

при определении солесодержания дренажных вод позволит определить возможный риск засоления почв до осуществления сельскохозяйственной деятельности и предусмотреть мелиоративные мероприятия для предотвращения деградации почв, в том числе и режим орошения.

Список используемых источников

1 Шомуратова, Ф. Теоретическое обоснование влаго- и солепереноса на орошаемом участке при наличии дренажа / Ф. Шомуратова // Природообустройство и рациональное природопользование – необходимые условия социально-экономического развития России / Моск. гос. ун-т природообустройства. – Ч. 2. – М., 2005. – С. 154-158.

2 Андерсон, Д. Вычислительная гидромеханика и теплообмен: пер. с англ / Д. Андерсон, Дж. Таннехилл, Р. Плетчер. – М.: Мир, 1990. – Т. 1. – 384 с.

3 Басниев, К. С. Нефтегазовая гидродинамика / К. С. Басниев, Н. М. Дмитриев, Г. Д. Розенберг. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2005. – 544 с.

4 Ламб, Г. Гидродинамика / Г. Ламб. – М.-Л.: ОГИЗ, 1947 г. – Т. 2. – 930 с.

5 Самарский, А. А. Численные методы математической физики // А. А. Саарский, А. В. Гулин. – М.: Научный мир, 2000. – 316 с.

УДК 626.823.916

О. А. Баев (ФГБНУ «РосНИИПМ»)

ОСНОВНЫЕ ВИДЫ И СВОЙСТВА ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И ГЕОКОМПОЗИТОВ ДЛЯ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ЭКРАНОВ НАКОПИТЕЛЕЙ И КАНАЛОВ

В статье представлены основные виды, свойства и области применения геосинтетических материалов, геокомпозигов и бентонитовых матов, используемых в противофильтрационных экранах накопителей отходов и каналов. Представлены свойства основного компонента бентонита – монтмориллонита. Предложены некоторые варианты конструкций противофильтрационных экранов с использованием геосинтетических материалов, обладающих значительной деформативной способностью и позволяющих воспринимать значительные нагрузки на противофильтрационный элемент.

Для предотвращения загрязнений грунтовых вод от фильтрата отвалов и накопителей различных отходов используются различные

компоновочно-конструктивные решения противofильтрационной и дренажной защиты (экраны, стенки, завесы, дренажи) [1].

Анализ существующих типов противofильтрационных устройств свидетельствует, что во многих случаях они характеризуются малой эффективностью, что обусловлено несовершенством их конструкций, вероятностью трещинообразования или повреждения в процессе строительства и эксплуатации.

Решение этих проблем невозможно без применения современных конструкций различных противofильтрационных устройств (ПФУ) в виде облицовок, экранов, противofильтрационных стенок и завес.

Применение геосинтетиков (в том числе бентонитовых матов) в мировой практике изоляции природоохранных объектов наблюдается с середины 90-х годов (рисунок 1). Особенно активно современные технологии, связанные с захоронением отходов на полигонах, продвигаются в Германии, где ежегодно выпускаются новые эффективные строительные материалы, обладающие высоким коэффициентом фильтрации и характеризующиеся длительным сроком службы. Широкое распространение получили современные высококачественные геотекстильные материалы зарубежных производителей (например, фирмы «NAUE», Германия).

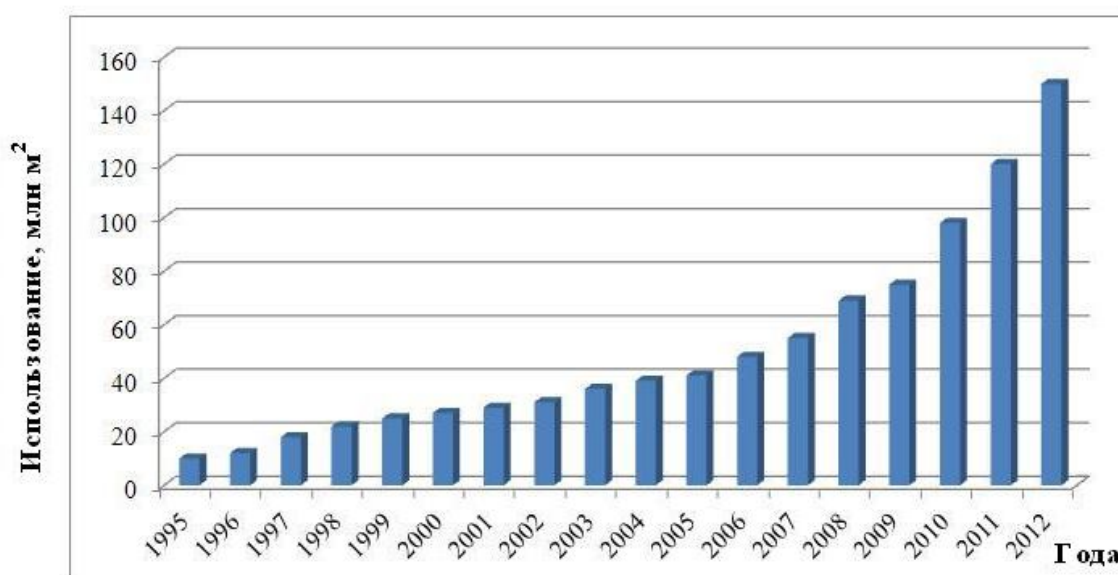


Рисунок 1 – Приблизительная статистика по использованию бентонитовых матов в мире

В России для противofильтрационной защиты накопителей отходов и оросительных каналов до недавнего времени широко приме-

нялись пленочные экраны из полиэтиленовой пленки низкой плотности по ГОСТ 10352-82 толщиной 0,2-0,3 мм, которые сверху покрывались защитным слоем из грунта толщиной от 0,5 до 1,0 м [2].

Их широкому распространению послужили исследования И. Е. Кричевского, В. Д. Глебова, В. П. Лысенко, А. И. Бельшева, В. А. Бородина, В. П. Недриги, В. М. Павловского, Ю. М. Косиченко, А. В. Ищенко, В. А. Белова, И. М. Елшина, А. Г. Алимова, А. А. Кириллова, А. А. Миронова, Анахаева К. Н. и других. За рубежом в данном направлении известны работы А. Мулешкова, М. Хики, А. Скуэро, Р. Kent, J. Krahл и других [3].

Однако в процессе строительства и эксплуатации накопителей и оросительных каналов с пленочными противофильтрационными экранами выяснились недостатки таких конструкций: возможность сравнительно легкой повреждаемости тонкого противофильтрационного элемента (пленки) строительными механизмами при устройстве защитного слоя грунта и повреждаемости от других (природных) факторов (корней растений, грызунов, кротов), некачественное соединение отдельных полотнищ пленки при сварке, нарушения структуры, а в ряде случаев целостности при вдавливании относительно крупных фракций грунта (более 5 мм).

Все это потребовало поиска новых более эффективных полимерных материалов, к которым можно отнести геомембраны из полиэтилена низкой и высокой плотности толщиной 1-3 мм, бентоматы с использованием геотекстилей и заполнителя из натриевого или кальциевого бентонита, геокомпозиаты, включающие в одном материале комбинацию геомембраны и геотекстиля, и другие.

В таблице 1 представлены виды геосинтетических материалов, используемых в противофильтрационных экранах в России и за рубежом, а также основные области их применения [4].

Бентонитовые маты изготавливаются из натриевого бентонита и высокопрочного полипропиленового геотекстиля. Несущий (тканый) и покрывающий (нетканый) слои геотекстиля скреплены между собой иглопробивным методом или с помощью клея.

Особенным свойством натриевого бентонита является его способность набухать и увеличиваться в объеме в 12-14 раз, когда он вступает в контакт с водой. В ограниченном пространстве при насыщении водой бентонитовые гранулы превращаются в водонепроницаемый гель, который и является противофильтрационным экраном (средний коэффициент фильтрации $1 \cdot 10^{-11}$ см/с).

Таблица 1 – Сведения о видах и технических характеристиках геосинтетических материалов

Наименование	Область применения	Материал изготовления	Толщина, мм	Сопротивление прокалыванию (продавливанию), Н	Поверхностная плотность г/м ²	Прочность при растяжении (вдоль/поперек) к/Нм	Прочность при сжатии, МПа
Геотекстиль	Закрепление откосов, склонов (тканый); элемент дренажных устройств; защитная прокладка (нетканый)	Полипропилен, полиэфир, полиамид, стекловолокно	0,7-6,0	500-2300	70-600	3,3-12	0,7-1,15
Георешетка	Закрепление грунтов; русел; снижение подвижности грунтовых частиц	Полиэтилен и полипропилен	1,25-2,2	-	950-960	≥ 16,0	12-27,5
Геокомпозиты	Откосы насыпей дорог; склонов; дренажные устройства; противофильтрационные устройства	Сочетает в себе два или более полимерных материала	4,0-7,5	500-770	600-900	12 /8 – 20/16	1,25-1,60
Геомембрана	В строительстве для гидроизоляции	Полиэтилен, поливинилхлорид, отходы производства	0,2-3,5	150-590	917-930	27-86	12-36
Бентонитовые маты	Гидроизоляция в гидротехническом и промышленном строительстве; локализация отходов; защита грунтовых вод	Тканый и нетканый геотекстиль, бентонитовая глина	5,6-7,2	3600-3800	4880-6600	≥ 30,0	-

Данные материалы выпускаются такими известными фирмами как *NAUE*, *NaBento*, *GSE* (Германия), *Техностройтекс* (Беларусь), *CETCO* (Великобритания), *Carpi* (Швейцария), *VOLTEX*, *Изобент*, *Bentolock* (Россия), *Nilex* (Канада) и другими. Большие работы в области выпуска и укладки материалов на различных сооружениях проводит фирма *NAUE* (Германия).

Основной компонент бентонита (60-70 %) – монтмориллонит $\text{Al}_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (рисунок 2), который представляет собой листовый силикат с расширяющейся структурной ячейкой, обладающий высокой набухаемостью и способный давать гелеобразную суспензию, что особенно важно при механическом повреждении бентонитовых матов. Общая развернутая поверхность 1 грамма монтмориллонита имеет площадь 700-800 м².

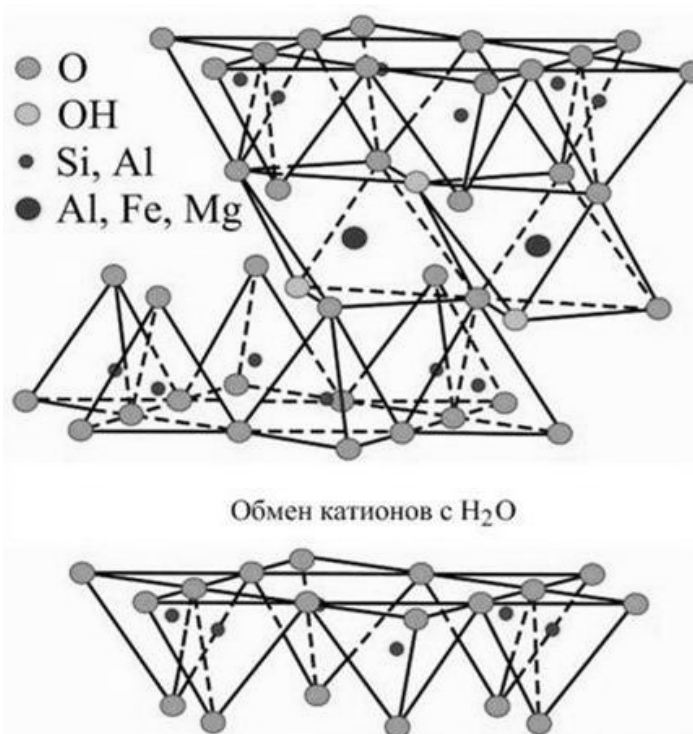


Рисунок 2 – Структура монтмориллонита

Монтмориллонит является одним из породообразующих минералов бентонитовых глин, месторождения которых расположены по всему миру. В России в настоящее время разрабатываются месторождение монтмориллонитовых глин Герпегеж (Кабардино-Балкария), Зырянское месторождение бентонитов (Урал) и другие [5].

На воздухе монтмориллонит теряет воду (дегидратируется) и становится порошковатым. Монтмориллонит легкий, в увлажненном состоянии обладает характерным «глинистым» запахом.

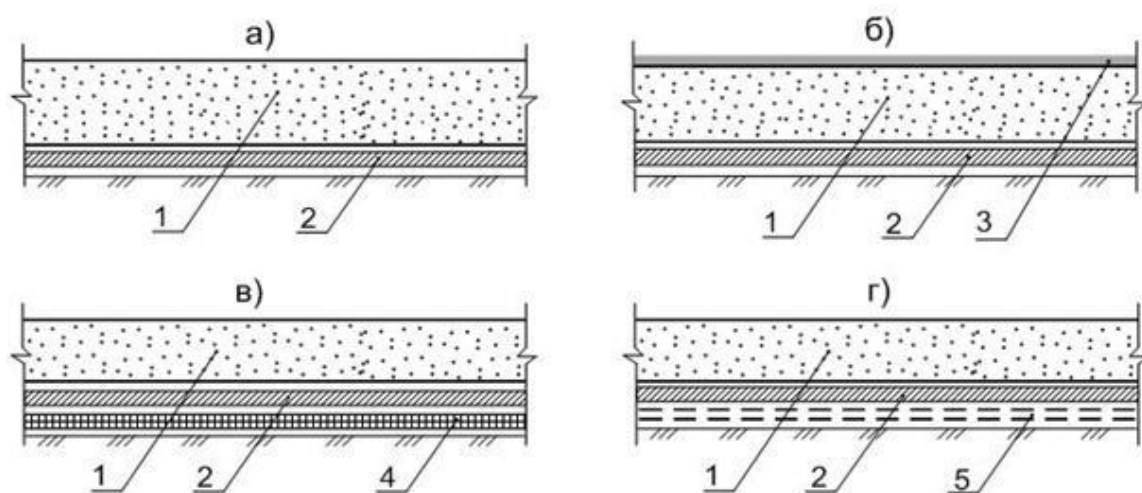
Na-монтмориллонитовые глины впитывают воду, заметно увеличивают свой объем, даже иногда слабо разогреваются. Са-монтмориллонит разбухает слабо. Точная диагностика монтмориллонита без проведения лабораторных исследований (измерения оптических констант, рентгенометрических исследований и химических анализов) практически невозможна. У монтмориллонита кристаллическая решетка подвижная (разбухающая), т. е. межпакетное расстояние определяется влажностью, поэтому, величина удельной поверхности монтмориллонита переменная, зависящая от влажности [6].

Пригодность бентонитовых глин для приготовления растворов определяется следующими показателями:

- гранулометрическим составом (песчаных частиц крупнее 0,05 мм должно быть $\leq 10\%$, в том числе крупнее 0,1 мм $\leq 4\%$, глинистых частиц мельче 0,005 мм $\geq 50\%$);

- естественной влажностью ($\leq 8\%$) и влажностью на границе текучести ($\geq 60\%$) [6].

Разработанные конструкции (рисунок 3) обеспечивают высокий противофильтрационный эффект (коэффициент фильтрации составляет 10^{-11} - 10^{-12} см/с) и значительный срок службы. Конструкции имеют повышенную шероховатость поверхности.



а – с защитным покрытием из грунта; б – с защитным покрытием из грунта и полимерным закрепителем поверхности; в – с защитным покрытием из грунта и армирующим слоем из геосетки; г – с защитным покрытием из грунта и дренажным слоем; 1 – защитное покрытие; 2 – противофильтрационный элемент из бентонитовых матов; 3 – полимерный закрепитель грунта; 4 – геосетка; 5 – дренажный слой из двух, трех слоев геотекстиля высокой плотности

Рисунок 3 – Схемы конструкций противофильтрационных экранов

Немецкой компаний *NAUE* предлагается конструкция функциональных слоев основания накопителя (снизу вверх) (рисунок 4) [7]:

- подготовленное грунтовое основание, залегание грунтовых вод не выше отметки 1,0 м, поверхность основания должна быть выровнена, грунт достаточно уплотнен;
- минеральный противофильтрационный экран в виде бентонитовых матов (из натриевого порошка) «*Bentofix*» иглопробивного скрепления шириной 5,00 м, коэффициент фильтрации – 2×10^{-11} м/с;
- полимерная гидроизоляция – геомембрана «*Carbofol*» из полиэтилена низкого давления высокой плотности толщиной 2,00 мм, шириной более 4,7 м, достаточная устойчивость к воздействию грызунов, ультрафиолета, агрессивных химических веществ и соединений, индекс плавления – более 2,6 г/10 мин, прочность на разрыв – 60 мм;
- защитный слой из песка толщиной 0,4 м и более или геотекстильный материал «*Secutex*» иглопробивного уплотнения с поверхностной плотностью более 1000 г/м², шириной не менее 5,8 м;
- дренажные перфорированные трубы из полиэтилена низкого давления высокой плотности [7].

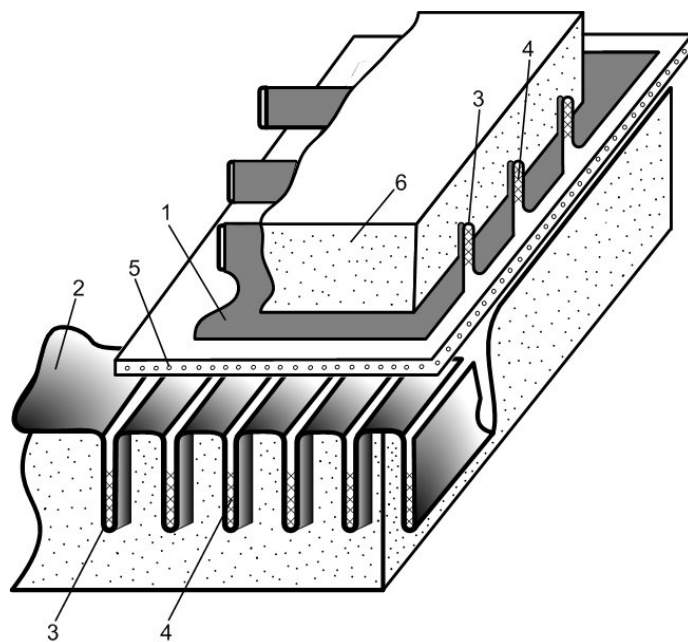


Рисунок 4 – Конструкция функциональных слоев основания накопителей от *NAUE*

При строительстве сооружений на просадочных грунтах, подверженных значительным деформациям вследствие просадочных, пучинистых процессов, с просадкой более 0,40 м, пучинистых грунтов с предельной величиной общей деформации (набухание-усадка)

более 0,25 м, с целью предотвращения фильтрации, целесообразно применять конструкции полимерных противофильтрационных экранов, обладающих значительной деформативной способностью.

Для водоемов, каналов, накопителей промышленных и бытовых отходов, сооружаемых в сложных инженерно-геологических условиях, предлагается новое техническое решение – конструкция бентоматополимерного экрана (рисунок 5).



1, 2 – полимерные полотна; 3 – компенсатор деформаций;
4 – антифирикционный состав; 5 – бентонитовые маты; 6 – защитный слой грунта

Рисунок 5 – Бентоматополимерный экран на просадочных грунтах

Предлагаемый бентоматополимерный экран отличается высокой надежностью работы при возможных значительных деформациях основания, заключающаяся в свободном перемещении пленочных полотен без защемления их грунтом и появления в них перенапряжений, следовательно, и разрывов [8].

Выводы

1 Несмотря на то, что противофильтрационные экраны из геомембран, бентоматов и геокомпозигов уже довольно широко применяются для защиты гидротехнических сооружений, полигонов промышленных и бытовых отходов и различного рода прудов-накопителей, необходимо совершенствование их конструкций и технологий строительства.

2 Задача разработки новых высоконадежных и совершенствования существующих конструкций экранов является весьма актуальной,

направленной на решение проблемы повышения эффективности и надежности противofильтрационных устройств и расширение области их применения.

3 Для успешного внедрения в практику современных геосинтетических материалов в России необходимо выполнить ряд научных исследований по их работе в условиях просадки, регенерации и гидротации, изучить процесс самозалечивания при повреждениях.

Список использованных источников

1 Н. Zanziger, R. M. Koerner, E. Gartung «Clay Geosynthetic Barrier» / Proceedings of the International Symposium IS Nuremberg 2002, Germany, 16-17 April 2002. – P. 12-13.

2 Ищенко, А. В. Противofильтрационная эффективность грунтовых экранов накопителей промышленных отходов / А. В. Ищенко, Е. О.Скляренко / «Строительство-2009»: материалы юбилейной Международ. науч.-практ. конф. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2009. – С. 10-12.

3 Косиченко, Ю. М. Повышение эффективности и надежности противofильтрационных облицовок оросительных систем / Ю. М. Косиченко, М. А. Чернов // Инновационные технологии повышения эффективности мелиоративных систем и безопасности ГТС. – Волгоград: ГНУ ПНИИЭМТ Россельхозакадемии, 2010. – С. 55-60.

4 Баев, О. А. Геосинтетические иглопробивные материалы и их использование в строительстве полигонов ТБО / О. А. Баев / Водохозяйственное строительство: материалы науч.-практ. конф. и студентов и молодых ученых, 17-20 сентября // ФГБОУ ВПО «НГМА». – Новочеркасск, 2012. – С. 85-90.

5 Классификация и систематика минералов, горных пород, окаменелостей [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://kristallov.net/montmorillonit.html>, 2013.

6 Зубков, В. М. Подземные сооружения, возводимые способом стена в грунте / В. М. Зубков. – Л.: Стройиздат, Ленинградское отделение, 1998. – С. 15-21.

7 NAUE GmbH&Co.KG [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.naue.com>, 2013.

8 Заявка Российская Федерация, МПК E02B3/16. Способ выполнения бентоматополимерного экрана на просадочных грунтах / Ищенко А. В., Косиченко Ю. М., Баев О. А., Макарова Л. Н.; заявитель ФГБОУ ВПО «НГМА» / № 2013131951 заявл. 09.07.2013.