

---

---

## РАЗДЕЛ I

### НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПОДХОДЫ К МОДЕРНИЗАЦИИ И ПОВЫШЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

---

---

УДК 626.823.916:553.611.6

**О. А. Баев**

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,  
Российская Федерация

#### **ЗАРУБЕЖНЫЙ И ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ БЕНТОНИТОВЫХ МАТОВ В ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ЭКРАНАХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ И НАКОПИТЕЛЕЙ**

В статье рассмотрен зарубежный и отечественный опыт применения бентонитовых матов в противофильтрационных экранах на оросительных каналах и накопителях отходов. Приведены порядок и технология укладки экранов, а также примеры объектов, построенных в последнее время в России и странах Европы. Выделены наиболее известные компании – производители материала в России и за рубежом.

Ключевые слова: бентонитовые маты, противофильтрационные экраны, оросительные каналы, накопители отходов, компании-производители геосинтетических материалов.

Для противофильтрационной защиты оросительных каналов, накопителей отходов, водоемов кроме геомембран нашли применение бентонитовые маты (бентоматы), обладающие большими достоинствами по сравнению с другими противофильтрационными материалами и вместе с тем более экономичные и технологичные в укладке, надежно защищающие почву и грунтовые воды от различных загрязнений.

Бентоматы получили широкое распространение во многих европейских странах мира. Принцип материала основан на свойстве бентонита при полной гидратации разбухать и увеличиваться в объеме в 14–16 раз [1].

Значительный опыт использования бентоматов в противофильтрационных экранах накоплен за рубежом в таких странах, как Германия, США, Польша, Япония, Франция, Англия и другие [2].

Наиболее широкое применение бентоматы нашли в строительстве экранов и облицовок оросительных каналов и водоемов, шлако-

и шламохранилищ, накопителей твердых и жидких отходов, а также в других сферах строительства.

За рубежом по производству и применению бентоматов следует выделить следующие компании-лидеры: Naue (Германия), Carpi (Швейцария), SETCO (Польша), HUESKER Synthetic (Германия) [2].

Противофильтрационные устройства с применением бентоматов в России начали использоваться относительно недавно из-за недостаточной изученности их работы в сложных инженерно-геологических условиях (например, инфильтрации), при повреждаемости, гидратации и регенерации, а также применения материала на просадочных грунтах. Кроме того, большую роль сыграли высокая стоимость и необходимость импорта бентоматов из Европы, что в совокупности сделало их практически недоступными для отечественного строительства.

В настоящее время в РФ бентоматы производятся и реализуются такими компаниями, как «БентИзол», «Изобент», «СибСтрой-Экология», «Бентопром», «Полилайн» и другие [1].

В 2001 году осуществлялась реконструкция 1 км канала Дортмунд-Эмс в Германии, где применялись бентоматы фирмы Naue. Укладка материала производилась без опорожнения канала в стоящую воду (рисунок 1) [3].



**Рисунок 1 – Укладка бентоматов в канал Дортмунд-Эмс**

Для этого по специальному заказу бентоматы производились со слоем песка. Материал состоял из двух слоев геотекстиля, между которыми располагались бентонитовая глина и песок (как балластный слой); соединение отдельных слоев осуществлялось иглопробивным способом. Для укладки использовалось специальное оборудование на воде.

В дальнейшем для контроля сплошности экрана и отслеживания возможных утечек под бентонитовые маты были установлены стационарные приборы.

Еще одним примером применения бентоматов на оросительных каналах может служить участок канала в городе Зенфтенберг (Германия).

В 2010 году при реконструкции канала было решено применять бентоматы марки Bentofix NSP 4900 и геотекстиль Terrafix (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Реконструкция оросительного канала  
в г. Зенфтенберг**

Длина канала составляет около 1 км, ширина по дну – в среднем 6 м. Конструкция канала интересна тем, что в двух местах канал переходит в туннели. Первый туннель длиной 64 м устроен на участке, где маршрут канала проходит через федеральную трассу. Второй туннель имеет протяженность 96 м, здесь канал проходит под рекой.

Генеральным подрядчиком проекта была компания Strabag AG, поставщиком материала – компания Naue. Площадь, на которой были применены бентоматы, составила 24000 м<sup>2</sup>, защитный и подстилающий слой устраивался из мелкого щебня [3].

Поскольку оросительный канал проходит в сложных инженерных условиях (ниже уровня грунтовых вод), строительная бригада проекта дополнительно применяла геотекстильные материалы Terrafix из нетканого волокна, которые обладают гибкостью и стойкостью к истиранию.

На юге России многие оросительные каналы (магистральные, межхозяйственные и внутрихозяйственные) построены в период с 1952 по 1970 г. и нуждаются в реконструкции, особенно выполненные в земляном русле [4].

Так, например, на Донском магистральном канале (ДМК) в Мартыновском районе Ростовской области в условиях пониженных температур и повышенной влажности (инфильтрации грунтовых вод в канал) в 2013 году применялись бентонитовые маты фирмы Naue (Bentofix NSP 4900 X2) [5]. Участок ДМК с противофильтрационным экраном из бентоматов показан на рисунке 3.



**Рисунок 3 – Участок ДМК с противофильтрационным экраном из бентоматов**

Устройство противофильтрационного экрана производилось на площади 16 тыс. м<sup>2</sup>. Бентоматы укладывались на подготовленное основание с защитным слоем из каменной наброски толщиной 0,3 м (рисунок 3).

Геокомпозитные бентонитовые маты нашли широкое применение не только на оросительных каналах, но и на накопителях различных отходов [6–8].

Один из самых больших накопителей отходов в Финляндии был построен в 1987 году, площадь накопителя – 50 гектар. В 2003–2004 годах производилась его реконструкция с применением геосинтетических материалов, таких как бентонитовые маты Bentofix B 6200-3 48.100, геотекстиль Secutex R 1204 78.000, георешетки Secugrid 200/40 R6 23.000 и геомембраны Carbofol 406 HDPE 2,5 мм фирмы Naue (рисунок 4) [3].



**Рисунок 4 – Реконструкция накопителя отходов с применением геосинтетических материалов**

Для того чтобы найти более подходящие решения, перед реконструкцией накопителя было создано два опытных участка с применением данных материалов, а также разработаны компьютерные модели и программы. На опытном участке, укрепленном георешеткой, производились замеры с помощью специальных приборов и оборудования, определялся коэффициент фильтрации на разных глубинах и в различных местах участка. По результатам проведенных на опытных участках исследований было решено производить реконструкцию полигона с применением вышеприведенных геосинтетических материалов фирмы Naue.

Необходимо отметить еще один накопитель отходов, на котором применялись бентоматы. Он находится в г. Аллоа (Шотландия). Существующий накопитель не отвечал современным требованиям и

нормативным документам, предъявляемым к защитным экранам полигонов. В проведении исследований накопителя принимали участие экологические консалтинговые фирмы и компания Naue [3].

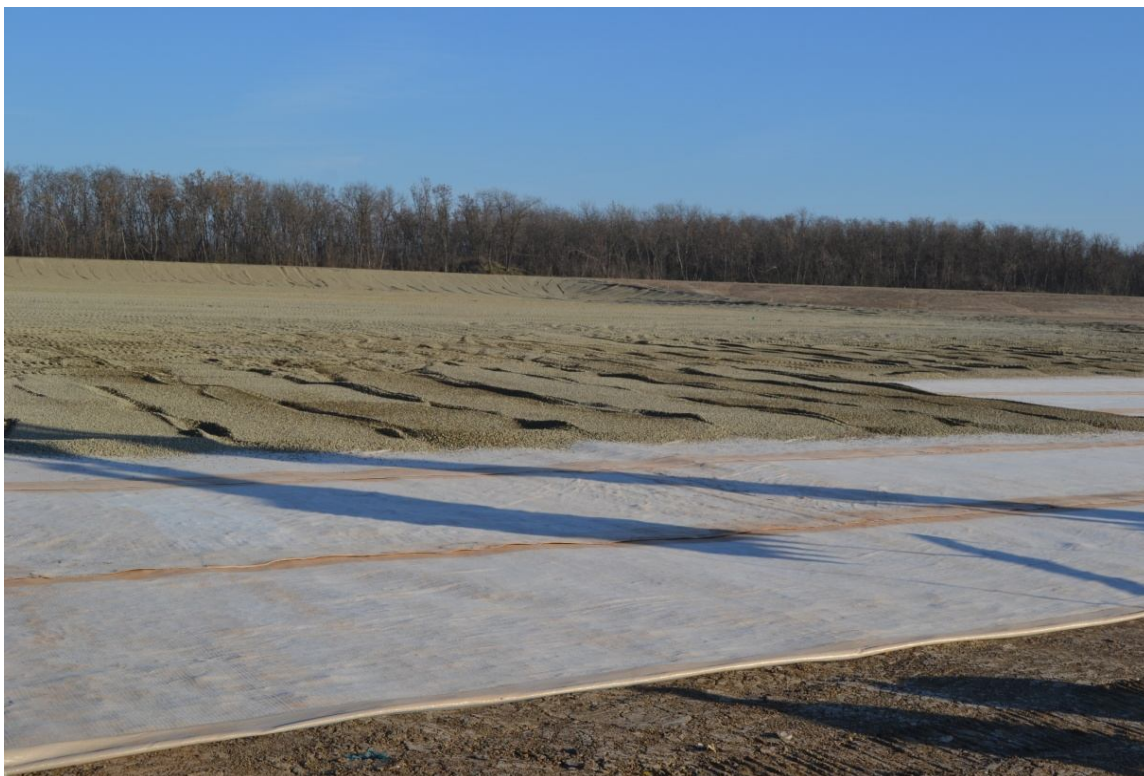
Укладка бентоматов осуществлялась в 2005 году. В минимальные сроки (6 недель) на участке площадью 220000 м<sup>2</sup> были уложены бентоматы Bentofix BFG 5000 с защитным слоем из грунта толщиной 0,3 м (рисунок 5).



**Рисунок 5 – Укладка бентоматов с защитным слоем из грунта на накопителе отходов**

В ноябре 2013 года производилась укладка бентоматов Bentofix на накопителе отходов в г. Тихорецке Краснодарского края (рисунок 6). Площадь строящегося накопителя – 1,6 га.

Строительство накопителя отходов производилось рядом с уже существующим полигоном (по данным на 2013 г., всего на территории города 15 полигонов). По данным наблюдений, уже существующий полигон оказывал негативное воздействие на окружающую природную среду. Под воздействием дождевой воды органические и неорганические составляющие полигона отходов растворялись, образуя высокотоксичный фильтрат, собирающийся в его основании. Поэтому для защиты от загрязнения было принято решение произвести строительство нового накопителя отходов с применением современных геокомпозитных материалов – бентоматов.



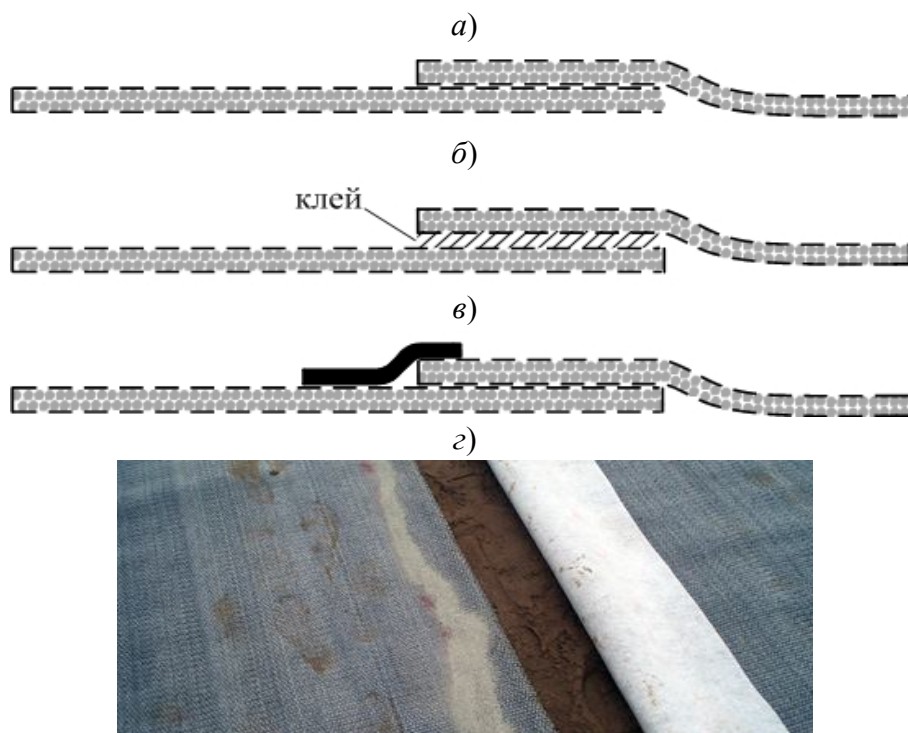
**Рисунок 6 – Противофльтрационный экран с бентоматами и защитным слоем из щебня**

Устройство противофльтрационного экрана накопителя отходов выполнялось следующим образом. Производились подготовка грунтового основания, его выравнивание, отчистка от мусора и уплотнение виброкатками. На подготовленное основание с помощью траверс укладывались полотнища натриевых бентонитовых матов фирмы Naue размером 5×40 м.

Бентоматы соединяют между собой путем нахлеста. Нахлест материала в местах стыков рулонов по ширине должен быть не менее 300 мм. Смещение швов в местах стыковки по длине должно быть не менее 500 мм.

Обычно выделяют четыре способа соединения отдельных полотнищ бентоматов (рисунок 7): простое соединение внахлест (либо крепление полотнищ с помощью степлера); проклеивание места стыка полотнищ; соединение с помощью геомембраны; просыпка мест стыков бентонитовым порошком. Чаще всего используется простое соединение полотнищ внахлест.

Для защиты бентоматов от механических повреждений устраивался защитный слой из щебня (фракции 5–20 мм) толщиной 0,15–0,20 м (рисунок 6).



*а* – простое соединение внахлест; *б* – соединение с помощью клея; *в* – соединение стыков с помощью геомембраны; *г* – соединение с помощью бентонитового порошка

**Рисунок 7 – Способы укладки и соединения отдельных полотнищ бентоматов**

Разравнивание и уплотнение поверхности не производилось для исключения механических повреждений машинами и механизмами.

Для сбора и отвода образовавшегося жидкого фильтрата на накопителе в г. Тихорецке по всему его контуру возводилась «стена в грунте» железобетонной конструкции глубиной 1,5–1,8 м.

#### **Список использованных источников**

1 Завьялов, С. В. Геосинтетика на основе бентонита / С. В. Завьялов // Гидротехника. – 2014. – № 2(35). – С. 52–55.

2 Баев, О. А. Основные виды и свойства геосинтетических материалов и геокомпозитов для противофильтрационных экранов накопителей и каналов / О. А. Баев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ»; под ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск: «Геликон», 2013. – Вып. 51. – С. 34–42.

3 NAUE GmbH & Co. KG. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://naue.com>.

4 Косиченко, Ю. М. Каналы переброски стока России / Ю. М. Косиченко. – Новочеркасск: НГМА, 2004. – 240 с.

5 Перелыгин, А. И. Об эксплуатации крупных каналов в условиях реконструкции / А. И. Перелыгин, А. В. Белов // Гидротехника. – 2014. – № 2(35). – С. 50–51.

6 Баев, О. А. Использование геосинтетических материалов для защиты грунтовых вод от загрязнения / О. А. Баев // Проблемы мелиорации и водного хозяйства: сб. науч. тр. / ФГБОУ ВПО НГМА. – Новочеркасск, 2012. – С. 22–27.

7 Ищенко, А. В. Экраны накопителей промышленных и бытовых отходов с современными геосинтетическими материалами / А. В. Ищенко, О. А. Баев // Строительство 2012: материалы Междунар. науч.-практ. конф. / ФГБОУ ВПО РГСУ. – Ростов н/Д., 2012. – С. 72–74.

8 Высоконадежные конструкции противofильтрационных облицовок каналов и водоемов с применением инновационных материалов / В. Н. Щедрин, Ю. М. Косиченко, А. В. Ищенко, О. А. Баев; ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2013. – Деп. в ВИНТИ 13.01.14, № 7-B2014.

УДК 626.823.916

**О. А. Баев**

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,  
Российская Федерация

## **ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА РЕГЕНЕРАЦИИ ПОВРЕЖДЕНИЙ В ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ЭКРАНАХ ИЗ ГЕОКОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

В статье приведены данные о некоторых новых и усовершенствованных конструкциях противofильтрационных экранов для прудов-накопителей и оросительных каналов с использованием геокомпозитных материалов. Некоторые из разработанных конструкций с использованием полимерных геомембран обладают свойством регенерации повреждений, которые неизбежны в процессе строительства и эксплуатации сооружений. Для одного из вариантов комбинированных конструкций проведены лабораторные исследования, которые заключались в определении эффективности самозалечивания повреждений полимерной геомембраны в результате гидратации бентонитового порошка.

Ключевые слова: регенерация, бентонитовые маты, противofильтрационные экраны, геокомпозитные материалы.

В процессе строительства противofильтрационных экранов с полимерными материалами неизбежны механические повреждения при их укладке или устройстве защитных покрытий, а также в про-