

Статья

УДК 628.1

DOI: 10.15393/j2.art.2016.3642

Ресурсосберегающие технологии при решении экологических задач при реконструкции федеральной трассы «Кола»

Елена О. Графова^{1*}, Жанна Н. Петухова²

¹ Петрозаводский Государственный Университет, г. Петрозаводск, пр. Ленина 33;

e-mail: jethel@rambler.ru

² ФКУ Упрдор «Кола», г. Петрозаводск, Российская Федерация,

e-mail: gnpetuhova@mail.ru

* Автор, с которым следует вести переписку; jethel@rambler.ru;

Tel.: +7(8142) 711058.

Получена: 27 Октября 2016 / Принята: 30 Ноября 2016 / Опубликована: 7 Декабря 2016

Аннотация: Анализ применения сооружений очистки поверхностных вод продемонстрировал эффективность размещения очистных сооружений в колодцах. На территориях с высоким уровнем грунтовых вод и скальных грунтов устанавливаются наземные сооружения. Оптимальным для сбора большего количества нефтепродуктов является применение торфоплит. Замена емкостных проточных сооружений на сорбционные фильтры снижает капитальные и эксплуатационные затраты на 40-50%.

Ключевые слова: поверхностный сток, сорбция, верховой моховый торф, фильтр малой высоты, фильтрующий модуль.

Article

DOI: 10.15393/j2.art.2016.3642

Resource-saving technologies for solving environmental problem due to the reconstruction of the "Kola" federal highway

Elena O. Grafova ^{1*}, Zhanna N. Petuhova²

1 Petrozavodsk State University, 185910, the Republic of Karelia, Petrozavodsk, pr. Lenina, 33;
jethel@rambler.ru (E.O.G.)

2 Federal state institution "Management of highway St.Petersburg - Murmansk Federal Road Agency", the Republic of Karelia, Petrozavodsk, e-mail: gnpetuhova@mail.ru (Z. N. P.)

* Author to whom correspondence should be addressed; jethel@rambler.ru (E.O.G.);
Tel.: +7(8142) 711058.

Received: 27 October 2016 / Accepted: 30 November 2016 / Published: 7 December 2016

Abstract: There are necessity of rainwater clean from the road surface. The analysis of surface water treatment facilities used on highways. The most common facilities are placed in the wells. In areas with a high water table and rocky soils are installed above-ground structures. The best for collect of oil products is the using of peat stoves.

Keywords: rain sewage, sorption, slabs of peat, low-level filter, filter module.

Транспортная стратегия России предусматривает увеличение протяженности дорог до 2030 года с 950 до 1500 тыс. км за счет нового строительства. Реализуется ряд проектов по ремонту и реконструкции существующих трасс. В условиях вступления в действие ряда природоохранных законов возникла необходимость разработки экологических мероприятий по минимизации негативного воздействия на окружающую среду. Негативное воздействие при строительстве автодорог оказывается на почвы, поверхностные и подземные вода, растительный и животный мир, возникают воздушные загрязнения при взрывных работах и работе строительной техники.

Основным документом, регулирующим обращение с водными объектами, является Водный кодекс РФ от 16.11.1995г. N 167-ФЗ, вступивший в действие с 1 января 2007 года, согласно которому собственники водных объектов, а также физические или юридические лица, использующие их или прилегающие к ним территории, осуществляют мероприятия по охране водных объектов, предотвращению их загрязнения, засорения и истощения вод, а также меры по ликвидации последствий указанных явлений. При этом запрещается:

- осуществление сброса в водные объекты сточных вод, не подвергшихся санитарной очистке, обезвреживанию, а также сточных вод, не соответствующих требованиям технических регламентов;

- проведение строительных, дноуглубительных, взрывных, буровых и других работ, связанных с изменением дна и берегов водных объектов, в их водоохранных зонах, в границах особо ценных водно-болотных угодий осуществляется в соответствии с требованиями законодательства в области охраны окружающей среды и законодательства о градостроительной деятельности.

Весомым вкладом в загрязнение окружающей среды являются поверхностные атмосферные стоки. Они оказывают воздействие на водно-воздушный режим земляного полотна и дорожных одежд. Наибольший вред устойчивости дорожной конструкции причиняет свободная вода, находящаяся в конструктивных слоях дорожной одежды. Давление от колес транспортных средств вызывает перемещение этой воды в слоях дорожной одежды и их разрушение. Также интенсивные дождевые осадки и сток талых вод способствуют размыву откосов насыпи и возникновению эрозионных и оползневых процессов. В связи с этим особое внимание при устройстве дорожного полотна оказывает устройство водоотводных каналов и выпусков. С полотна дороги поверхностный сток отводится за пределы автодороги и сбрасывается на рельеф или в водные объекты [1].

В связи с интенсивностью движения по автодорогам, поверхностный и талый сток является источником загрязнения поверхностных, подземных вод и прилегающих территорий. Дождевой сток смывает растворимые и нерастворимые примеси, а также частицы пыли и газа, находящиеся в приземных слоях атмосферы.

Основным источником загрязнения стока взвешенными веществами с дорог, мостовых переходов и подходов к ним являются продукты разрушения дорожного покрытия и истирания шин, частицы грунта с колес автотранспорта, накапливающиеся за межбурочный период, пыль, продукты эрозии откосов дорожного полотна и придорожных кюветов.

Источником загрязнения стока нефтепродуктами являются разливы топлива при заправке и дозаправке, утечки антифриза – токсичной жидкости на 95% состоящей из этиленгликоля, насыщенной свинцом, медью, цинком кадмием, хромом, масляные фильтры, отработанные моторные масла и прочие углеводороды, попадающие из транспортных средств на поверхность дорожного полотна [2].

Загрязнение нефтью оказывает отрицательное воздействие на химические, физические и биологические свойства почв. Под влиянием нефти и ее компонентов изменяется численность микроорганизмов, ухудшаются агрофизические, агрохимические свойства почвы, снижаются

активность окислительно-восстановительных и гидролитических ферментов, обеспеченность почвы подвижными формами азота и фосфора.

Для предотвращения попадания взвешенных веществ и нефтепродуктов в окружающую среду с 2007 года в проектах строительства и реконструкции автодорог предусматривается сбор и очистка поверхностных стоков.

В период с 2008 по 2016 год по федеральной трассе «Кола» от Санкт-Петербурга через Петрозаводск, Мурманск, Печенгу до границы с Норвегией (МПП «Борисоглебск») реконструировано и отремонтировано 179 км дороги участками от 10 до 30 км (рис.1).

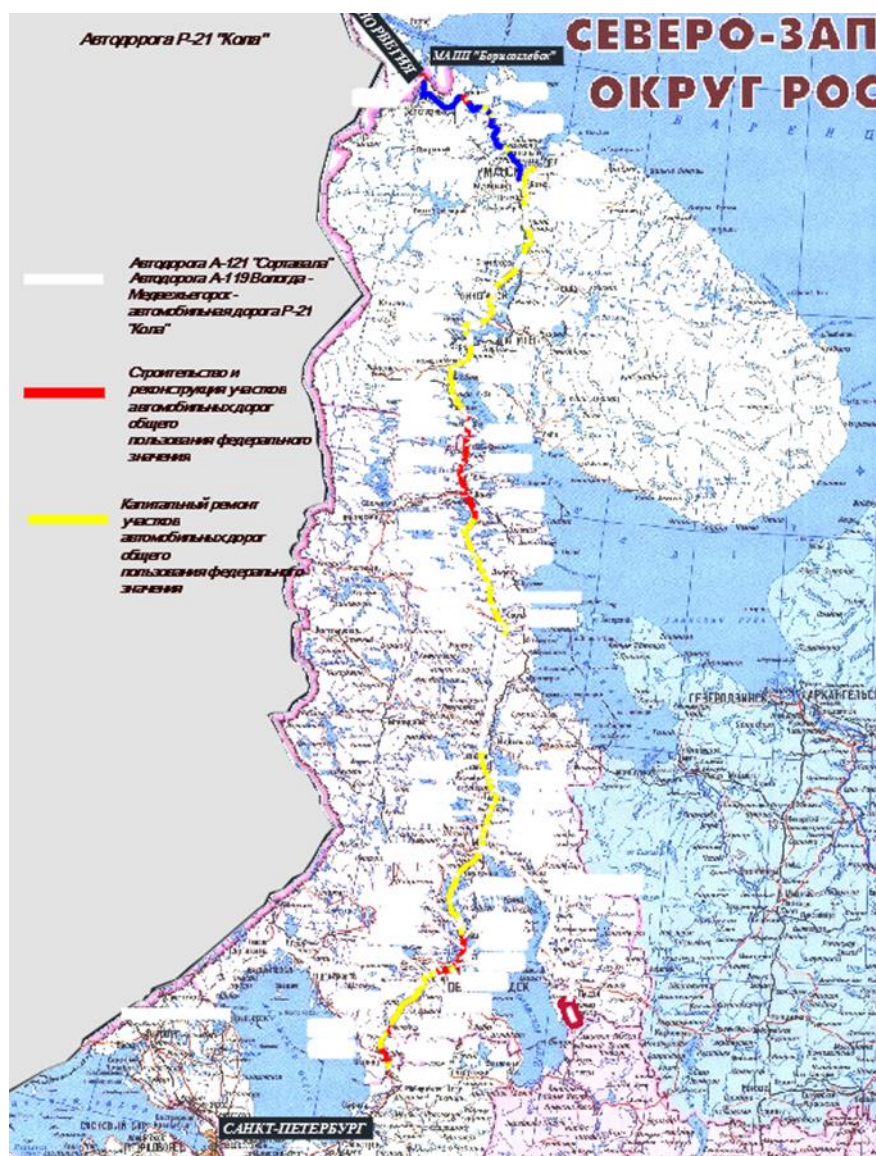


Рисунок 1. Карта-схема участков автодороги «Кола».

На различных участках дорог установлено 887 локальных очистных сооружений (рис.2). Характеристика и производительность сооружений представлены в таблице 1.

Таблица 1 Перечень локальных очистных сооружений, построенных на автодороге «Кола»

№ п/п	Тип очистных сооружений		Количество очистных сооружений, шт.	Технические характеристики очистного сооружения	Расход стоков, л/с
1	2		3	4	5
1	Однокорпусное подземное	ЛОС,	23	Железобетонный колодец	1,5
2	Однокорпусное подземное	ЛОС,	221	Модуль фильтрующий пластик Н=1200 L=900 b=200	1,3-1,9
3	ЛОС модульного типа: "FloTenk"		7	Емкость стеклопластик d- 1,0 h-1,8	14,4
4	Однокорпусное подземное	ЛОС,	22	Железобетонный колодец - 1 шт.	1,3-3,5
5	Однокорпусное подземное	ЛОС,	30	Железобетонный колодец - 1 шт.	1,2
6	Двухкорпусное подземное	ЛОС,	112	Железобетонный колодец d=1м - 2шт.	1,9
7	Однокорпусное подземное	ЛОС,	13	Железобетонный колодец d=1м.	2,4
8	Однокорпусное подземное	ЛОС,	8	Железобетонный колодец, d=1,5м.	1,8
9	Трехкорпусное подземное	ЛОС,	4	Емкость стеклопластик	15
10	Фильтрующий НПП «Полихим»	патрон:	11	НПП «Полихим», железобетонные колодцы	4-8 м ³ /ч
11	Однокорпусное подземное	ЛОС,	2	Железобетонный колодец	2,5
12	Однокорпусное подземное	ЛОС,	102	Железобетонный колодец	3
13	Комплексная очистки, подземное	система	29	"FloTenk", стеклопластиковая емкость	1,9
14	Однокорпусное наземное	ЛОС	233	Металлический корпус ДС-ЧВ-0,6	0,6

15	Однокорпусное наземное	ЛОС	50	Металлический корпус ДС-ЧВ-2,4	2,4
16	Трехкорпусное подземное	ЛОС,	6	Емкость стеклопластик	20
17	ЛОС «ОЗОН ОСП-3»		2	«ОЗОН ОСП-3» металлический корпус	3
18	Однокорпусное подземное	ЛОС,	12	«ОЗОН ОСП-10» металлический корпус	10

Из общего количества установленных локальных сооружений 63% (рис. 2) составляют фильтры, размещенные в железобетонных колодцах, которые устанавливаются в период отсыпки откосов.

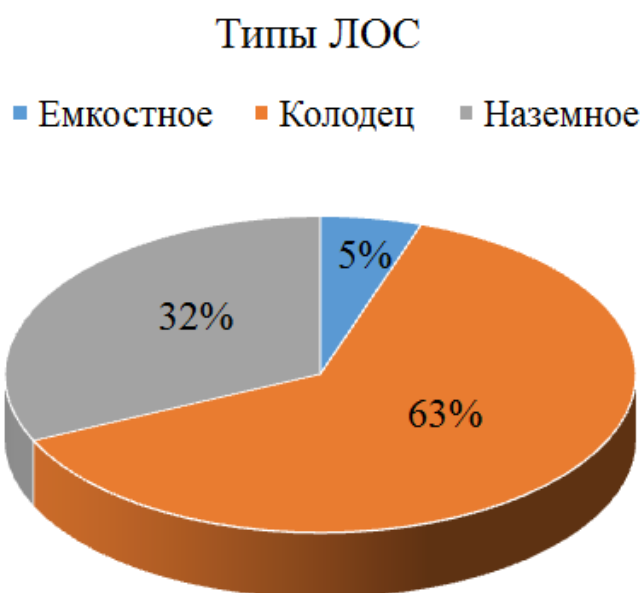


Рисунок 2. Схема потока при однофазном «сухом» течении

Емкостные проточные сооружения из пластика типа «ЛАБКО», «ОЗОН» «FloTenk» и др. производительностью 10 – 20 л/с предусматривались проектами как единственно возможное сооружения очистки поверхностных вод. Однако в процессе эксплуатации выявился ряд недостатков:

1. При пересчете емкостных сооружений в соответствии с действующими в Российской Федерации нормами проектирования, габариты сооружений в 50 - 100 раз превышают габариты очистных систем с аккумулярованием стока, а суммарный годовой коэффициент полезной загрузки технологического оборудования составляет не более 10 – 15%;

2. Продолжительность пребывания загрязненных вод в секциях отстаивания таких установок (даже при отсутствии осадка в донной части) составляет от 1,5 до 20 мин. За это время в осадок выделяется только грубодисперсная часть взвеси. Учитывая, что в дождевом

стоке содержатся в основном мелкодисперсные взвешенные вещества, прогнозируемая реальная эффективность задержания взвешенных веществ в секциях отстаивания таких установок составит не более 15-20%;

3. Применение коалесцентного блока на очистных сооружениях ливневого стока противоречит принципам этого метода из-за большого процентного содержания тонкодиспергированной взвеси. Оставшиеся в воде растворенные нефтепродукты не могут быть извлечены коалесценцией, так как она эффективна при удалении нефтепродуктов до остаточных концентраций от нескольких единиц до нескольких десятков мг/л [3];

4. На территории размещения локальных очистных сооружений (ЛОС) отсутствует электроснабжение, в связи с этим исключены электрообогрев сооружений, насосная перекачка очищенного стока, откачка осадка, подъем отработанных сорбционных блоков, возможно только самотечное движение стоков;

5. Перепад отметок между полотном дороги и прилегающей местностью или уровнем воды в водоприемнике дождевого стока колеблется от 0,5 до 1,5 м, тогда как выпуск очищенных стоков при подземном размещении (из условия не промерзания) ЛОС проходит ниже поверхности земли или воды в водоеме на 2,0 – 3,0 м;

6. При диаметре емкостных элементов ЛОС ($D = 1,5 - 2,0$ м) необходимо устройство котлована глубиной до 4,5 м, размером по поверхности в плане 15,0 x 6,0 м, что в условиях заболоченных, водонасыщенных или скальных придорожных территорий, наиболее типичных на Северо-Западе не целесообразно. Также в водонасыщенных грунтах необходимо предусматривать дополнительные мероприятия, препятствующие всплыванию герметичных емкостей, что несет дополнительные затраты;

7. Производительность сооружений подбирается по величине расходов сточных вод, отводимых в придорожный лоток. Для определения расхода выбираются наивысшие точки по профилю дороги и определяется участок, имеющий уклон в сторону водного объекта. В зависимости от градуса уклона и профиля дороги, по ходу движения стоков вниз по уклону определяется место переполнения придорожного водоотводного лотка и место выпуска стоков с дороги. В местах размещения водослива устанавливаются очистные сооружения. Чаще всего расход составляет 0,3 – 3,0 л/с. Таким образом, сбор больших расходов стоков для очистки в сооружениях большей производительности не всегда возможен по причине быстрого переполнения органичного профиля водосборной приобочинной канавы.

На смену емкостным сооружениям со временем пришли фильтры, размещаемые в железобетонных колодцах со следующими особенностями:

- сооружения, размещенные в колодцах, не выступают за пределы профиля дороги и размещаются в откосах;

- сбор стоков осуществляется через люк-дождеприемник;

- минимальная строительная высота сооружений 1,5 м;

- все операции по замене фильтрующих элементов, выемке песка также осуществляются через люк;

- стоки поступают с края обочины;

- применение в качестве загрузки активированного угля исключает возможность его систематической промывки (регенерации), что является обязательным условием работы данного сорбента. Таким образом, может осуществиться только один фильтроцикл – весьма короткий. Необходима замена угольной загрузки на новую (5-6 раз в течение одного сезона), что повышает стоимость эксплуатации сооружений в несколько раз.

Один из примеров пионеров в сооружениях очистки поверхностного стока непосредственно в дождеприемном колодце является фильтрующий модуль ФМС, разработанный «Эковод» и кафедрой водоснабжения СПбГАСУ [4] (рис.3).

Фильтрующие модули имеют оптимальный диапазон типоразмеров (таблица 2).

Таблица 2 Характеристика типоразмеров фильтрующих модулей

Марка изделия	Диаметр ж/б колодца, м	Фильтр модуля ф.м ²	У _ф , м/ч	Гидравлическая нагрузка	
				м ³ /ч	л/с
ФМС-1,0	1,0	0,9	5-7,5	4,5-6,8	1,3-1,9
ФМС-1,5	1,5	1,2	5-7,5	6,0-9,0	1,7-2,5
ФМС-1,5*	1,5	1,6	5-7,5	8,0-12,0	2,2-3,3
ФМС-2,0	2,0	1,7	5-7,5	8,5-12,8	2,4-3,5
ФМС-2,0*	2,0	2,4	5-7,5	12,0-18,0	3,3-5,0
ФМС-2,0**	2,0	3,2	7,5-10	24,0-32,0	6,7-8,9

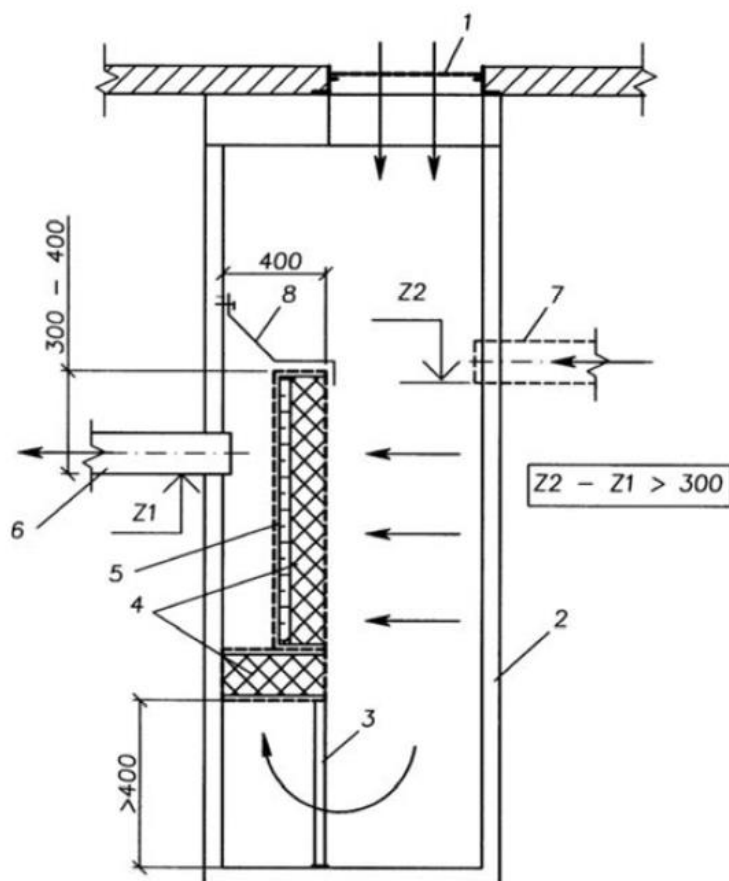


Рисунок 3. Дождеприемник с фильтрующим модулем:

- 1 — люк с решеткой; 2 — железобетонный колодец; 3 — опорная стойка; 4 — сорбционная загрузка;
 5 — волокнисто-пористая фильтрующая подложка; 6 — отводящий трубопровод; 7 — подводящий трубопровод; 8 — защитный козырек [4].

В ФМС дождевого стока могут применяться следующие типы сорбционных загрузок: элементы фильтрующие торфяные ЭФТ; сорбент НОВОСОРБ; для доочистки стоков используются сорбенты на основе угля.

Сооружения, применяемые для очистки поверхностных стоков ДС-ЧВ, разработанные на кафедре водоснабжения и водоотведения Петрозаводского госуниверситета имеют ряд особенностей:

1. Локальные сооружения очистки устанавливаются на откосе. Устраиваются наземные или мелкозаглубленный самотечные лотки.

2. Отведение дождевых и талых стоков на очистные сооружения наземного размещения совершается без нарушения профиля земляного полотна.

3. Очистка дождевых и талых стоков происходит на сорбционном многослойном фильтре.

4. Сорбционная емкость многослойного фильтра обеспечивают продолжительность фильтроциклов на период 1-2 года.

5. В рабочем режиме очистка стоков осуществляется в заполненном состоянии, а в период отсутствия дождей сорбционный фильтр находится в «сухом» состоянии.

10. Применяются два типоразмера очистных сооружений ЛОС «ДС-ЧВ-0.6» производительностью 0.6 л/с и ЛОС «ДС-ЧВ-2.4» производительностью 2.4 л/с.

11. Замена сорбционной загрузки фильтра производится с поверхности земли.

Схема конструкции придорожного многослойного фильтра представлен на рисунке 4:

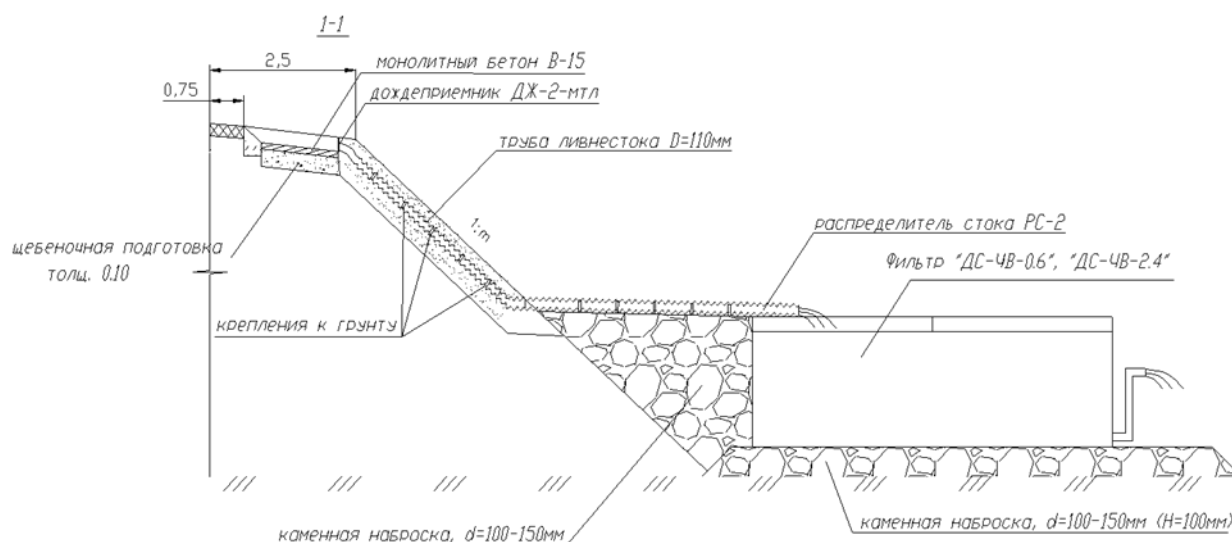


Рисунок 4. Локальные очистные сооружения с сорбционными слоями малой высоты [5].

Одной из отличительных особенностей фильтров, представленных на рис. 3 и рис. 4, является применение в качестве сорбционной загрузки торфяных элементов. ЭФТ - специально подготовленные элементы фильтрующие торфяные (ЭФТ) из натурального природного адсорбента – верхового мохового торфа. Переработка сырья в фильтрующий материал основана на улучшении природных сорбционных свойств торфа и исключает применение иных компонентов. Они предназначены для борьбы с разливами нефтепродуктов и очистки газовых выбросов [5].

Утилизация проводится через сжигание в котельных, работающих на твердом топливе. Материал формуется в удобные брикеты для использования в фильтрах. Технические характеристики «ЭФТ» приведены в табл. 3.

Таблица 3 Характеристика фильтрующего материала

Показатели	«ЭФТ»
Скорость фильтрации, м/ч	до 20
Объемный вес, г/дм ³	80
Потери напора за ф/цикл, см	0.002м на 1см ф/слоя
Грязеемкость по нефтепр., кг/кг	4.0

Эксперименты [6] показали, что процесс сорбции на торфе проходит весьма успешно. В условиях очушения загрузки сорбционная емкость увеличивается в несколько раз и сорбент используется полностью.

Таким образом, очевидно, что в условиях больших перепадов между отметкой дороги и основанием откоса, наиболее оптимальными для безопасного дорожного движения сооружениями для очистки поверхностного стока с поверхности автодорог являются фильтры, установленные в колодцах.

В случаях малых перепадов между отметкой дороги и основанием откоса целесообразнее устанавливать сооружения поверхностного размещения, период отсутствия дождей сорбционный фильтр самоопорожняется увеличивая тем самым свою сорбционную емкость.

Экономическая эффективность применения торфяных фильтрующих материалов определяется рядом факторов:

- торфяной фильтрующий материал применяется без предварительной обработки, заменяет искусственные материалы;
- утилизация отработанного материала производится путем сжигания в котельных, работающих на твердом топливе;
- материал является возобновимым и является недорогим по сравнению с синтетическими аналогами.

Замена проточных емкостных сооружений на сорбционные фильтры позволяет не только снизить капитальные затраты в 2-3 раза на приобретение и установку подземных сооружений, но и снизить эксплуатационные затраты на 40-50%.

Работа выполнена в рамках реализации комплекса научных мероприятий Программы стратегического развития ПетрГУ на 2012-2016 гг.

Литература

1. Графова Е.О., Инженерные решения экологической безопасности при реконструкции автодорог Северо-Запада в границах водоохранных зон / Е. О. Графова, Р.И. Аюкаев // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Сер.: Естественные и технические науки., №6-2010. С. 49-54.
2. Киреева Н. А., Влияние загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами на численность и видовой состав микромицетов /Киреева Н.А., Галимзянова Н.Ф. Почвоведение. 1995. М.: №Издательство «Наука» № 2. – 211 с.
3. Ивкин П. И., Эффективность очистных сооружений ливневого стока проточного типа / П. И. Ивкин, Ю. А. Меншутин, Е. В. Соколова, Е. В., Фомичева, Ю. В. Кедров // Водоснабжение и санитарная техника. – 2012. - № 1. - С. 52-58.

4. Ким А. Н., Актуальные проблемы поверхностного стока с территории городов и практические пути их решения / А.Н. Ким, М.Б. Захаревич, Ю.В. Романова // Вестник Гражданских инженеров. – 2014. № 1 (52). – С. 87-94.
5. Михайлов А. В., Водоотведение и очистка поверхностного стока на торфяных фильтрах / А. В. Михайлов, А. Н. Ким, О. А. Продоус, Е. О. Графова, О. Н. Рублевская. Санкт-Петербург, 2014.
6. Веницианов Е. В., Многослойные сорбционные фильтры на защите водоохранных зон автотрасс от загрязнения / Е. В. Веницианов, Е. О. Графова, Р. И. Аюкаев, Т. А. Чуднова // Вода: химия и экология. 2012. № 12 (54). С. 32-41.

References

1. Gafova E.O., Ayukaev R.I. Engineering solutions of environmental safety in the reconstruction of the North-West of roads and boundaries of water protection zones [Inzhenernyye resheniya ekologicheskoy bezopasnosti pri rekonstruktsii avtodorog Severo-Zapada v granitsah vodoohrannykh zon] Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Yestestvennyye I tehnicheckie nauki. Petrozavodsk / 2010. P. 49.
2. Kireeva N. A., Galimzianova N.F. Effect of soil contamination with oil and oil products on the numbers and species composition mikromitsets [Vliyanie zagryazneniya pochvy neftyu b nefteproduktami na chislennost' i vidovoi sostav mikromitsetov] Pochvovedenie. Moscow / 1995. P. 221.
3. Ivakin P. I. The effectiveness of treatment facilities of storm water flow type [Effektivnost' ochistnykh sooruzheniy livneвого stoka protochnogo tipa] Vodospabzhenie i sanitarnaya tehika. Moscow / 2012. P. 52.
4. Kim A.N., Zaharevich M.B., Romanova U.V. Actual problems of surface runoff from urban and practical ways of solving [Aktualnyye problem povarhnostnogo stoka s territorii gorodov i prakticheskie puti ih resheniya] Vestnik grazhdanskih inzhenerov. Spb / 2014. P 87.
5. Mihailov A.V., Kim A.N., Prodous O.A., Grafova E.O., Rublevskaya O.N. Collection and treatment of surface runoff on peat filters [Vodootvedeniye I ochistka poverhnostnogo stoka na torfyanykh filtrah] Spb / 2014 P. 134.
6. Venitsianov E.V., Grafova E.O., Ayukaev R.I., Chudnova T.A. Multilayer sorption filters to protect the water protection zones of highways from pollution [Mnogoslounnye sorbtsionnye fil'try na zaschite vodoohrannykh zon avtotrass ot zagryazneniya] Voda: himiya i ekologiya. Moscow / 2012. P.32.