

**Выводы**

Шлюзование при напоре 0,5 м от поверхности земли существенно увеличивает влажность верхнего 25-сантиметрового слоя – до 0,7 от пористости, что даже превышает среднюю за год влажность на неосушенном болоте. Таким образом, достигается противопожарный эффект, поскольку высокая влажность обеспечивается и в очень засушливые годы. Это происходит благодаря подаче значительного количества воды на охраняемую площадь. В приведенном примере (метеостанция Черусти) подача воды составляла в среднем 322 мм слоя воды за 52 года, что соизмеримо со среднегодовым количеством атмосферных осадков за теплый период (см. табл. 1). Следовательно, целесообразно делать специальные водохозяйственные расчеты для нахождения объемов воды, необходимой для подачи на охраняемую площадь.

1. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2010 год / Ю. А. Израэль [и др.]. – URL: [uploads/images/file\\_post\\_2208.pdf](http://uploads/images/file_post_2208.pdf) (дата обращения: 14.02.12).

2. Ученые: Экстремальная жара в России могла быть вызвана глобальным потеплением // Взгляд: деловая газета. – URL: <http://vz.ru/news/2012/2/21/563117>.

html (дата обращения: 14.02.12).

3. Арцыбашев Е. С. Проблема пожаров на оторфованных лесных землях // Лесное хозяйство. – 2006. – № 5. – С. 38 с.

4. Данилов-Данильян В. И. Причины и уроки торфяных и лесных пожаров 2010 года // ОКО ПЛАНЕТЫ: информационно-аналитический портал. – URL: <http://oko-planet.su/pogoda/listpogoda/58445-prichiny-i-uroki-torfyanyh-i-lesnyh-pozharov-2010-goda.html> (дата обращения: 14.02.12).

5. Голованов А. И., Зимин Ф. М., Сметанин В. И. Рекультивация земель; под редакцией А. И. Голованова. – М.: КолосС, 2009. – 325 с.

6. Берсенева А. Этот торф не затушишь, не залешь // Газета.ru. – URL: [http://www.gazeta.ru/realty/2010/07/29\\_a\\_3402667.shtml](http://www.gazeta.ru/realty/2010/07/29_a_3402667.shtml) (дата обращения: 14.02.12).

7. Сельскохозяйственные гидротехнические мелиорации / А. А. Богусhevский [и др.]; под ред. Е. С. Маркова. – М.: Колос, 1981. – 375 с.

Материал поступил в редакцию 24.04.12.

*Голованов Александр Иванович, доктор технических наук, профессор  
Тел. 8 (499) 153-96-28*

*Студенова Кристина Сергеевна, аспирантка*

*Тел. 8-929-665-24-33*

*E-mail: kristi11.05.88@rambler.ru*

УДК 502/504:631.6

**В. И. СМЕТАНИН, В. И. ХОХЛОВ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

**ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ВОДОПРИЕМНОГО СЛОЯ ДРЕНАЖНЫХ ТРУБ ИЗ ВОЛОКНИСТО-ПОРИСТЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*Приведены результаты исследований различных нетканых материалов, используемых в качестве водоприемного слоя дренажных труб.*

*Дренажные трубы, коэффициент фильтрации, кольматация, суффозия, водоприемный слой, дренажные трубы, волокнисто-пористые полимерные материалы, метод пневмоэкстракции, полиолефиновые волокна.*

*There are given research results of different nonwoven materials used as a water receiving layer of drain pipes.*

*Drain pipes, filtration factor, mudding, piping, water receiving layer, drain pipes, fibrous-porous polymer materials, method of pneumoextraction, polyolefin fibers.*

Территории избыточного увлажнения в нашей стране занимают значительные площади. Дренажные системы, которые созданы для регулирования уровня грунтовых вод, должны надежно выполнять свою функцию на протяжении длительного времени. Однако постепенно они теряют свою эффективность и становятся причиной повторного подтопления и заболачивания территорий. Это связано со множеством факторов, в том числе с кольматацией грунтов в придренной области, отложением мелкозема на поверхности водоприемного слоя, заохриванием внутреннего пространства дренажных труб. Эти факторы вызывают необходимость дополнительного их изучения с целью разработки более современных конструкций дренажных систем и комплекствующих.

Авторами изучена возможность применения волокнисто-пористых материалов, изготовленных методом пневмоэкструзии полиолефиновых волокон, в качестве водоприемного слоя дренажных труб.

Были сформулированы следующие задачи:

определение коэффициента фильтрации геотекстилей, выполненных из волокнисто-пористых материалов, изготовленных методом пневмоэкструзии полиолефиновых волокон;

проверка работы дренажных фильтров непосредственно в контакте с грунтом по критериям некольматируемости и недопущения процессов суффозии в придренной области.

Такие виды водоприемного слоя дренажных труб предлагаются для повышения надежности и эффективности работы горизонтального закрытого дренажа в сравнении с уже используемыми материалами для защиты дренажных труб осушительных систем.

При анализе синтетических нетканых материалов, используемых для защиты дренажных труб, рассмотрены параметры, зависящие от особенностей процессов их изготовления. Для изготовления нетканых материалов применяют натуральные или полимерные волокна. Волокна в процессе производства материала могут быть деформированы под механическим или тепловым

воздействием. Полотно материала, из которого можно создавать бескаркасные дренажные трубы, изготавливают путем продавливания нагретых полиолефиновых волокон через формулирующее отверстие экструдера. При этом следует принять во внимание изменение коэффициента фильтрации, сроки службы, удобство при эксплуатации и другие характеристики, влияющие на водоприемный слой.

Основная задача эксперимента заключалась в исследовании фильтрационных свойств получаемого материала, поскольку эта функция водоприемного слоя в наибольшей степени влияет на эффективность работы дренажных труб. Исследовали факторы, воздействующие на процессы, происходящие в придренной области.

Определили влияние технологий производства тестируемых материалов на фильтрационные характеристики. Изготовление бескаркасных дренажных труб осуществляется по методу термического спекания волокон, из-за чего происходят деформации и изменения в структуре нетканого материала. Чтобы сравнить образцы материалов, изготовленных фирмой ООО «Селтон», их испытывали вместе с уже зарекомендовавшими себя материалами Dupont Typar SF в версиях SF27 и SF40.

Фильтрационные свойства материалов исследовали на стенде, работающем по принципу прибора Дарси. Полученные результаты сравнили с результатами, полученными другими исследователями. Выполнили проверку возможной кольматации материалов выносимыми частицами грунта. Для этого исследовали процесс работы дрены непосредственно в контакте с грунтом. (В лабораторных условиях невозможно смоделировать точную картину сложных изучаемых процессов, происходящих в придренной области, поэтому планируется проведение полевых исследований).

При разных температурах изготовления материала возникают различные деформации волокон, влияющие на физико-механические характеристики. Образец 1 и образец 2 изготовлены на оборудовании фирмы ООО «Селтон» при температурах 180 °С и 140 °С соответственно. Селтон ТФ – эти доступный на рынке

материал из полиолефиновых волокон. На рис. 1 приведен фрагмент образца нетканого материала, изготовленного из полиолефиновых волокон.

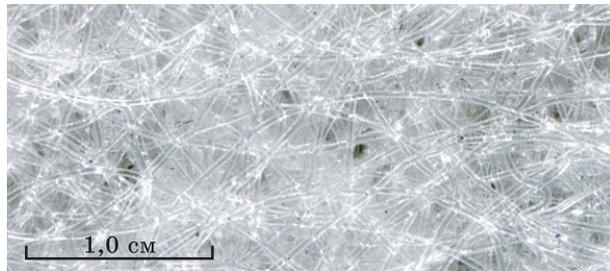


Рис. 1. Образец нетканого материала из полиолефиновых волокон

На рис. 2 приведена схема прибора Дарси.

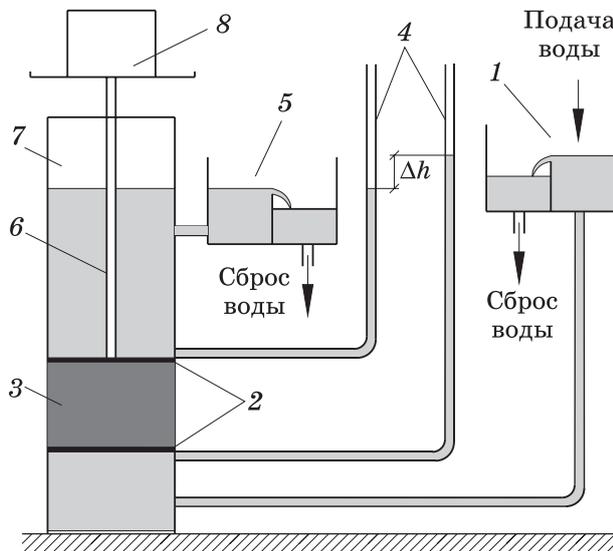


Рис. 2. Схема усовершенствованного прибора Дарси: 1 – бачок с переливным устройством для подачи воды в прибор; 2 – жесткие сетки; 3 – загрузка тестируемого материала; 4 – пьезометры; 5 – бачок с переливным устройством для отвода избыточной воды из прибора; 6 – шток; 7 – цилиндрическая труба; 8 – груз

Основной частью прибора является цилиндрическая труба 7 с внутренним диаметром 0,1 м, в которой размещаются испытываемые образцы. Цилиндрическая труба состоит из трех частей: в средней располагают образцы геотекстиля 3, зажимаемые между жесткими сетками 2, которые служат для равномерного распределения прилагаемой внешней нагрузки 8 и беспрепятственного пропуска

фильтрующей воды. Образцы собирают из нескольких слоев так, чтобы суммарная толщина их между сечениями 1-1 и 2-2 составляла 50 мм.

Для создания различных значений величин давления, имитирующего давление грунта на дренажную трубу, на верхнюю жесткую металлическую сетку прикладывается внешняя нагрузка через вертикальный шток 6, выведенный наружу. На штоке находится специальная площадка для размещения груза 8. Груз подбирается так, чтобы верхняя жесткая металлическая сетка оказывала давление 20 кПа на испытуемый материал (среднее давление на защитно-фильтрующий материал в дренажах неглубокого заложения). На образцы диаметром 0,1 м имитируется давление груза массой 15,5 кг. Цилиндрическая труба имеет четыре отверстия: два из них предназначены для подключения водяных пьезометров 4, а два (нижнее и верхнее) – соответственно для подачи и отвода воды в прибор и из него.

Два прозрачных водяных пьезометра показывают уровни водяного столба внутри цилиндра перед входом воды в рабочую часть прибора и при выходе воды из нее. По разности показаний пьезометров определялась потеря напора фильтрационного потока в испытуемом образце.

Верхний бачок, который можно перемещать вертикально по штанге и устанавливать на различном уровне, служит для подачи воды в прибор, причем переливное устройство поддерживает заданный напор на входе в прибор и удаляет излишки воды, подаваемой на установку. Нижний бачок, также перемещающийся по вертикальной штанге на различные уровни, служит для поддержания заданного напора на выходе из прибора, а его переливное устройство позволяет собирать отфильтрованную воду в мерный сосуд с целью определения расхода.

Этапы опыта по определению коэффициента фильтрации (в соответствии со стандартом DIN 60500-4-2007):

при фиксированном положении верхнего и нижнего бачков и постоянном имитационном давлении 20 кПа осуществлялась подача воды; после стабилизации уровней воды в бачках замеряли показания пьезометров (в сантиметрах), объем профильтрованной воды (в кубических сантиметрах), время сбора этого объема

по секундомеру (в секундах);

с определенным интервалом во времени производили повторное измерение тех же параметров (до шести замеров). При этом каждый раз изменялось положение бачков 1 и 6 (все измерения выполнялись при различных градиентах напора);

расход воды  $Q$  при фильтрации через образцы определяли по измеренному объему воды  $W$ , см<sup>3</sup>, собранному за время  $t$ , с:

$$Q = \frac{W}{t};$$

скорость фильтрации  $v$ , м/с, воды через испытуемый образец с площадью фильтрации  $w$ , см<sup>2</sup>, определяли так:

$$v = \frac{Q}{w};$$

гидравлический уклон  $I$  рассчитывали как падение напора  $\Delta h$ , см, на расстоянии, равном суммарной толщине образца  $d_n$ :

$$I = \frac{\Delta h}{d_n};$$

коэффициент фильтрации  $K_f$  определяли по известной зависимости Дарси, связывающей скорость фильтрации  $v$  и гидравлический уклон  $I$ :

$$K_f = v/I = \frac{wd_n}{t\omega\Delta h}.$$

Коэффициент фильтрации  $K_f$  при давлении 20 кПа принимали равным среднеарифметическому значению, полученному из шести замеров.

Таблица 1  
Результаты определения коэффициента фильтрации

| Материал          | Коэффициент фильтрации, м/с |
|-------------------|-----------------------------|
| Селтон образец 1  | $12,2 \times 10^{-4}$       |
| Селтон образец 2  | $25,6 \times 10^{-4}$       |
| Селтон ТФ         | $26,4 \times 10^{-4}$       |
| Dupont Typar SF27 | $6,2 \times 10^{-4}$        |
| Dupont Typar SF40 | $6,9 \times 10^{-4}$        |

Из таблицы 1 видно, что все типы испытанных материалов имеют коэффициент фильтрации более 40 м/сут, что соответствует рекомендациям других авторов [1]. Образец 1 и геотекстиль фирмы Dupont показали приближенные к рекомендуемому порогу значения коэффициента фильтрации. Для решения поставленной задачи целесообразно

использовать дренажные трубы с водоприемным слоем, обеспечивающим плавное регулирование водного режима осушения [2].

Кольматация заключается в накоплении частиц грунта размером не более 0,05 мм в толще или на поверхности водоприемного слоя [3]. Если водоприемный слой пропускает крупные частицы, то они не всегда могут быть вынесены из дренажной трубы. Частица грунта, попавшая в водоприемный слой, должна пройти несколько узких мест, «ворот», образованных близко расположенными волокнами. Согласно формуле доктора J. P. Giround (Шестая международная конференция по геосинтетике, март 1998 года), количество «ворот» вычисляется по следующей формуле:

$$m = \frac{\sqrt{1-n} t_{gtx}}{d_n},$$

где  $m$  – число «ворот»;  $n$  – пористость материала;  $t_{gtx}$  – толщина материала, мм;  $d_p$  – диаметр нити волокна, мм.

Универсальным оптимальным диапазоном значений для этой величины считается промежуток от 25 до 40, который может быть уточнен для определенного грунта (табл. 2).

По результатам, представленным в табл. 2, можно сделать следующий вывод: большинство материалов недостаточно однородны и, вероятно, будут пропускать частицы крупнее 0,05 мм. Изменяя характеристики материала, можно добиться рекомендуемого значения числа «ворот». Для влияния на эту величину наиболее простым будет изменение толщины материала водоприемного слоя. Все тестируемые материалы могут быть использованы в несuffозионных грунтах.

Для suffозионных грунтов были проведены дополнительные исследования. Suffофия возможна при наличии фильтрационного движения воды и обусловлена механизмом переноса частиц за счет хаотичности структуры порового пространства и порогового несовпадения скоростей отдельных частиц со средней скоростью потока по величине и направлению.

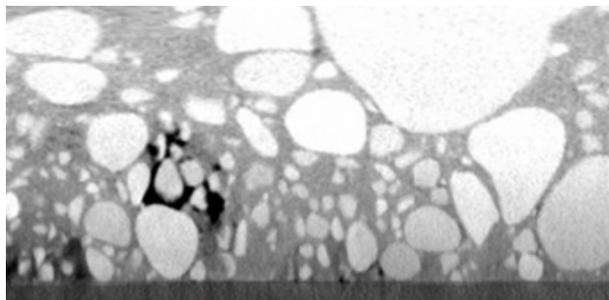
Эксперимент заключался в изучении процессов, происходящих на контакте водоприемного слоя с грунтом, при наличии длительного фильтрационного движения воды. На контакте с материалом находился реальный грунт нарушенного сложения – песчано-гравийная смесь. Материал, имитирующий дренажный фильтр, и

Количество «ворот» в исследованных образцах геосинтетиков

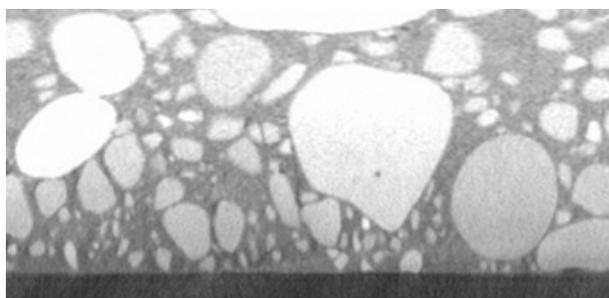
| Материал          | Пористость материала | Толщина материала водоприемного слоя, мм | Диаметр нити волокна, мм | Число «ворот» |
|-------------------|----------------------|--|--------------------------|---------------|
| Селтон образец 1  | 0,76                 | 3  | 0,08                     | 18            |
|                   |                      | 6  |                          | 37            |
| Селтон образец 2  | 0,85                 | 3  |                          | 15            |
|                   |                      | 6  |                          | 29            |
| Селтон ТФ         | 0,8                  | 3  |                          | 17            |
| Dupont Tygar SF27 | 0,62                 | 0,39                                     | 0,062                    | 4             |
| Dupont Tygar SF40 | 0,55                 | 0,47                                     | 0,055                    | 6             |

образец грунта, имитирующий придренную грунтовую зону на контакте с геосинтетиком, находились в переувлажненном состоянии в течение недели при температуре 22...28 °С.

После фильтрации лоток с материалом и грунтом вынимали из прибора и затем обследовали дренажный фильтр и придренную область с помощью компьютерной томографии. Устанавливали степень кольматации материалов и степень суффозионных процессов в придренной области. При исследовании применяли оборудование North Star Imaging X50 Digital X-Ray и программное обеспечение efX-ct, предоставленное ЗАО «Сфера-7» (рис. 3).



а



б

Рис. 3. Снимки дифференцированного процесса суффозии частиц грунта в придренной области, полученные методом компьютерной томографии: а – материал с числом «ворот» 15 ; б – то же с числом «ворот» 29

Число «ворот» нелинейным образом связано со степенью процессов суффозии и вымывом частиц грунта в придренной области. Материал Dupont Tygar SF40 с числом «ворот» 6 показал аналогичный результат, что и Селтон ТФ с числом «ворот» 17. Следовательно, на процессы в придренной области влияют другие характеристики синтетических материалов, зависящие от технологии их производства, например: определенное плетение и структура волокон и т. д.

У всех испытанных материалов наблюдалось появление локальных очагов вымыва частиц грунта. Это объясняется неоднородностью нетканых материалов. Вымыв частиц грунта происходил на участках нетканого полотна, где средний диаметр пор превышает пороговое значение. При использовании более толстых фильтрующих материалов снижается вероятность вымывания частиц грунта.

На рисунке 3а (образец 2 с числом «ворот» 15) видно, что происходит вымывание частиц грунта. При использовании материала с числом «ворот» 29 удалось избежать суффозионных процессов в придренной области (см. рис. 3б).

По результатам исследований можно отметить, что в основном все исследованные материалы могут быть использованы в качестве фильтров, обладающих хорошими защитными свойствами. Не кольматируются сами и не допускают активных суффозионных процессов в придренной области два образца (толщиной 3 мм и пористостью 0,85).

**Выводы**

Выполнены исследования фильтрационных свойств фильтрующих материалов под давлением 20 кПа, характерным для дренажей неглубокого заложения.

Установлена связь параметров (пористости, толщины материала и диаметра

волокон) нетканых материалов с обеспечением контактной устойчивости в придренной области.

Тестируемые образцы геотекстиля можно рекомендовать для использования в качестве защитно-фильтрующих материалов дренажных труб.

1. Дренажные системы в зоне орошения / Н. Г. Бугай [и др]. – Киев: Урожай, 1987. – 191 с.

2. Хохлов В. И. Состояние, проблемы и перспективы развития дренажных систем: Проблемы развития мелиорации и водного хозяйства и пути их решения: материалы Международной научно-

практической конференции. – М.: ФГБОУ ВПО МГУП, 2011. – Ч. II. Комплексное обустройство ландшафтов. – 308 с.

3. Глазунов И. В. Обоснование параметров дренажных фильтров: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02. – М.: МГУП, 1990.

Материал поступил в редакцию 21.07.12.

*Сметанин Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Организация и технологии строительства объектов природообустройства»*

*Хохлов Владимир Игоревич, аспирант*  
Тел. 8 (495) 669-39-24

*E-mail: sitefb@gmail.com*

УДК 502/504:631.6

**С. В. ВАСИЛЕНКОВ, О. Н. ДЕМИНА**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Брянская государственная сельскохозяйственная академия»

## МЕРОПРИЯТИЯ ПО УМЕНЬШЕНИЮ УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВ НА ТЕРРИТОРИЯХ, ПОСТРАДАВШИХ ОТ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

*Представлены результаты исследований мероприятий по уменьшению удельной активности почв путем вымыва цезия-137 из почвы на территориях, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС. Показано, что снижение радиоактивности происходит как в зимне-весенний период за счет промыва почвы талым стоком, так и в летне-осенний период за счет промыва этой же почвы дождевой водой. Даны рекомендации по достижению наибольшего эффекта вымыва цезия-137 из почвы.*

*Вымыв цезия, радионуклиды, Чернобыльская АЭС, удельная активность.*

*There are given investigation results of measures on reducing the soils specific activity by Cesium (Cs-137) leaching from soil on the territories suffered from the accident on the Chernobyl Nuclear Power Plant. It is shown that reduction of radioactivity takes place during a winter-spring period due to the soil washing by rainwater. Recommendations are given on reaching the highest effect of Cesium (Cs-137) leaching from the soil.*

*Cesium leaching, radio nuclides, Chernobyl Nuclear Power Plant, specific activity.*

После аварии на Чернобыльской АЭС город Новозыбков Брянской области с численностью жителей 46 тыс. чел. оказался в зоне радиоактивного загрязнения. Сразу после аварии, в мае 1986 года, на территории города была зафиксирована мощность дозы гамма-излучения 5000 мкР/ч.

В сентябре 2010 года авторами при обследовании территорий, прилегающих к зданиям Новозыбковского сельскохозяйственного техникума, была измерена максимальная доза гамма-излучения, которая составляла 450 мкР/ч на газоне возле входа в учебный корпус (рисунок).