

УДК 624.13

**А.Л. Невзоров, О.М. Заборская, А.В. Никитин**

*ФГАОУ ВПО «СФУ имени М.В. Ломоносова»*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЬМАТАЦИИ ДРЕНАЖНЫХ ФИЛЬТРОВ В ТОРФЯНЫХ ГРУНТАХ**

Приведены результаты испытаний дренажных фильтров из геотекстиля и песка в торфяных грунтах. Смоделирована работа дренажей с фильтрами из геотекстиля при отсутствии и наличии песчаной обсыпки. Показано существенное снижение водопроницаемости фильтров во времени. Причиной этого является кольматация пор органическими веществами при фильтрации воды через торф. Песчаные обсыпки защищают фильтры из геотекстиля, однако имеет место кольматация их пор частицами, выносимыми фильтрующей водой из слоя торфа.

**Ключевые слова:** грунты, дренажные фильтры, геотекстиль, торф, водопроницаемость торфа, кольматация, торфяные грунты.

Условием длительной надежной работы дренажных систем является учет природно-техногенных процессов, протекающих в геологической среде. К ним следует отнести кольматацию дренажных фильтров и изменение водопроницаемости грунтов во времени, длительную осадку грунтов, в т.ч. за счет осушения и др. Наиболее ярко выраженными являются указанные процессы в органических и органо-минеральных грунтах. Уменьшение коэффициента фильтрации торфа во времени отмечено в работах многих исследователей. Объясняется это явление различными причинами: набуханием частиц, закупоркой пор пузырьками газов, содержащихся в грунте, или мелкими частицами [1—4]. Существенное изменение коэффициента фильтрации наблюдается по мере уплотнения торфа, так при давлении 100 кПа его водопроницаемость уменьшается на три порядка по сравнению с торфом естественного сложения [5, 6]. В настоящей статье приведены результаты исследования кольматации дренажных фильтров в торфяных грунтах.

Исследования выполнялись в фильтрационных трубках диаметром 100 мм (рис.). Приборы 1 устанавливались в лоток с крупным песком 3. В приборах поддерживался постоянный уровень за счет подачи воды из емкости 2.

В фильтрационных приборах № 1—4 моделировалась работа дренажных труб с обертками из геотекстиля, размещенных в торфяном грунте. В приборах № 5—8 моделировались дренажные трубы с обертками и песчаной обсыпкой.

В опытах использовался сильноразложившийся торф нарушенной структуры. Для выравнивания коэффициента пористости образцы в приборах были предварительно уплотнены давлением 12,5 кПа. Плотность торфа составила 1,05...1,06 г/см<sup>3</sup>, плотность частиц 1,53...1,56 г/см<sup>3</sup>, влажность 900...950 %, коэффициент пористости 12,0...12,5.

На торцах фильтрационных трубок с помощью хомутов закреплялось 2 слоя геотекстиля типа «дорнит» с плотностью 400 г/м<sup>2</sup>.

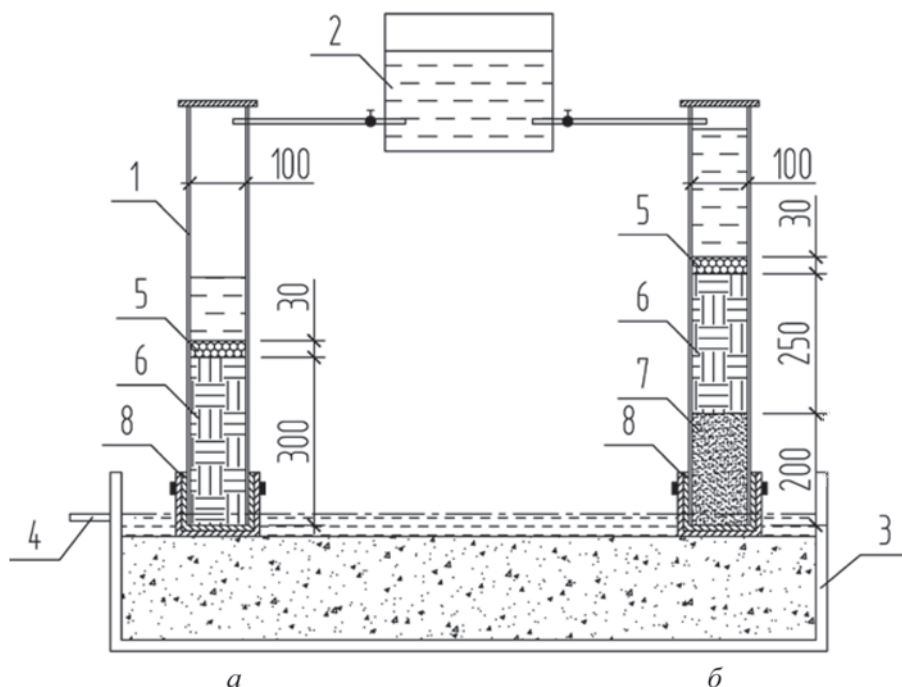


Схема приборов для исследования кольматации: *a* — приборы № 1—4; *б* — приборы № 5—8; 1 — фильтрационная трубка; 2 — емкость для подачи воды; 3 — лоток с крупным песком; 4 — сливное отверстие; 5 — гравий; 6 — торф; 7 — мелкий песок; 8 — дорнит

Толщина слоя песка в приборах № 5—8 составляла 200 мм. Использовался аллювиальный мелкий песок, который обычно применяется для инженерной подготовки территории г. Архангельска, в т.ч. для обсыпок дренажей.

Предварительно методом отмучивания из песка были удалены глинистые частицы, а методом прокаливания — органические вещества. Гранулометрический состав песка после отмучивания приведен в табл. 1.

Табл. 1. Гранулометрический состав песка

Размер сит, мм	2	1	0,5	0,25	0,10	< 0,1
Полные остатки на ситах, %	0,0	0,36	1,95	46,78	99,08	100,0

В приборы из емкости 2 осуществлялась непрерывная подача болотной воды. Общая продолжительность фильтрации составила 15 сут. Фильтрация осуществлялась при градиенте напора, равном 1,5. Длина пути фильтрации принималась равной суммарной толщине дренажных слоев: в приборах № 1—4 — торфа и геотекстиля, в приборах № 5—8 — торфа, песка и геотекстиля.

После завершения опытов определялись: коэффициент фильтрации песка и геотекстиля, содержание органических веществ в фильтрах, содержание частиц менее 0,25 мм в слое торфа.

В табл. 2 представлены результаты определения коэффициента фильтрации многослойной дренажной конструкции.

Табл. 2. Изменение водопроницаемости многослойной дренажной конструкции во времени

Номер прибора	Коэффициент фильтрации грунтов, м/сут, при времени с начала опыта, сут		
	1	7	15
1	0,23	0,16	0,12
2	0,28	0,17	0,16
3	0,19	0,16	0,15
4	0,19	0,15	0,14
5	0,24	0,19	0,17
6	0,25	0,18	0,14
7	0,26	0,19	0,16
8	0,18	0,13	0,10

Данные, представленные в табл. 2, свидетельствуют о снижении коэффициента фильтрации в 1,3...1,9 раза даже при сравнительно небольшой продолжительности эксперимента.

Для оценки кольматации пор из верхней и нижней зон слоя торфа выполнялся отбор проб для определения содержания частиц размером менее 0,25 мм. Результаты представлены в табл. 3.

Табл. 3. Содержание частиц менее 0,25 мм в верхней и нижней зонах торфа

Зона образца торфа	Содержание частиц менее 0,25 мм по массе сухого торфа, %			
	Приборы № 1—4	Среднее	Приборы № 5—8	Среднее
Верхняя	56,4...60,7	58,7	57,2...59,0	58,2
Нижняя	58,6...63,6	61,5	59,5...61,1	60,6

Установлено, что содержание указанных частиц в нижнем слое несколько превышает их содержание в верхнем, что свидетельствует о наличии массопереноса в исследуемом сильноразложившемся торфе.

Для оценки изменения водопроницаемости песка из верхних и нижних слоев выполнялся отбор проб из приборов № 5, 6. Исследования водопроницаемости выполнялись на компрессионно-фильтрационных приборах. Высота исследуемых образцов составляла 3 см, площадь поперечного сечения — 60 см<sup>2</sup>. Значения скорости фильтрации песка приведены в табл. 4.

Табл. 4. Значения скорости фильтрации проб мелкого песка

Описание образцов песка	Среднее значение скорости фильтрации мелкого песка, м/сут, при градиентах напора <i>I</i>		
	1	2	3
Исходные образцы	6,2	11,0	17,2
Образцы из приборов № 5, 6 (верхняя зона)	5,7	10,3	16,8
Образцы из приборов № 5, 6 (нижняя зона)	5,9	11,8	17,0

Из табл. 4 видно, что наблюдается небольшое снижение водопроницаемости песка в ходе эксперимента.

Определение содержания органики в песке выполнялось путем прокаливания проб, отобранных из верхней и нижней зон в приборах № 7, 8. В верхнем слое содержание органики после завершения опыта составило 0,5 г на 100 г песка, в нижнем слое — 0,3 г на 100 г песка.

Кольматация геотекстиля оценивалась по содержанию органических веществ и по изменению коэффициента фильтрации материала. Количество органических веществ на внутреннем слое геотекстиля, определенное путем взвешивания исходных и закольматированных образцов в сухом состоянии, в приборах № 1—4 составило 1...1,3 г на фильтр площадью 75 см<sup>2</sup>. Наличие органических веществ на внешнем слое геотекстиля в приборах № 1—4, а также на внешнем и внутреннем слоях геотекстиля с фильтрующей песчаной обсыпкой в приборах № 5—8 не выявлено.

Коэффициент фильтрации дорнита определялся по ГОСТ Р 52608—2006 «Материалы геотекстильные. Методы определения водопроницаемости»<sup>1</sup>. Испытания на водопроницаемость проводились на компрессионно-фильтрационных приборах при давлении 2, 20, 100 кПа, напорах воды 50 и 100 мм в направлении фильтрации, перпендикулярном к плоскости полотна. Для испытаний из образцов геотекстиля отбирались пробы площадью 60 см<sup>2</sup>.

Коэффициент фильтрации закольматированных частицами торфа образцов геотекстиля при давлении 2 кПа по сравнению с исходными образцами снизился в 10...12 раз, а при давлении 20, 100 кПа — в 1,6...2,5 раза. Заметим, что при увеличении давления эффект снижения водопроницаемости геотекстиля за счет кольматации уменьшается. Этот эффект объясняется нарушением сплошности закольматированной поверхности при сжатии геотекстиля. Кольматация частицами грунта и уменьшение водопроницаемости характерны для большинства дренажных фильтров [8—11].

*Выводы:*

1) при устройстве дренажей без песчаных обсыпок в торфе коэффициент фильтрации дренажных оберток быстро уменьшается за счет кольматации частицами органики;

2) песчаные обсыпки защищают фильтры из геотекстиля, но имеет место кольматация органическими веществами в их порах.

#### Библиографический список

1. Емельянова Т.Я., Крамаренко В.В. Обоснование методики изучения деформационных свойств торфа с учетом изменения степени его разложения // Известия Томского политехнического университета. 2004. № 5. С. 54—57.

2. Крамаренко В.В., Емельянова Т.Я. Характеристика физических свойств верховых торфов Томской области // Вестник Томского государственного университета. 2009. № 322. С. 265—272.

3. Иванов К.Е. Водообмен в болотных ландшафтах. Л. : Гидрометеиздат, 1975. 280 с.

<sup>1</sup> ГОСТ Р 52608—2006. Материалы геотекстильные. Методы определения водопроницаемости. М. : Стандартинформ, 2006. 18 с.

4. Дрозд П.А. Сельскохозяйственные дороги на болотах. Минск : Ураджай, 1966. 167 с.
5. Невзоров А.Л., Никитин А.В., Заручевных А.В. Город на болоте : монография. Архангельск : ИПЦ САФУ, 2012. 157 с.
6. Димухаметов М.Ш., Димухаметов Д.М. Физико-механические свойства заторфованных грунтов Камской долины г. Перми и их изменение в результате действия пригрузки // Вестник Пермского университета. 2009. Вып. 11 (37). С. 94—107.
7. Волокнисто-пористые материалы из полимерных волокон в мелиоративном и гидротехническом строительстве и при очистке воды / Н.Г. Бугай, А.И. Кривоног, В.В. Кривоног, В.Л. Фридрихсон // Прикладная гидромеханика. 2007. Т. 9. № 2—3. С 37—51.
8. Черняев Е.В. Срок службы геотекстильных материалов // Путь и путевое хозяйство. 2010. № 7. С. 37—39.
9. Ткач В.В. Дренажный фильтр из нетканого полотна // Гидротехника и мелиорация. 1983. № 10. С. 76—77.
10. Бугай Н.Г., Ткач В.В., Фридрихсон В.Л. Подбор тканых и нетканых ЗФМ при использовании их в трубчатых дренажах с фильтрующей обсыпкой // Гидротехника и мелиорация. 1983. № 6. С. 52—53.

*Поступила в редакцию в декабре 2013 г.*

Об авторах: **Невзоров Александр Леонидович** — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой инженерной геологии, оснований и фундаментов, **Северный Арктический федеральный университет имени М.В. Ломоносова (ФГАОУ ВПО «САФУ»)**, 163002, г. Архангельск, Набережная Северной Двины, д. 17, a.l.nevzorov@yandex.ru;

**Заборская Ольга Михайловна** — старший преподаватель кафедры строительной механики и сопротивления материалов, **Северный Арктический федеральный университет имени М.В. Ломоносова (ФГАОУ ВПО «САФУ»)**, 163002, г. Архангельск, Набережная Северной Двины, д. 17, o.zaborskaya@agtu.ru;

**Никитин Андрей Викторович** — кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры инженерной геологии, оснований и фундаментов, **Северный Арктический федеральный университет имени М.В. Ломоносова (ФГАОУ ВПО «САФУ»)**, 163002, г. Архангельск, Набережная Северной Двины, д. 17, nikitinavsafu@yandex.ru.

Для цитирования: *Невзоров А.Л., Заборская О.М., Никитин А.В. Исследование кольматации дренажных фильтров в торфяных грунтах // Вестник МГСУ. 2014. № 2. С. 84—90.*

**A.L. Nevzorov, O.M. Zaborskaya, A.V. Nikitin**

## EXPERIMENTAL EVALUATION OF DRAINAGE FILTERS SEALING IN PEAT SOILS

The article deals with research results of the sealing of pores in drainage filters by organic particles. Permeability tests were carried out with the constant gradient 1.5. The water flow through the sample of soil was top-down.

The tests were carried out with 2 types of samples: the first part of samples had layers (from up to down) 300 mm peat and 2 layers of geotextile, the second part consisted of 250 mm peat, 200 mm fine sand and 2 layers of geotextile. Well decomposed peat

samples were used. Peat had the following characteristics: density is 1,05...1,06 g/cm<sup>3</sup>, specific density — 1,53...1,56 g/cm<sup>3</sup>, void ratio — 12,0...12,5. The duration of each test was 15 days. During testing the hydraulic conductivity of samples was decreased by 1.3...1.9.

After completing the tests the hydraulic conductivity of sand and geotextile were measured. The content of organic matter in geotextile and fine sand was determined as well. Dry mass of organic matter in the first layer of geotextile in the first type of samples were 1,0...1,3 g per 75 cm<sup>2</sup>. The organic matter in the second layer of geotextile in the first type of samples and in the first layer of geotextile in the second type wasn't exposed. Fine sands protected the drainage geotextile as a result of sealing of pore space of sands by organic matter.

**Key words:** soil, drainage filters, geotextile, peat, hydraulic conductivity of peat, sealing of pores, peat soil.

### References

1. Emel'yanova T.Ya., Kramarenko V.V. Obosnovanie metodiki izucheniya deformatsionnykh svoystv torfa s uchetom izmeneniya stepeni ego razlozheniya [Substantiation of the Study Method of Deformation Properties of Peat Taking into Account the Changes in its Decomposition Degree]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta* [Proceedings of Tomsk Polytechnic University]. 2004, no. 5, pp. 54—57.
2. Kramarenko V.V., Emel'yanova T.Ya. Kharakteristika fizicheskikh svoystv verkhoynykh torfov Tomskoy oblasti [Description of the Physical Properties of High-moor Peat in Tomsk Region]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta* [Proceedings of Tomsk State University]. 2009, no. 322, pp. 265—272.
3. Ivanov K.E. *Vodoobmen v bolotnykh landshaftakh* [Water Cycle in Moor Landscapes]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1975, 280 p.
4. Drozd P.A. *Sel'skokhozyaystvennyye dorogi na bolotakh* [Agricultural Roads on Moors]. Minsk, Uradzhay Publ., 1966, 167 p.
5. Nevzorov A.L., Nikitin A.V., Zarychevnykh A.V. *Gorod na bolote: monografiya* [A City on the Bog: Monograph]. Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov. Arkhangelsk, NArFU Publ., 2012, 157 p.
6. Dimukhametov M.Sh., Dimukhametov D.M. Fiziko-mekhanicheskie svoystva zatorfovannykh gruntov Kamskoy doliny g. Permi i ikh izmenenie v rezul'tate deystviya prigruzki [Physical and Mechanical Properties of Peat of Kama Valley in Perm City and their Changes as a Result of Pressure Action]. *Vestnik Permskogo universiteta* [Proceedings of Perm State University]. 2009, no. 11, pp. 94—107.
7. Bugay N.G., Krivonog A.I., Krivonog V.V., Fridrikhson V.L. Voloknistoporisty materialy iz polimernykh volokon v meliorativnom i gidrotekhnicheskome stroitel'stve i pri ochistke vody [Fibrous-porous Materials of Polymer Fibers in Soil Reclamation and Hydraulic Engineering Construction and Water Treatment]. *Prikladnaya gidromekhanika* [Applied Hydromechanics]. 2007, vol. 9, no. 2—3, pp. 37—51.
8. Chernyaev E.V. Srok sluzhby geotekstil'nykh materialov [Lifetime of Geotextile Materials]. *Put' i putevoe khozyaystvo* [Road and Track Facilities]. 2010, no. 7, pp. 37—39.
9. Tkach V.V. Drenazhnyy fil'tr iz netkanogo polotna [Drainage from Nonwoven Materials]. *Gidrotekhnika i melioratsiya* [Hydraulic Engineering and Land Reclamation]. 1983, no. 10, pp. 76—77.
10. Bugay N.G., Tkach V.V., Fridrikhson V.L. Podbor tkanykh i netkanykh ZFM pri ispol'zovanii ikh v trubchatykh drenazhakh s fil'truyushchey obsypkoy [Selection of Woven and Nonwoven Materials Applied in Tubular Drainage with Permeable Package]. *Gidrotekhnika i melioratsiya* [Hydraulic Engineering and Land Reclamation]. 1983, no. 6, pp. 52—53.

About the authors: **Nevzorov Aleksandr Leonidovich** — Doctor of Technical Sciences, Professor, Head, Department of Engineering Geology, Bases and Foundations, **Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov (SAFU)**, 17 Severnaya Dvina Emb., Arkhangelsk, 163002, Russian Federation; a.l.nevzorov@yandex.ru;

**Zaborskaya Ol'ga Mikhaylovna** — Senior Lecturer, Department of Structural Mechanics and Strength of Materials, **Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov (SAFU)**, 17 Severnaya Dvina Emb., Arkhangelsk, 163002, Russian Federation; o.zaborskaya@agtu.ru;

**Nikitin Andrey Viktorovich** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Engineering Geology, Bases and Foundations, **Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov (SAFU)**, 17 Severnaya Dvina Emb., Arkhangelsk, 163002, Russian Federation; nikitinavsafu@yandex.ru.

For citation: Nevzorov A.L., Zaborskaya O.M., Nikitin A.V. Issledovanie kol'matatsii drenazhnykh fil'trov v torfyanykh gruntakh [Experimental Evaluation of Drainage Filters Sealing in Peat Soils]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2014, no. 2, pp. 84—90.