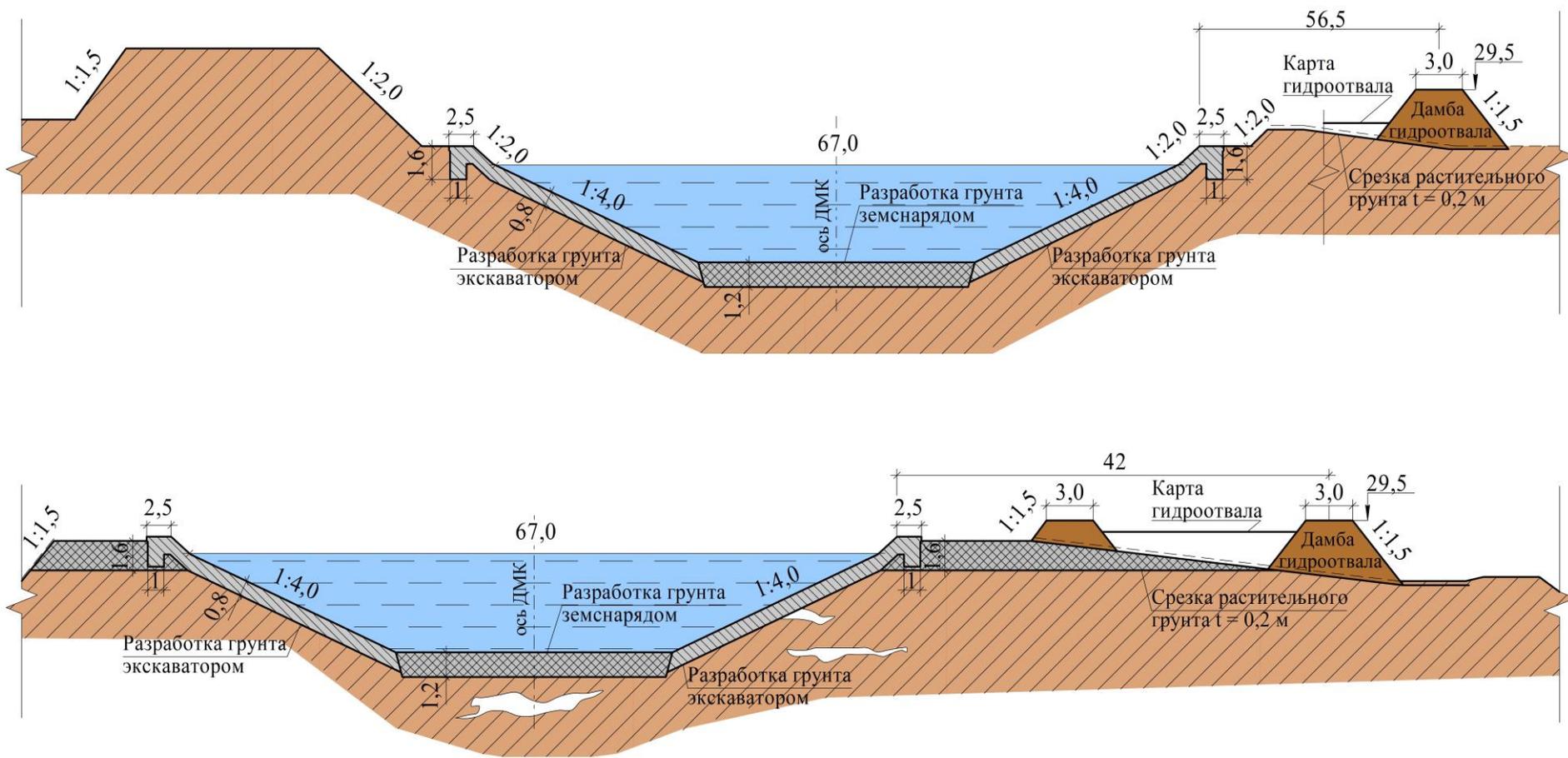


Рисунок 1 – Сечение участка канала при создании противофильтрационной облицовки

Сложные условия производства работ на участке реконструкции канала обуславливаются следующими факторами:

- работы по подготовке основания и укладке производились после остановки эксплуатации канала в осенне-зимний период;

- работы по укладке противофильтрационного материала осуществлялись после устройства дамб, разделяющих канал на участки осушения путем откачки воды с помощью передвижной насосной станции;

- разделение канала дамбами-перемычками проводилось по участкам (бьефам) протяженностью 22,8 м;

- для откачки воды монтировалась передвижная насосная станция и прокладывался напорный трубопровод;

- вода откачивалась из 1-го бьефа и сбрасывалась в 3-й бьеф;

- после отведения воды из 1-го бьефа выполнялись земляные работы на откосах и дне канала с последующей планировкой;

- экскаватор «драглайн» перемещался по металлическим щитам, уложенным по дну канала, и вел разработку мокрого грунта откосов с погрузкой в автосамосвал;

- автосамосвал работал по деревянным сланям и по перемычке-съезду вывозил грунт в карту гидроотвала;

- на откосы и дно котлована укладывалась песчаная подготовка, затем производилась укладка геокомпозитных бентонитовых матов;

- для предотвращения гидратации бентонита неукрытые места нахлестов на ночь защищались полиэтиленовой пленкой, а незащищенные края полотен пригружались мешками с песком.

Для производства работ в зимнее время предусматривалась разработка котлованов и траншей в грунтах, предварительно предохраненных от промерзания путем вспахивания и боронования или удержания снежного покрова в осенний период [14].

Для укладки бентоматов, а также при устройстве конструкций про-

тивофильтрационных экранов на строительной площадке использовались: погрузочная машина, экскаватор, бульдозер и другие устройства, оснащенные траверсой и бобиной. Поднимающие цепи, прикрепленные к траверсе, рассчитывались на вес, не менее чем в 2 раза превышающий вес рулона бентонитового гидроизоляционного мата. Траверса предотвращала трение поднимающих цепей о концы рулона для возможности его свободного вращения. Бобина (диаметром 0,8 м и длиной 5,5 м) не должна прогибаться более чем на 75 мм во время укладки [14].

Гидромеханизированные работы земснарядом по подготовке дна канала под основание для укладки бентонитовых матов проводились без остановки процесса эксплуатации канала. Для образования емкости гидроотвалов отсыпались ограждающие дамбы с превышением гребня дамбы над горизонтом воды в отвале на 0,5 м. Пространство между дамбами делилось на карты. В рабочий цикл включены три карты. При заполнении одной карты две последующие работали как отстойники для осаждения мелких фракций. Для создания фронта работ гидромеханизации строительство дамб должно опережать работу земснаряда не менее чем на три карты.

Дальнейшие работы по устройству основания и укладке бентоматов выполнялись в межполивной период при опорожненном канале. Разработка откосов магистрального канала выполнялась экскаватором «обратная лопата» в местах, где нет воды, и экскаватором «драглайн» со сланями с погрузкой в автосамосвалы и использованием водоотлива.

Противофильтрационные мероприятия выполнялись на двух участках ДМК (с ПК 108 + 62,81 по ПК 112 + 94, с ПК 113 + 40 по ПК 134 + 93,05), где производилась укладка экрана из бентонитового материала (производителей Naue и «Бентизол») с защитным слоем из суглинка и покрытием каменной наброской. Технология производства работ по созданию противофильтрационного экрана на участке канала, выполненного в сложных инженерных условиях, проиллюстрирована рисунком 2.



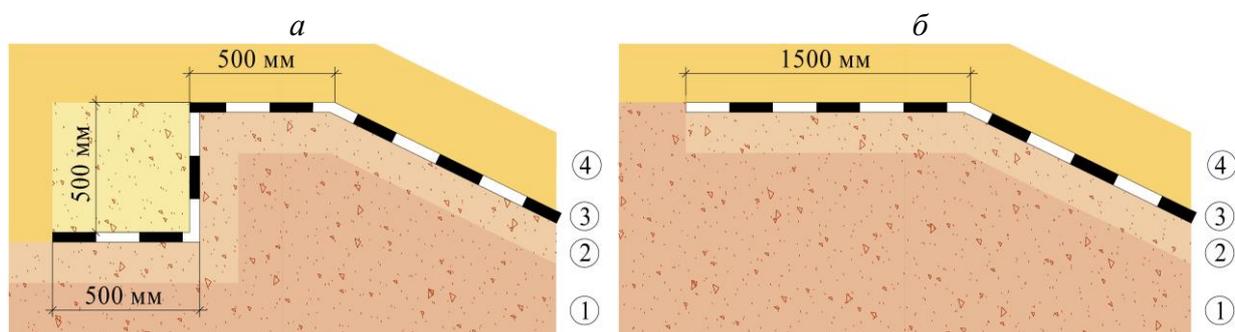
**Рисунок 2 – Технология устройства противофильтрационной облицовки на участке магистрального канала  
(автор фото В. А. Яковлев)**

Участок магистрального канала разделялся дамбами-перемычками на бьефы протяженностью 22,8 м. Для откачки воды на участке проведения противофильтрационных мероприятий на отсыпанную грунтовую площадку монтировалась с помощью автокрана передвижная насосная станция и прокладывался напорный стальной трубопровод протяженностью 60 м с дальнейшей его перестановкой.

Из 1-го бьефа откачивалась грунтовая вода и сбрасывалась в 3-й бьеф. После отведения воды из 1-го бьефа выполнялись земляные работы на откосах и дне с последующей планировкой. На дно канала укладывались металлические щиты, с которых экскаватор «драглайн» с емкостью ковша 0,65 м<sup>3</sup> выполнял разработку мокрого грунта с откосов в автосамосвал. Затем на откосы и дно канала укладывалась песчаная подготовка толщиной 0,2 м. Откосы перед укладкой песка обрабатывались гербицидами.

Чтобы предотвратить сползание рулона, а также попадание поверхностных вод между бентонитовыми матами и грунтовым основанием, бен-

тонитовые маты анкервались в траншее, расположенной в верхней части откоса, по всему периметру полигона согласно схеме (рисунок 3).



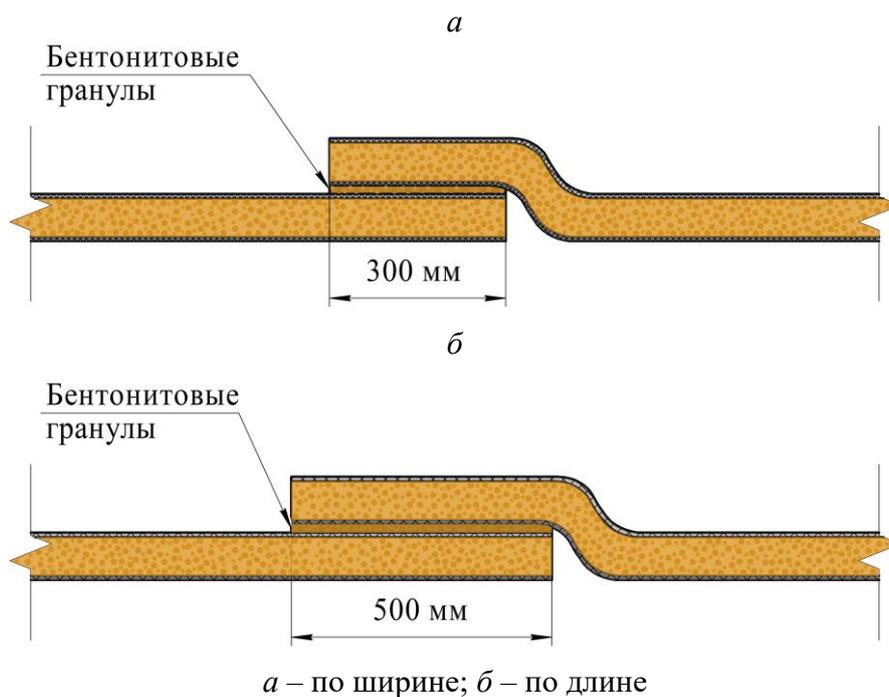
*a* – с помощью анкерной траншеи; *б* – без анкерной траншеи;  
1 – уплотненное основание; 2 – подстилающий слой (не менее 10 см);  
3 – бентонитовый мат; 4 – защитный слой (не менее 20–30 см)

**Рисунок 3 – Крепление противофильтрационного элемента из бентомата на откосе**

После укладки бентонитовых матов анкерная траншея должна быть засыпана без дополнительного уплотнения или заполнена мешками с песком. Расположение и последовательность размещения полотен материала определяется направлением потока воды на площадке. Для предотвращения предварительной гидратации геокомпозитных бентонитовых матов укладка начинается с наиболее высокого участка, чтобы в случае дождей осадки собирались в нижней части котлована. На горизонтальных участках для обеспечения стока воды нахлесты должны быть расположены по направлению стока воды.

Полотна бентонитовых матов перехлестываются в направлении потока воды. Продольные края полотен перехлестываются приблизительно на 300 мм, а поперечные края – на 500 мм. Допускаются Т-образные нахлесты. Крестообразные нахлесты запрещены. Нахлесты должны оставаться в таком состоянии и во время обратной засыпки (рисунок 4).

При устройстве на откосе поперечного горизонтального шва участок нахлеста нижнего полотна материала может быть пришпилен к грунту. Ширина нахлеста должна быть не менее 500 мм. В качестве альтернативы может быть организована скрытая анкерная траншея.



**Рисунок 4 – Варианты соединения отдельных полотнищ бентонитовых матов**

Для хорошей гидроизоляции нахлестов в тех местах, где на матах отсутствует бентонитовый порошок, и на поперечных швах предусматривается укладка клеящей ленты. Ширина ленты 0,15 м, длина 35 м в одной катушке.

Порванные или проколотые участки бентоматов должны быть отремонтированы. Поврежденный участок необходимо накрыть отдельным полотном заплаты. Размеры заплаты должны превышать размеры поврежденного участка на 500 мм во всех направлениях. Место наложения заплаты должно быть обильно просыпано бентонитовым порошком.

Поврежденные участки бентонитовых матов на откосах должны быть отремонтированы таким же образом. Кроме того, края заплаты должны быть надежно прикреплены к нижнему полотнищу для обеспечения неподвижности заплаты во время обратной засыпки грунтом.

Участки бентонитовых матов, которые находились в стоячей воде или подвергались воздействию осадков с последующей чрезмерной гидратацией бентонита, до начала обратной засыпки должны быть проверены

на предмет возможных повреждений и несоответствия техническим данным материала. В случае повреждения отдельных участков бентонитовых матов вследствие гидратации их необходимо накрыть противофильтрационным полотнищем либо заменить новыми.

При обратной засышке особое внимание должно быть уделено участкам нахлеста бентонитовых матов, чтобы не допустить их разъединения. Рекомендованное направление отсыпки грунта – в направлении нахлестов.

На откосах не рекомендуется перемещать грунт вниз по откосу, так как это создает дополнительное напряжение в уложенных матах. Грунт должен аккуратно перемещаться вверх по откосу, при этом необходимо постоянно контролировать, чтобы нахлесты не разъединились и грунт не попал в зону нахлеста.

Необходимо контролировать, чтобы грунт, насыпаемый непосредственно на бентонитовые маты, не повредил их. Рекомендуется использовать грунт с размером частиц до 2,5 мм. Следует использовать только утвержденные методы отсыпки и перемещения грунта, чтобы гарантировать целостность бентонитовых матов.

Поперек швов грунт должен перемещаться сверху вниз («по шву») для того, чтобы предотвратить попадание грунта в зону нахлеста между матами.

Гидратация уложенных геокмпозитных бентонитовых матов допускается только после их полной засыпки защитным слоем грунта.

После гидратации бентонитовых матов передвижение техники разрешается только в том случае, если они нагружены слоем грунта толщиной не менее 300 мм. При этом допускается только кратковременное движение. Если предполагается частое движение техники по гидратированным бентонитовым матам, необходимо увеличить толщину слоя грунта (минимум до 600 мм).

Бентонитовые маты после укладки на ДМК засыпались защитным слоем минерального грунта (суглинка) толщиной 0,3 м на откосах и 0,7 м

на дне канала. Грунт разравнивался бульдозером мощностью 79 кВт (108 л. с.). Защитный слой суглинка пригружался камнем с диаметром фракции 15–25 см (средняя толщина слоя 0,3 м).

По окончании укладки бентонитовых матов, обратной засыпки и работ по устройству защитного покрытия из каменной наброски насосной станцией откачивали воду из 2-го бьефа с подачей ее в 4-й бьеф. Первая перемычка между каналом и 1-м бьефом разбиралась и вывозилась в резерв на расстояние 10 км. После осушения 2-го бьефа работы по устройству противофильтрационной облицовки повторялись.

По окончании работ в канале перемычки разбирались. После просушки грунта в кавальерах выполнялось разравнивание минерального грунта бульдозером. Оставшийся грунт вывозился в резерв. Затем растительный грунт, хранящийся в отвале, бульдозером надвигался на гидроотвалы и разравнивался. После выполнялась планировка на ширину полосы отвода вдоль канала.

### **Выводы**

1 Применение разработанной технологии очистки русла магистрального канала и укладки противофильтрационного экрана из геокомпозитных бентонитовых матов с защитным покрытием из каменной наброски позволило успешно провести реконструкцию наиболее опасных участков, выполненных в сложных инженерных условиях.

2 Работы по укладке противофильтрационного экрана из геокомпозитных бентонитовых матов проводились после остановки канала, когда наблюдалось интенсивное оплывание откосов, а уровень воды в канале устанавливался ниже УГВ в приканальной зоне.

3 Очистка русла оросительного канала проводилась земснарядом для удаления оплывшего грунта по дну, а на откосах разработка грунта осуществлялась экскаватором «драглайн» с последующим транспортированием и складированием грунта в картах гидроотвала.

4 Внедренное на участке магистрального канала конструктивно-техническое решение в виде многослойного противодиффузионного экрана позволило практически полностью исключить потери воды на фильтрацию через приканальные дамбы, предотвратить подтопление приканальных территорий и лесополосы.

### Список источников

1. Сольский С. В., Орлова Н. Л. Перспективы и проблемы применения в строительстве грунтовых ГТС современных геосинтетических материалов // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. 2010. Т. 260. С. 61–68.
2. Сольский С. В., Быковская С. Я. Анализ основных причин нарушений противодиффузионных элементов из геомембран на гидротехнических сооружениях // Гидротехническое строительство. 2021. № 2. С. 33–40.
3. Solsky S. V., Novikaya O. I., Kubetov S. V. Evaluation of the effectiveness of drainage and antifiltration devices of concrete dams on a rocky base (on the example of the Bureyskaya HPP) // Magazine of Civil Engineering. 2014. № 4. P. 28–38.
4. Козлов К. Д., Гурьев А. П., Ханов Н. В. Гидравлические исследования покрытия из геокомпозитного материала // Природообустройство. 2014. № 5. С. 80–86.
5. Глаговский В. Б., Сольский С. В., Лопатина Н. В. Геосинтетические материалы в гидротехническом строительстве // Гидротехническое строительство. 2014. № 9. С. 23–27.
6. Саинов М. П., Зверев А. О. Противодиффузионные элементы грунтовых плотин из геосинтетических материалов // Инновации и инвестиции. 2018. № 1. С. 202–210.
7. 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.
8. Ищенко А. В. Обеспечение фильтрационной безопасности и эффективности противодиффузионных устройств гидротехнических сооружений: монография. Ростов н/Д.: Изд-во СКНЦ ВШ, 2007. 256 с.
9. Бандурин М. А., Бандурин В. А. Численное моделирование объемного противодиффузионного геотекстильного покрытия с изменяемой высотой ребра // Инженерный вестник Дона. 2013. Т. 27, № 4. С. 46.
10. Абдразаков Ф. К., Рукавишников А. А. Интенсификация мелиоративного производства путем совершенствования технологий реконструкции и строительства оросительных каналов // Мелиорация и водное хозяйство. 2019. № 1. С. 6–9.
11. Абдразаков Ф. К., Рукавишников А. А. Интенсификация мелиоративного производства путем совершенствования технологий реконструкции и строительства оросительных каналов Саратовской области // Аграрный научный журнал. 2018. № 10. С. 48–51.
12. Kosichenko Yu. M., Baev O. A. Efficiency and durability of the linings channels of geosynthetics // Magazine of Civil Engineering. 2020. 96(4). P. 42–59. DOI: 10.18720/MCE.96.4.
13. СТО 87299967.202-2020. По применению бентонитосодержащих материалов производства БентИзол. Стандарт организации. Введ. 2020-01-04. Курган, 2020. 22 с.
14. Материалы и технологии для радикального улучшения гидроизолирующих характеристик хранилищ РАО / О. А. Ильина, М. В. Ведерникова, Д. В. Бирюков, Д. С. Лундин, Д. В. Проскурин // Радиоактивные отходы. 2021. № 1(14). С. 51–62. DOI: 10.25283/2587-9707-2021-1-51-62.

## References

1. Solskiy S.V., Orlova N.L., 2010. *Perspektivy i problemy primeneniya v stroitel'stve gruntovykh GTS sovremennykh geosinteticheskikh materialov* [Prospects and problems of modern geosynthetic materials application in ground hydroengineering structures]. *Izvestiya VNIIG im. B. Ye. Vedeneeva* [Bull. of VNIIG named after B.E. Vedeneev], vol. 260, pp. 61-68. (In Russian).
2. Solskiy S.V., Bykovskaya S.Ya., 2021. *Analiz osnovnykh prichin narusheniy protivofil'tratsionnykh elementov iz geomembran na gidrotekhnicheskikh sooruzheniyakh* [Analysis of the main causes of structural failures in impervious geomembrane elements in hydraulic structures]. *Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo* [Hydraulic Engineering], no. 2, pp. 33-40. (In Russian).
3. Solskiy S.V., Novikaya O.I., Kubetov S.V., 2014. Evaluation of the effectiveness of drainage and antifiltration devices of concrete dams on a rocky base (on the example of the Bureyskaya HPP). *Magazine of Civil Engineering*, no. 4, pp. 28-38.
4. Kozlov K.D., Guryev A.P., Khanov N.V., 2014. *Gidravlicheskie issledovaniya pokrytiya iz geokompozitnogo materiala* [Hydraulic studies of the coating from geocomposite material]. *Prirodoobustroystvo* [Environmental Engineering], no. 5, pp. 80-86. (In Russian).
5. Glagovskiy V.B., Solskiy S.V., Lopatina N.V., 2014. *Geosinteticheskie materialy v gidrotekhnicheskoy stroitel'stve* [Geosynthetic materials in hydraulic engineering construction]. *Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo* [Hydraulic Engineering], no. 9, pp. 23-27. (In Russian).
6. Sainov M.P., Zverev A.O., 2018. *Protivofil'tratsionnye elementy gruntovykh plotin iz geosinteticheskikh materialov* [Anti-filtration elements of ground dams from geosynthetic materials]. *Innovatsii i investitsii* [Innovations and Investments], no. 1, pp. 202-210. (In Russian).
7. Kosichenko Yu.M., Ugrovatova E.G., Baev O.A., 2015. *Obosnovanie raschetnykh zavisimostey fil'tratsionnykh soprotivleniy konstruksiy oblitsovok kanalov* [Justification of the calculated dependences of seepage resistances of the canal lining structures]. *Izvestiya VNIIG im. B. Ye. Vedeneeva* [Bull. of VNIIG named after B.E. Vedeneev], vol. 278, pp. 35-46. (In Russian).
8. Ishchenko A.V., 2007. *Obespechenie fil'tratsionnoy bezopasnosti i effektivnosti protivofil'tratsionnykh ustroystv gidrotekhnicheskikh sooruzheniy: monografiya* [Ensuring Filtration Safety and Efficiency of Impervious Devices of Hydraulic Engineering Structures: monograph]. Rostov-on-Don, SKNTs VSh Publ., 256 p. (In Russian).
9. Bandurin M.A., Bandurin V.A., 2013. *Chislennoe modelirovanie ob"emnogo protivofil'tratsionnogo geotekstil'nogo pokrytiya s izmenyaemoy vysotoy rebra* [Numerical modeling of volumetric impervious geotextile cover with variable rib height]. *Inzhenerny vestnik Dona* [Don Engineering Bull.], vol. 27, no. 4, p. 46. (In Russian).
10. Abdrazakov F.K., Rukavishnikov A.A., 2019. *Intensifikatsiya meliorativnogo proizvodstva putem sovershenstvovaniya tekhnologiy rekonstruksii i stroitel'stva orositel'nykh kanalov* [Intensification of reclamation production by improving technologies for the reconstruction and construction of irrigation canals]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Irrigation and Water Management], no. 1, pp. 6-9. (In Russian).
11. Abdrazakov F.K., Rukavishnikov A.A., 2018. *Intensifikatsiya meliorativnogo proizvodstva putem sovershenstvovaniya tekhnologiy rekonstruksii i stroitel'stva orositel'nykh kanalov Saratovskoy oblasti* [Intensification of reclamation production by improving technologies for the reconstruction and construction of irrigation canals in Saratov region]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal* [Agrarian Scientific Journal], no. 10, pp. 48-51. (In Russian).
12. Kosichenko Yu.M., Baev O.A., 2020. Efficiency and durability of the linings channels of geosynthetics. *Magazine of Civil Engineering*, 96(4), pp. 42-59, DOI: 10.18720/MCE.96.4.
13. STO 87299967.202-2020. *Po primeneniyu bentonitosoderzhashchikh materialov*

*proizvodstva BentIzol. Standart organizatsii* [On the use of bentonite-containing materials produced by BentIzol. Organization standard]. Kurgan, 2020, 22 p. (In Russian).

14. Ilyina O.A., Vedernikova M.V., Biryukov D.V., Lundin D.S., Proskurin D.V., 2021. *Materialy i tekhnologii dlya radikal'nogo uluchsheniya gidroizoliruyushchikh kharakteristik khranilishch RAO* [Materials and technologies for radical improvement of radioactive waste storage facilities waterproofing capacities]. *Radioaktivnye otkhody* [Radioactive Waste], no. 1(14), pp. 51-62, DOI: 10.25283/2587-9707-2021-1-51-62. (In Russian).

---

#### ***Информация об авторах***

**Ю. М. Косиченко** – главный научный сотрудник, доктор технических наук, профессор;  
**О. А. Баев** – старший научный сотрудник, кандидат технических наук;  
**А. В. Ищенко** – профессор кафедры водоснабжения и водоотведения, доктор технических наук, профессор.

#### ***Information about the authors***

**Yu. M. Kosichenko** – Chief Researcher, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
**O. A. Baev** – Senior Researcher, Candidate of Technical Sciences;  
**A. V. Ishchenko** – Professor of the Department of Water Supply and Sanitation, Doctor of Technical Sciences, Professor.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 14.05.2021; одобрена после рецензирования 18.06.2021; принята к публикации 25.06.2021.*

*The article was submitted 14.05.2021; approved after reviewing 18.06.2021; accepted for publication 25.06.2021.*