

# ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

---

DOI 10.15593/2409-5125/2017.01.09

УДК 628.35

**И.С. Щукин, О.И. Ручкина**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

## **МНОГОКОМПОНЕНТНАЯ ФИЛЬТРУЮЩАЯ ЗАГРУЗКА ДЛЯ ФИТОФИЛЬТРОВ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД**

В мировой практике очистки поверхностных сточных вод с урбанизированных территорий широко применяются биоинженерные сооружения, в том числе фитофильтры (*raingardens, bioretention filters, stormwater biofilters*). Недостатком существующих конструкций фитофильтров является ухудшение качества очистки поверхностных сточных вод от растворенных примесей в периоды с низкими температурами по причине снижения активности растений и почвенных микроорганизмов, что ограничивает их применение в условиях умеренного климатического пояса. Для обеспечения стабильно высокого качества очистки воды и продолжительного функционирования фитофильтров в условиях умеренного климата предлагается в состав фильтрующей загрузки цеолита и торфа вносить материалы, обладающие сорбционными и ионообменными свойствами по отношению к нефтепродуктам и тяжелым металлам. Обоснован оптимальный состав многокомпонентной фильтрующей загрузки для фитофильтра с учетом гранулометрического состава компонентов и заданных гидравлических характеристик загрузки. Он включает в себя 10 % торфа, 20–40 % цеолита, 50–70 % песка по объему. Приведены результаты исследования сорбционных и ионообменных свойств многокомпонентной загрузки по отношению к нефтепродуктам и тяжелым металлам в динамических условиях. Сорбционная емкость многокомпонентной фильтрующей загрузки заданного состава в динамических условиях по нефтепродуктам составила 40,08 мг/г, по тяжелым металлам: Cu – 0,505 мг/г, Al – 1,708 мг/г, Pb – 0,738 мг/г, Fe – 0,933 мг/г.

**Ключевые слова:** фитофильтры, поверхностные сточные воды, цеолит, торф, сорбционная емкость, очистка от нефтепродуктов, очистка от тяжелых металлов.

Отведение и очистка поверхностных сточных вод (ПСВ) является одной из актуальных проблем урбанизированных территорий. Сегодня для очистки поверхностного стока применяются сооружения механической и

---

Щукин И.С., Ручкина О.И. Многокомпонентная фильтрующая загрузка для фитофильтров очистки поверхностных сточных вод // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2017. – № 1. – С. 105–115. DOI: 10.15593/2409-5125/2017.01.09

Shchukin I., Ruchkinova O. Multicomponent filtration media for stormwater bioretention filters. PNRPU. Applied ecology. Urban development. 2017. No. 1. Pp. 105-115. DOI: 10.15593/2409-5125/2017.01.09

физико-химической очистки. Наряду с умеренной эффективностью очистки такие сооружения имеют высокую строительную и эксплуатационную стоимость, что ограничивает возможность их широкого применения.

Перспективным направлением развития систем очистки поверхностных сточных вод является применение биоинженерных сооружений, в том числе фитофильтров, известных в мировой практике как *raingardens*, *bioretention filters*, *stormwater biofilters* (информация о принципах фитофльтрации и конструкциях фитофильтров представлена в работах [1–3]). Данные зарубежных исследований свидетельствуют о высокой технологической эффективности таких сооружений при небольших затратах на строительство и эксплуатацию. Тем не менее на территории Российской Федерации фитофильтры на сегодняшний день распространения не получили. Одной из причин этого являются ограничения, связанные с эксплуатацией фитофильтров в условиях низких температур (менее +10 °С), когда наблюдается снижение активности растений и почвенных микроорганизмов [4, 5]. Это очень важно для территорий умеренного климатического пояса, характеризующегося наличием зимнего сезона с отрицательными температурами и устойчивым снежным покровом, так как, во-первых, переходные периоды с околонулевой температурой длятся достаточно долго, а во-вторых, на их протяжении образуется значительное количество поверхностного стока.

С целью поддержания высокой эффективности работы фитофильтра в периоды околонулевых температур предлагается введение в состав фильтрующей загрузки компонентов, обладающих сорбционными и ионообменными способностями, – торфа и цеолита.

Выбор цеолита в качестве добавки к фильтрующей загрузке обусловлен его умеренной стоимостью при высокой сорбционной и ионообменной способности по отношению к углеводородам и тяжелым металлам, что подтверждается многочисленными исследованиями [6, 7]. Также известно положительное влияние добавления цеолитов в почву на развитие растений за счет поддержания водовоздушного баланса почвы [8].

Высокая сорбционная емкость низинного торфа по отношению к нефтепродуктам и ионам тяжелых металлов отмечена в работе [9]. Торф помимо обеспечения сорбции нефтепродуктов и тяжелых металлов является источником органических веществ питания для растений и почвенных микроорганизмов.

В холодные периоды очистка от растворенных примесей обеспечивается процессами сорбции и ионного обмена на указанных материалах, а в период вегетации растительности происходит его фито- и биорегенерация за счет поглощения, трансформации, стабилизации и дегградации накопленных веществ под действием растений и микроорганизмов, развивающихся

в фильтрующей загрузке и ризосфере. Кроме того, рост корневой и наземной части растений способствует восстановлению пористости, а следовательно, и пропускной способности фильтрующей загрузки. Таким образом, обеспечивается стабильно высокое качество очистки ПСВ в течение всего года, а также длительный срок работы фильтрующей загрузки до замены.

Научная новизна предлагаемого решения подтверждена патентом РФ на изобретение [10]. Для внедрения предлагаемого технического решения в практику очистки поверхностных сточных вод необходимо определение оптимальных пропорций компонентов многокомпонентной фильтрующей загрузки для обеспечения заданных гидравлических характеристик, а также ее сорбционных и ионообменных свойств.

Проведенный литературный анализ зарубежного опыта проектирования и эксплуатации фитофильтров позволил выявить оптимальные гидравлические параметры работы фитофильтров: скорость фильтрования поверхностного стока через фильтрующую загрузку при введении фитофильтра в эксплуатацию (до подачи загрязненных ПСВ) – 0,3 м/ч, высота слоя жидкости над загрузкой – 300 мм [11–13].

Пропускная способность определяется гранулометрическим составом фильтрующей загрузки. В настоящее время не существует единого мнения об оптимальном составе фильтрующей загрузки, однако литературный анализ позволил выявить диапазон распределения частиц различной крупности рекомендуемый различными источниками [14–16] (рис. 1).

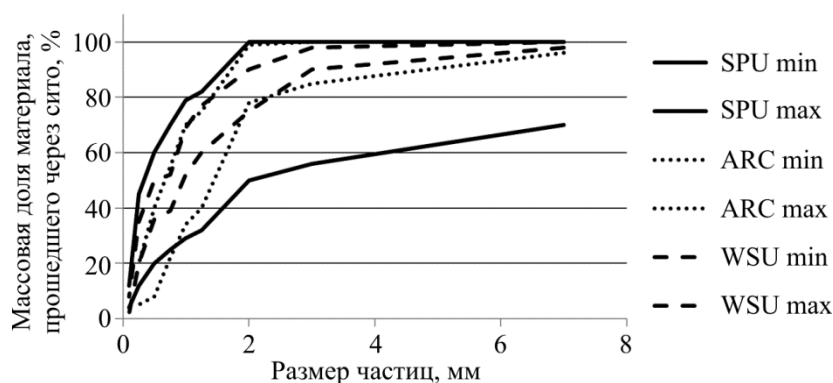


Рис. 1. Рекомендуемый гранулометрический состав фильтрующей загрузки.  
 SPU – Seattle Public Utilities [14], WSU – Washington State University [15],  
 ARC – Auckland Regional Council [16]

Для определения пропорции компонентов в фильтрующей загрузке с целью получения заданного распределения частиц различной крупности

было проведено определение гранулометрического состава каждого компонента: торфа, цеолита и песка.

В качестве материалов для экспериментального исследования использовались природный цеолит Татарско-Шарташского месторождения фракции 1–3 мм, торф низинный из карьера г. Краснокамск, песок мелкий строительный намывной ГОСТ 8736–93.

Определение гранулометрического состава материалов производилось в соответствии с ГОСТ Р 51641–2000 с использованием сит по ГОСТ 6613–86 с ячейками 7; 3; 2; 1,25; 0,9; 0,63; 0,35; 0,14 и 0,071 мм. Результаты ситового анализа представлены в табл. 1. На основании ситового анализа песка, торфа и цеолита (П, Т и Ц) было выполнено моделирование гранулометрического состава многокомпонентной загрузки при смешении составляющих с известным гранулометрическим составом в различных пропорциях.

Таблица 1

Гранулометрический состав многокомпонентной  
фильтрующей загрузки и ее составляющих

Сито, мм	Остаток на сите, %			Смесь 1Т:2Ц:7П	Смесь 1Т:4Ц:5П	Смесь 2Т:3Ц:5П
	Торф	Цеолит	Песок			
7	25,07	6,85	0,00	2,63	5,25	4,57
3	12,66	47,95	0,00	9,96	20,44	15,12
2	9,76	27,27	0,15	8,75	13,70	11,52
1,25	4,75	17,56	0,23	6,87	9,64	8,14
0,9	15,04	0,06	0,73	13,75	10,85	10,71
0,63	3,96	0,06	1,04	14,85	10,60	11,36
0,35	16,89	0,00	61,28	29,20	20,90	23,83
0,14	7,92	0,00	35,26	11,71	7,20	11,87
0,071	2,64	0,00	1,15	1,42	0,89	1,73
<0,071	1,32	0,25	0,15	2,63	5,25	4,57

Сравнение графиков ситового анализа смоделированных фильтрующих загрузок с рекомендациями зарубежных исследований и руководств по проектированию фитофильтров показано на рис. 2.

Оптимальный гранулометрический состав фильтрующей загрузки был получен при следующем объемном соотношении компонентов: торф – 10 %, цеолита – 20–40 %, песок – 50–70 %.

После предварительного определения оптимальных составов многокомпонентной загрузки на основании моделирования гранулометрического состава производилось их приготовление и экспериментальное определение скорости фильтрования воды через фильтрующую загрузку. Эксперимент проводился при следующих условиях: высота слоя фильтрующей

загрузки – 500 мм, высота столба жидкости над загрузкой – 300 мм, диаметр фильтрующей колонки – 50 мм. Схема установки показана на рис. 3.

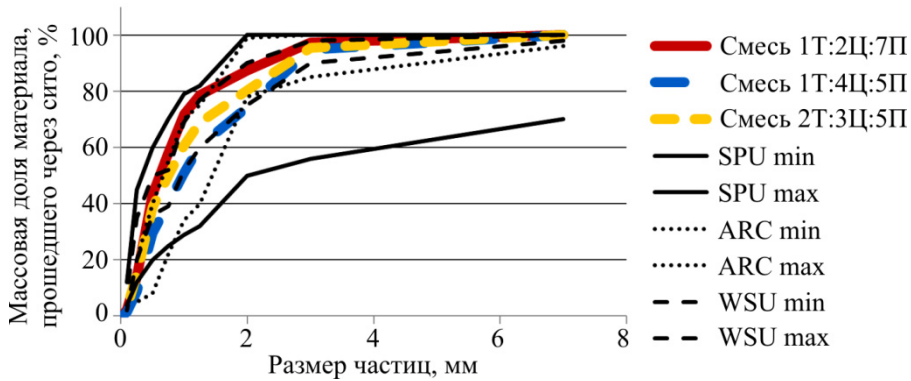


Рис. 2. Гранулометрический состав многокомпонентных фильтрующих загрузок и рекомендуемый гранулометрический состав

Водопроводная вода, очищенная от механических примесей, подавалась из мерной емкости 2 при помощи насоса 1 в фильтрующую колонку и проходила через слой загрузки 6. Для поддержания постоянного слоя воды 5 высотой 300 мм над фильтрующей загрузкой в фильтрующей колонке был выполнен переливной патрубков, соединенный с мерной емкостью, при этом подача насоса была больше расхода воды при фильтровании. Расход профильтрованной воды определялся объемным методом путем измерения времени срабатывания известного объема воды из мерной емкости. Определение скорости фильтрования производилось косвенным методом путем деления измеренного расхода жидкости на площадь сечения фильтровальной колонны.

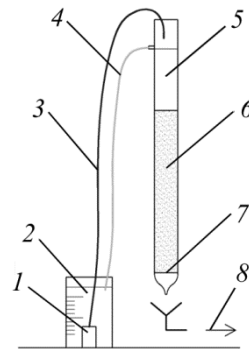


Рис. 3. Схема экспериментальной фильтровальной установки: 1 – насос погружной,  $Q = 60$  л/ч,  $h = 2$  м; 2 – емкость мерная,  $V = 2$  дм<sup>3</sup>; 3 – шланг подачи воды,  $d = 5$  мм; 4 – переливной шланг,  $d = 5$  мм; 5 – слой жидкости, 300 мм; 6 – фильтрующая загрузка;  $h = 500$  мм; 7 – поддерживающая сетка; 8 – отвод фильтрата в канализацию

Результаты измерения скорости фильтрования при заданных условиях представлены на рис. 4.

Дальнейшие экспериментальные исследования проводились на фильтрующей загрузке, содержащей 10 % торфа, 20 % цеолита и 70 %

песка по объему. Гранулометрический состав данной фильтрующей загрузки представлен в табл. 2.

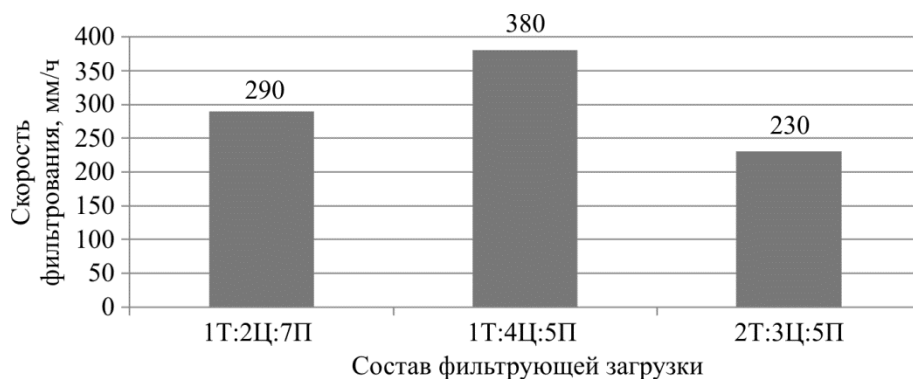


Рис. 4. Пропускная способность многокомпонентной фильтрующей загрузки различного состава

Таблица 2

Гранулометрический состав многокомпонентной фильтрующей загрузки с объемным соотношением торф:цеолит:песок, равным 1 : 2 : 7

Размер сита, мм	Остаток на сите, %	Размер сита, мм	Остаток на сите, %
0,02	0,9	0,9	13,7
0,071	1,4	1,25	6,9
0,14	11,7	2	8,8
0,35	29,2	3	10,0
0,63	14,8	7	2,6

Экспериментальные исследования сорбционных и ионообменных характеристик многокомпонентной фильтрующей загрузки проводились на имитате поверхностных сточных вод при одновременном присутствии нефтепродуктов и тяжелых металлов в концентрациях, указанных в табл. 3. Качественный состав имитата ПСВ был принят в соответствии с показателями, характерными для территорий с высокой степенью урбанизации.

Экспериментальные исследования сорбционной и ионообменной емкости многокомпонентной фильтрующей загрузки заданного состава в динамических условиях проводились на фильтровальной колонке диаметром 22 мм, высота слоя загрузки 150 мм, объем загрузки 57 см<sup>3</sup>, масса 85,5 г. Имитат ПСВ подавался со скоростью 0,3 м/ч.

Контроль за содержанием нефтепродуктов в фильтрате и имитате ПСВ осуществляли гравиметрическим методом по ПНД Ф 14.1:2.116–97 путем экстракции четыреххлористым углеродом с последующим удалением полярных углеводов через колонку с Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Таблица 3

## Качественный состав имитата поверхностных сточных вод

Показатель	Реагент для приготовления имитата ПСВ	Концентрация, мг/л	ПДК р.х., мг/л
Нефтепродукты	Смесь бензина-растворителя Нефрас С2-80/120 и индустриального масла И-20А в равных пропорциях (по объему)	30	0,05
Fe	FeCl <sub>3</sub>	1	0,1
Cu	CuCl <sub>2</sub>	0,3	0,001
Pb	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,5	0,1
Al	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	0,4	0,04

Содержание тяжелых металлов определялось фотометрическим способом на приборе Spectroquant NOVA 60.

Выходные кривые сорбции нефтепродуктов (НП) и тяжелых металлов после фильтрования через сорбционную колонку с многокомпонентной фильтрующей загрузкой приведены на рис. 5.

На основании полученных результатов было определено время защитного действия фильтрующей загрузки, а также сорбционная (ионообменная) емкость загрузки в динамических условиях (табл. 4).

Таблица 4

## Результаты экспериментального определения сорбционной и ионообменной емкости фильтрующей загрузки в динамических условиях

Загрязнение	Исходная концентрация, мг/л (мг-экв/л)	Концентрация после очистки, не более, мг/л	Пропущенный объем имитата при начале проскока, л	Время фильтрования до начала проскока, ч	Сорбционная (ионообменная) емкость, мг/г (мг-экв/г)
НП	25	0,5	106	930	40,08
Cu	0,3 (0,009)	0,006	136	1193	0,505 (0,016)
Al	0,4 (0,014)	0,04	148	1298	1,708 (0,061)
Pb	0,5 (0,005)	0,1	160	1404	0,738 (0,007)
Fe	1,0 (0,053)	0,1	182	1597	0,933 (0,049)

Анализ полученных результатов свидетельствует о высокой степени очистки имитата поверхностного стока от всех загрязняющих компонентов. Сорбционная и ионообменная емкость многокомпонентной фильтрующей загрузки заданного состава в динамических условиях составила по НП – 40,08 мг/г, Cu – 0,505 мг/г Al – 1,708 мг/г, Pb – 0,738 мг/г Fe – 0,933 мг/г.

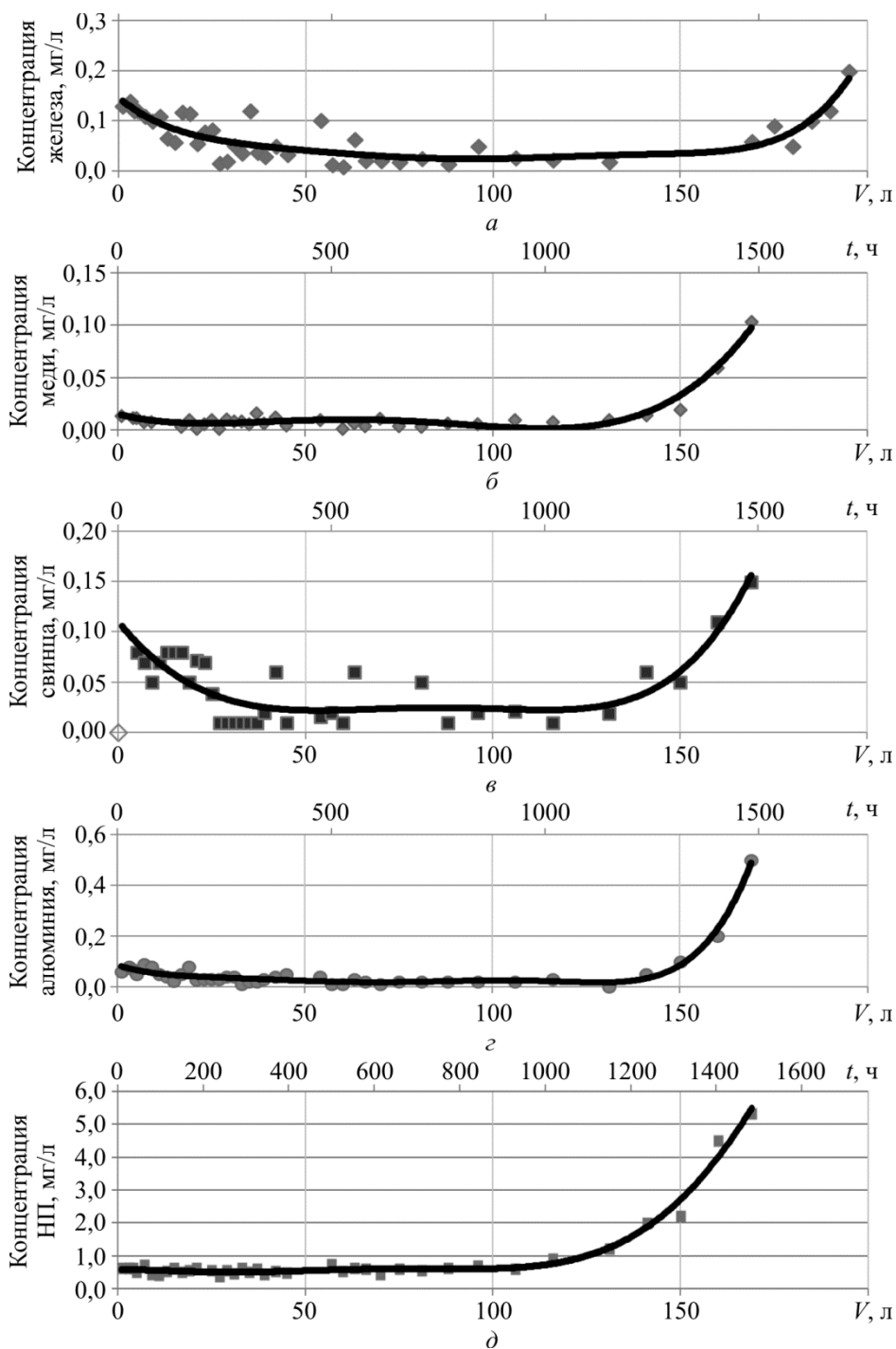


Рис. 5. Концентрация загрязнений в фильтрате сорбционной колонки:  
*a* – железа; *б* – меди; *в* – свинца; *г* – алюминия, *д* – нефтепродуктов



**Выводы.** Предложено техническое решение, позволяющее применить технологию фитофильтрации для очистки поверхностных сточных вод в условиях умеренного климатического пояса. Решение заключается во внесении в состав фильтрующей загрузки цеолита и торфа материалов, обладающих сорбционными и ионообменными свойствами по отношению к нефтепродуктам и тяжелым металлам.

Обоснован оптимальный состав многокомпонентной фильтрующей загрузки для фитофильтра с учетом гранулометрического состава компонентов и заданных гидравлических характеристик, включающий в себя 10 % торфа, 20–40 % цеолита, 50–70 % песка по объему.

Получены сорбционные и ионообменные характеристики многокомпонентной загрузки в динамических условиях. Сорбционная емкость многокомпонентной фильтрующей загрузки заданного по нефтепродуктам составила 40,08 мг/г, по тяжелым металлам: Cu – 0,505 мг/г, Al – 1,708 мг/г, Pb – 0,738 мг/г, Fe – 0,933 мг/г.

#### Библиографический список

1. Шукин И.С., Мелехин А.Г. Анализ существующих биоинженерных сооружений очистки поверхностного стока и возможности их применения в условиях Западного Урала // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2013. – № 2. – С. 122–132.
2. Шукин И.С., Мелехин А.Г. Использование фильтров для очистки поверхностных сточных вод // Вода Magazine: Водопользование. Водоснабжение. Водоотведение. – 2012. – № 11. – С. 6–9.
3. Шукин И.С. Технология очистки и использования поверхностного стока с урбанизированных территорий в условиях холодного климата // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2015. – № 2(56). – С. 34–40.
4. Antoniadis V., Alloway B.J. Availability of Cd, Ni and Zn to ryegrass in sewage sludge-treated soils at different temperatures // Water, Air and Soil Pollution. – 2001. – Vol. 132 (3–4). – P. 201–214.
5. Biofilter treatment of stormwater: temperature influence on the removal of nutrients / G.-T. Blecken, Y. Zinger, T.M. Muthanna, A. Deletic, T.D. Fletcher, M. Viklander // Water Science & Technology. – 2007. – Vol. 56. – P. 83–91.
6. Связывание летучих нефтяных углеводородов природными цеолит-глинистыми сорбентами / А.В. Савин, Г.С. Морозов, М.Л. Бондырев, В.А. Бреус, С.А. Неклюдов, И.П. Бреус // Технологии нефти и газа. – 2011. – № 3. – С. 7–15.
7. Arsenic adsorption from aqueous solution on synthetic zeolites / P. Chutia, S. Kato, T. Kojima, S. Satokawa // J. Hazard. Matter. – 2009. – Vol. 162. – P. 440–447.
8. Корецкий Д.С., Игнатова А.Ю. Изучение влияния цеолита Пегасского месторождения на рост растений // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2010. – № 2. – С. 92–95.
9. Торфяные ресурсы Томской области и пути их использования в строительстве / Л.В. Кашицкая, Ю.С. Саркисов, Н.П. Горленко [и др.]; под ред. А.И. Кудякова, Ю.С. Саркисова. – Томск: СГТУ, 2007. – 292 с.
10. Пат. 2540620 РФ, МПК C02F9/14, C02F3/32/C02F1/28, B01D24/00. Устройство для очистки поверхностных сточных вод / И.С. Шукин, А.Г. Мелехин; заявл. 01.08.13, опубл. 10.02.15; Бюл. № 4.
11. Hydraulic performance of biofilter systems for stormwater management: Influences of design and operation / S. le Coustumer, T. D. Fletcher, A. Deletic, S. Barraud, J.F. Lewis // Journal of Hydrology. – 2009. – Vol. 376, № 1–2. – P. 16–23.
12. Hydraulic performance of biofilters for stormwater management: first lessons from both laboratory and field studies / S. Le Coustumer, T.D. Fletcher, A. Deletic, M. Potter // Water Science and Technology. – 2008. – Vol. 56 (10). – P. 93–100.

13. Brown R.A., Hunt W.F. Underdrain configuration to enhance bioretention exfiltration to reduce pollutant loads // *Journal of Environmental Engineering*. – 2011. – Vol. 137, № 11. – P. 1082–1091.

14. City of Seattle. Standard Specifications for Road, Bridge and Municipal Construction. – Seattle Public Utilities, 2011. – URL: [http://www.seattle.gov/util/cs/groups/public/@spu/@engineering/documents/webcontent/01\\_011339.pdf](http://www.seattle.gov/util/cs/groups/public/@spu/@engineering/documents/webcontent/01_011339.pdf) (accessed 15 January 2017).

15. Hinman C. Bioretention Soil Mix Review and Recommendations for Western Washington. – Washington State University, 2009. – URL: [https://conferences.wsu.edu/conferences/lidworkshops/presentations/bioretention/Bioretention\\_Soil\\_Mixes\\_Curtis\\_Hinman.pdf](https://conferences.wsu.edu/conferences/lidworkshops/presentations/bioretention/Bioretention_Soil_Mixes_Curtis_Hinman.pdf) (accessed 15 January 2017).

16. Stormwater management devices design guideline manual. – Auckland Regional Council. Technical publications, 2003. – URL: <http://www.aucklandcity.govt.nz/council/documents/technical-publications/TP10%20Stormwater%20management%20devices%20design%20guideline%20manual%2003.pdf> (accessed 15 January 2017).

### References

1. Shhukin I.S., Melehin A.G. Analiz sushhestvujushhijh bioinzhenernyh sooruzhenij ochistki poverhnostnogo stoka i vozmozhnosti ih primenenija v uslovijah Zapadnogo Urala [Bioengineering facilities for urban stormwater treatment review and its use feasibility in West Ural climate conditions estimation]. *Vestnik PNIPU. Stroitel'stvo i arhitektura*, 2013, no. 2, pp. 122-132.

2. Shhukin I.S., Melehin A.G. Ispol'zovanie fil'trov dlja ochistki poverhnostnyh stochnyh vod [Using of bioretention filters for stormwater runoff treatment]. *Voda Magazine: Vodopol'zovanie. Vodosnabzhenie. Vodootvedenie*, 2012, no. 11, pp. 6-9.

3. Shhukin, I.S. Tehnologija ochistki i ispol'zovanija poverhnostnogo stoka s urbanizirovannyh territorij v uslovijah holodnogo klimata [Technology of urban stormwater treatment and use in cold climate conditions]. *Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo*, 2015, no. 2 (56), pp. 34-40.

4. Antoniadis V., Alloway B.J. Availability of Cd, Ni and Zn to ryegrass in sewage sludge-treated soils at different temperatures. *Water, Air, and Soil Pollution*, 2001, vol. 132 (3-4), pp. 201-214.

5. Blecken G.-T., Zinger Y., Muthanna T.M., Deletic A., Fletcher T.D., Viklander M. Biofilter treatment of stormwater: temperature influence on the removal of nutrients. *Water Science & Technology*, 2007, vol. 56, pp. 83-91.

6. Savin A.V., Morozov G.S., Bondyrev M.L., Breus V.A., Nekljudov S.A., Breus I.P. Svjazyvanie letuchih nefjtjanyh glevodorodov prirodnyimi ceolit-glinistymi sorbentami [Trapping of volatile petroleum hydrocarbons by natural zeolite-clay sorbents]. *Tehnologii nefiti i gaza*, 2011, no. 3, pp. 7-15.

7. Chutia P., Kato S., Kojima T., Satokawa S. Arsenic adsorption from aqueous solution on synthetic zeolites. *J. Hazard. Matter. Matter*, 2009, vol. 162, pp. 440–447.

8. D.S. Koreckij, A.Ju. Ignatova. Izuchenie vlijanija ceolita Pegasskogo mestorozhdenija na rost rastenij [Research of zeolite from Pegasskor minefield influence on plants growth]. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta*, 2010, no. 2, pp. 92-95.

9. Kasickaja L.V., Sarkisov Ju.S., Gorlenko N.P. [et al.]. Torfjanye resursy Tomskoj oblasti i puti ih ispol'zovanija v stroitel'stve [Peat resources of Tomsk region and potential of its use in building in industry]. Tomsk: STT, 2007. 292 p.

10. Patent 2540620 Rossijskoj Federacii, MPK C02F9/14, C02F3/32/ C02F1/28, B01D24/00. Shhukin I.S., Melehin A.G. Ustrojstvo dlja ochistki poverhnostnyh stochnyh vod [Facility for stormwater runoff treatment]. 2015.

11. Coustumer S. le, Fletcher T.D., Deletic A., Barraud S., Lewis J.F. Hydraulic performance of biofilter systems for stormwater management: Influences of design and operation. *Journal of Hydrology*, 2009, vol. 376, no. 1-2, pp. 16-23.

12. Le Coustumer S., Fletcher T.D., Deletic A., Potter M. Hydraulic performance of biofilters for stormwater management: first lessons from both laboratory and field studies. *Water Science and Technology*, 2008, vol. 56(10), pp. 93-100.

13. Brown R.A., Hunt W.F. Underdrain configuration to enhance bioretention exfiltration to reduce pollutant loads. *Journal of Environmental Engineering*, 2011, vol. 137, no. 11, pp. 1082-1091.

14. City of Seattle. Standard Specifications for Road, Bridge, and Municipal Construction. 2011 Edition Seattle Public Utilities, available at: [http://www.seattle.gov/util/cs/groups/public/@spu/@engineering/documents/webcontent/01\\_011339.pdf](http://www.seattle.gov/util/cs/groups/public/@spu/@engineering/documents/webcontent/01_011339.pdf) (accessed 15 January 2017).

15. Hinman C. Bioretention Soil Mix Review and Recommendations for Western Washington. Washington State University, 2009, available at: [https://conferences.wsu.edu/conferences/lidworkshops/presentations/bioretention/Bioretention\\_Soil\\_Mixes\\_Curtis\\_Hinman.pdf](https://conferences.wsu.edu/conferences/lidworkshops/presentations/bioretention/Bioretention_Soil_Mixes_Curtis_Hinman.pdf) (accessed 15 January 2017).

16. Stormwater management devices design guideline manual / Auckland Regional Council. Technical publications, 2003, available at: <http://www.aucklandcity.govt.nz/council/documents/technicalpublications/TP10%20Stormwater%20management%20devices%20design%20gui-deline%20manual%202003.pdf> (accessed 15 January 2017).

Получено 24.01.2017

**I. Shchukin, O. Ruchkinova**

## **MULTICOMPONENT FILTRATION MEDIA FOR STORMWATER BIORETENTION FILTERS**

Bioengineering facilities, including phytofilters (raingardens, bioretention filters, stormwater biofilters) are most commonly used in world practice of surface wastewater treatment. The disadvantage of the existing phytofilters designs is deterioration of purification of wastewater from dissolved pollutants during periods with low temperatures due to lower activity of plants and soil microorganisms, which limits their use in moderate climate zone. To ensure consistently good wastewater purification and long operation of phytofilters in temperate climate it is proposed to include into the composition of filter media zeolite and peat that have sorptive and ion-exchange properties against petroleum products and heavy metals. The optimal composition of multicomponent filter media for phytofilters is substantiated taking into account components particle size distribution and given hydraulic characteristics, including 10% of peat, 20-40% of zeolite, 50-70% of sand by volume. The results of the study of sorptive and ion-exchange properties of multicomponent filter media against petroleum products and heavy metals under dynamic conditions are presented. Petroleum products sorptive capacity of multicomponent filter media with given composition in dynamic conditions is 40.08 mg/g; heavy metals sorptive capacity is as follows: Cu – 0.505 mg/g, Al – 1.708 mg/g, Pb – 0.738 mg/g, Fe – 0.933 mg/g.

**Keywords:** phytofilter, surface wastewater, zeolite, peat, sorptive capacity, petroleum products removal, removal of heavy metals.

**Щукин Игорь Сергеевич** (Пермь, Россия) – старший преподаватель кафедры «Теплогазоснабжение, вентиляция и водоснабжение, водоотведение», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: [shchukin-is@yandex.ru](mailto:shchukin-is@yandex.ru)).

**Ручкинова Ольга Ивановна** (Пермь, Россия) – д-р техн. наук, профессор кафедры «Теплогазоснабжение, вентиляция и водоснабжение, водоотведение», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: [xgogax@mail.ru](mailto:xgogax@mail.ru)).

**Shchukin Igor** (Perm, Russian Federation) – Senior Lecturer of Department of Heating, ventilation and water supply and sewerage, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: [shchukin-is@yandex.ru](mailto:shchukin-is@yandex.ru)).

**Ruchkinova Olga** (Perm, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor of Department of Heating, ventilation and water supply and sewerage, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: [xgogax@mail.ru](mailto:xgogax@mail.ru)).