

УДК 628.3

РЕНАТ ИСХАКОВИЧ АЮКАЕВ

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой водоснабжения, водоотведения и гидравлики строительного факультета, Петрозаводский государственный университет
 ayukaev@psu.karelia.ru

ЕЛЕНА ОЛЕГОВНА ГРАФОВА

кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры водоснабжения, водоотведения и гидравлики строительного факультета, Петрозаводский государственный университет
 chistayavoda@rambler.ru

ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ АВТОДОРОГ СЕВЕРО-ЗАПАДА В ГРАНИЦАХ ВОДООХРАННЫХ ЗОН

При пересечении автодорогами водоохранных зон требуется очистка от нефтепродуктов и взвешенных веществ дождевых и талых вод с канализуемых участков. Загородные участки автодорог имеют ряд особенностей, исключающих применение типовых конструкций очистных сооружений. Предложена новая технология и конструктивное оформление локальных очистных сооружений.

Ключевые слова: загородные водоохранные зоны, сорбционная очистка от нефтепродуктов

В поисках выхода из периодически возникающих осложнений с бывшими республиками СССР по продвижению отечественных товаров на рынки Западной Европы Россия предпринимает в последние годы кардинальные меры: строительство обходных нефте- и газопроводов, автомобильных дорог северного и южного направлений. Одна из таких строек – автодорога М-18 «Кола» от Санкт-Петербурга через Петрозаводск, Мурманск, Печенгу до границы с Норвегией.

С 1 января 2007 года введен в действие Водный кодекс РФ от 16.11.1995 № 167-ФЗ, 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 эксплуатации водохозяйственной системы запрещается:

- сброс 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 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.

Проект капитального ремонта автомобильной дороги М-18 «Кола» на участках, находящихся в водоохранной зоне, предусматривает обустройство локальными очистными сооружениями мест сброса дождевых и талых вод.

Для определения расхода сточных вод, попадающих в водоохраный водоем, по профилю определяются самые возвышенные участки, с которых возможен спуск дождевой воды до водоема. Далее определяется общий объем дождевых стоков со всего участка. Для удобства общий расход разбивается на несколько небольших, от 0,3 до 3,0 л/с. Соответственно им трасса разбивается на участки. На границах участков устанавливаются выпуски с дорожного полотна, которые обустроиваются локальными очистными сооружениями с соответствующей производительностью. В табл. 1 представлены расчетные параметры стока с дорожного полотна на одном из таких участков автодороги в районе г. Кандалакша Мурманской области.

Таблица 1

Расчетные параметры дождевого и талого стока с дорожного полотна справа по ходу пикетажа

Положение водосброса	Площадь водосбора, га	Годовое количество дождевых вод, м ³	Годовое количество талых вод, м ³	Расход дождевых вод, л/с	Расход талых вод, л/с
слева по пикетажу	0,04	89,7	16,67	0,15	0,26

Таблица 2

Ожидаемый уровень загрязнения
дождевого и талого стока и требуемые
параметры очищенного стока

Загрязняющее вещество	Исход- ный дож- девой сток, мг/л	Исход- ный тал- ый сток, мг/л	Очищен- ный дожде- вой сток, мг/л	Очищен- ный талый сток, мг/л
Взвешенные вещества	780,0	1620,0	3,0	3,0
Нефтепро- дукты	14,4	15,6	0,05	0,05

В табл. 2 представлен ожидаемый уровень загрязнения дождевого и талого стока и требуемые параметры очищенного стока.

На российском рынке природоохранного оборудования для очистки дождевых и талых вод с территорий, связанных с пребыванием автотранспорта (АЗС, нефтебазы, автохозяйства, автодороги, проходящие через водоохранные зоны, автостоянки), предлагаются установки заводской готовности различных отечественных и зарубежных фирм. Общим почти для всех конструкций таких установок является их подземное расположение.

подавляющее большинство канализуемых участков по трассе автодороги М-18 «Кола» имеют ряд особенностей, которые исключают применение локальных очистных сооружений (ЛОС) подземного расположения:

- на территории размещения ЛОС отсутствует электроснабжение, в связи с чем исключены электрообогрев сооружений и насосная перекачка очищенного стока, возможно только самотечное движение стоков;
- в местах пересечения с автодорогой водоохранных зон (реки, озера, болота) перепад отметок между полотном дороги и прилегающей местностью или уровнем воды в водоприемнике дождевого стока обычно колеблется от 0,5 до 1,5 м, тогда как выпуск очищенных стоков при подземном (из условия непромерзания) размещении ЛОС проходит ниже уровня воды в водоеме на 3,0–3,5 м;
- с учетом диаметра емкостных элементов ЛОС ($D = 1,5\text{--}2,0$ м) наиболее часто предлагаемых на рынке сооружений потребуются

отрывка котлована глубиной до 4,5 м, размером по поверхности в плане 15,0 х 6,0 м, что в прибрежной водонасыщенной зоне практически невозможно (исходя из соображений затраты – результат);

- в водонасыщенных грунтах необходимо предусматривать дополнительные «противоархимедовые» пригрузочные плиты.

На рис. 1 показан профиль «по воде» ЛОС в случае применения емкостной водоочистной установки подземного размещения. На кафедре водоснабжения, водоотведения и гидравлики Петрозаводского государственного университета разработаны и переданы для внедрения в производство новая технология и конструктивное оформление сооружений для очистки дождевых и талых стоков, в наибольшей степени отвечающие особенностям автодороги М-18 «Кола»:

1. ЛОС имеют наземное расположение. Движение стоков самотечное.
2. ЛОС в режиме ожидания дождевых и талых стоков находятся в «сухом» состоянии.
3. ЛОС в рабочем режиме находятся в «водозаполненном» состоянии.
4. Сброс очищенных стоков осуществляется на рельеф с учетом существующих отметок, примыкающих к ремонтируемому участку.
5. Глубокая очистка дождевых и талых стоков осуществляется на многослойном сорбционном фильтре.
6. «Продувочные» воды, обеспечивающие «сухое» состояние ЛОС в режиме ожидания, проходят глубокую сорбционную очистку перед сбросом на рельеф.
7. Сорбционная емкость различных слоев многослойного фильтра обеспечивает продолжительность фильтроциклов, достаточную для условий сервисного обслуживания специализированной организацией.
8. Размещаются наземные ЛОС за пределами 4-метровой придорожной полосы, регламентируемой СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги.
9. Перепуск собранных придорожными лотками дождевых и талых стоков на ЛОС наземного размещения обеспечивается дюкерным переходом без нарушения профиля земляного полотна.

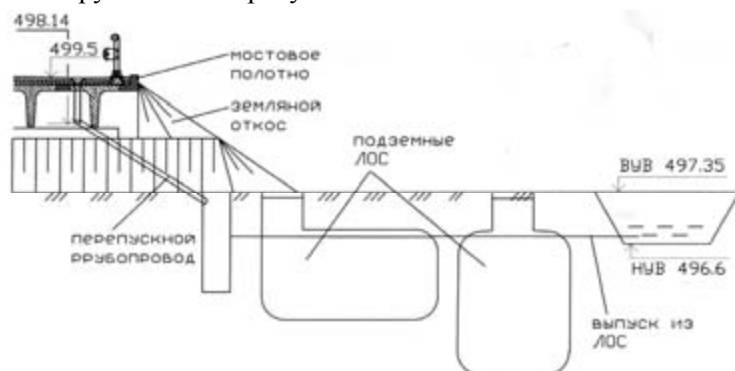


Рис. 1. Профиль «по воде» ЛОС подземного размещения для очистки дождевых вод с мостового полотна

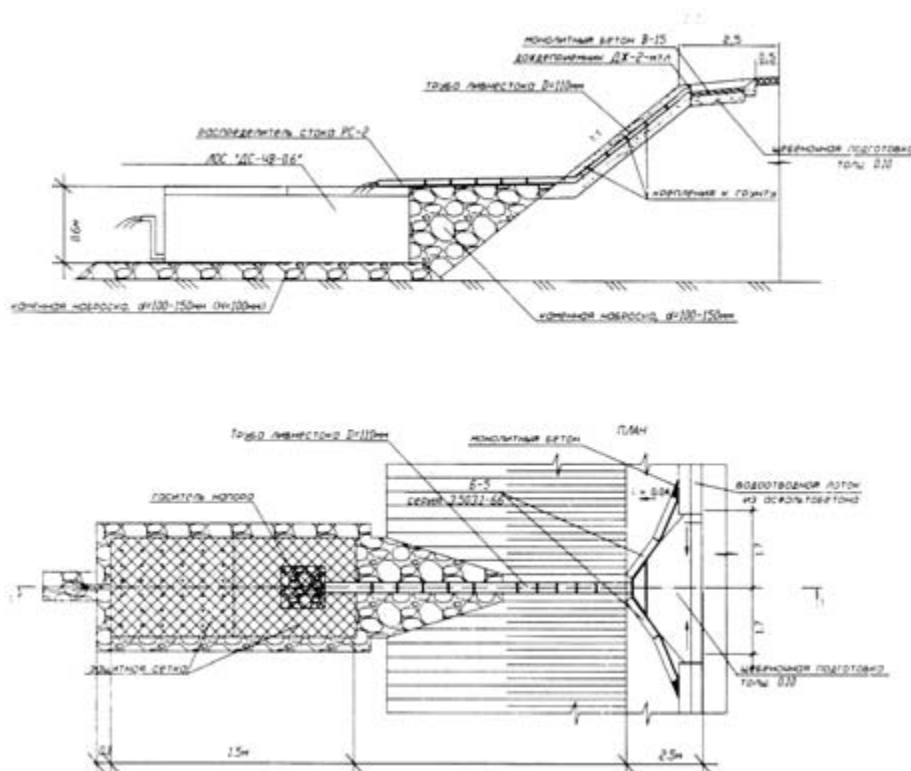


Рис. 2. Профиль «по воде» придорожных ЛОС наземного размещения

На рис. 2 показан профиль «по воде» ЛОС в случае применения водоочистной установки наземного размещения.

По результатам разработки была рассчитана смета на обустройство нескольких участков автодороги М-18 «Кола» 41 комплектом ЛОС новой конструкции. Для проведения экспертизы были разработаны подробные расчеты, основная часть которых приведена в настоящей статье. Для каждого участка определялся объем загрязнений. Годовое количество задержанных загрязнений (взвешенных веществ (вв) или нефтепродуктов (нп)) составит:

$$M_{зв} = W \times (C_{вх} - C_{вых}) / 1000 \text{ (кг)},$$

где W – объем годового стока с расчетного участка, $C_{вх}$ – концентрация загрязняющих веществ на входе в ЛОС, $C_{вых}$ – концентрация загрязняющих веществ на выходе из ЛОС.

Годовой объем задержанных загрязнений составит:

$$V_{зв} = M_{зв} \times \rho \text{ (л)},$$

где ρ – плотность осадка ($1,6 \text{ г/см}^3$ для взвешенных веществ, $0,8 \text{ г/см}^3$ для нефтепродуктов). Годовое количество задержанных минеральных загрязнений (взвешенные вещества):

$$M_{зв} = M_{зв(л)} + M_{зв(т)}; V_{зв} = V_{зв(л)} + V_{зв(т)}.$$

Годовое количество задержанных минеральных загрязнений для выбранного участка составит:

- дождевой сток:

$$M_{вв(л)} = 89,7 \times (780,0 - 3,0) / 1000 = 69,7 \text{ кг};$$

$$V_{вв(л)} = 43,56 \text{ л};$$

- талый сток:

$$M_{вв(т)} = 16,67 \times (1620,0 - 3,0) / 1000 = 26,95 \text{ кг};$$

$$V_{вв(т)} = 16,85 \text{ л};$$

- всего:

$$M_{вв} = 96,65 \text{ кг}, V_{вв} = 60,41 \text{ л}.$$

Годовое количество задержанных нефтепродуктов для выбранного участка (с учетом объемной плотности ρ нефтепродуктов $0,8 \text{ г/см}^3$) составит:

- дождевой сток:

$$M_{нп(л)} = 89,7 \times (14,40 - 0,05) / 1000 = 1,29 \text{ кг};$$

$$V_{нп(л)} = 1,61 \text{ л};$$

- талый сток:

$$M_{нп(т)} = 16,67 \times (15,6 - 0,05) / 1000 = 0,26 \text{ кг};$$

$$V_{нп(т)} = 0,32 \text{ л};$$

- всего:

$$M_{нп} = 1,55 \text{ кг}, V_{нп} = 1,93 \text{ л}.$$

Расчет и конструирование песколовки для ЛОС наземного размещения выполнены в соответствии со СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения, п. 6.26-6.35. Песколовки:

- в соответствии с п. 6.26 песколовки необходимо предусматривать при производительности сооружений свыше $100 \text{ м}^3/\text{сут.}$;
- в соответствии с п. 6.28а продолжительность протекания стоков при максимальном притоке на горизонтальную песколовку должна быть не менее 30 с;
- в соответствии с п. 6.27, табл. 28 содержание отстоянного песка составляет 50 %;
- в соответствии с п. 6.29 удаление песка из песколовки всех типов следует предусматривать вручную при объеме песка до $0,1 \text{ м}^3/\text{сут.}$;
- в соответствии с п. 6.35 для поддержания в горизонтальной песколовке постоянной ско-

рости движения сточных вод на выходе из нее надлежит предусматривать водослив с широким порогом [3].

С учетом изложенных нормативов принята песколовка горизонтального типа, состоящая из двух ступеней.

- Первая ступень (входит в состав водосброса на обочине) – водосборный лоток, соединяющий водоотводной лоток из асфальтобетона с дождеприемником; имеет трапециевидную форму с размерами по нижнему и верхнему основаниям 3400 и 350 мм соответственно, длину 2000 мм и глубину 70 мм. Роль решетки выполняет щебеночный пандус высотой 100 мм, уложенный перед дождеприемником. Песколовка объемом $V = 262$ л обеспечивает примерно двухминутное пребывание в ней дождевого стока, что в 4 раза перекрывает нормативные 30 с. Под накопление песка отводится четверть объема – 25 % (0,25).
- Вторая ступень (входит в конструкцию ЛОС «ДС-ЧВ-0.6») – герметичная часть крышки ЛОС, имеет размеры 0,6 х 0,75 х 0,04 (м), рабочий объем $V = 18$ л; для интенсификации процесса пескоотделения вторая ступень песколовки выложена двумя слоями (съёмными на время регенерации) полимерной сетки с размерами ячеек 18 мм. Под накопление песка также отводится четверть объема – 25 % (0,25).

С учетом опыта эксплуатации локальных очистных сооружений дождевых и талых вод в условиях Карелии (на загородных и городских АЗС) эффективность песколовки горизонтального типа при соответствующей организации гидравлики потоков колеблется между 45 и 60 %. Для дальнейших расчетов эффективность задержания **взвешенных веществ** ($\mathcal{E}_{\text{п(вв)}}$) в песколовке принята равной 50 % (30 % (0,3) на первой ступени и 20 % (0,2) на второй ступени).

Из соотношения годового объема поступающих на ЛОС и задерживаемых на песколовке минеральных загрязнений (в среднем 50 %) рассчитывается количество сервисных посещений ЛОС для удаления и вывоза задержанного песка после песколовки первой ступени:

$$P_1 = Z_{\text{м}} \times 0,3 : 65,5 \text{ раза,}$$

где $Z_{\text{м}}(\text{л})$ – годовой объем минеральных загрязнений с расчетного участка, 65 – объем накопительной зоны песколовки первой ступени (262 л × 0,25).

Количество сервисных посещений ЛОС для удаления и вывоза задержанного песка после песколовки второй ступени:

$$P_2 = Z_{\text{м}} \times 0,2 : 4,5,$$

где 0,25 х a (л) – объем свободного объема песколовки (18 л х 0,25), $Z_{\text{м}}(\text{л})$ – годовой объем минеральных загрязнений с расчетного участка.

Время пребывания дождевого стока расчетного расхода составляет:

$$t = a \times 0,75 : q,$$

где a – объем песколовки, 0,75 (75 %) – доля свободного объема песколовки; q – расход дождевых вод (л/с).

Для заданного участка количество сервисных посещений ЛОС после песколовки первой ступени составляет:

$$P_1 = 60,41 \text{ л} \times 0,3 : 65,5 = 0,3 \text{ раза}$$

(обслуживание каждые 22 месяца).

Количество сервисных посещений ЛОС после песколовки второй ступени:

$$P_2 = 60,41 \text{ л} \times 0,2 : 4,5 = 2,7 \text{ раза}$$

(обслуживание каждые 2,2 месяца),

где 60,41 л – годовой объем минеральных загрязнений с расчетного участка.

Время пребывания дождевого стока расчетного расхода в песколовке второй ступени составляет:

$$t = 18 \text{ л} \times 0,75 : 0,26 = 51 \text{ с,}$$

где 18 л – рабочий объем песколовки, 0,26 – расход дождевых вод (л/с). Это соответствует нормативно рекомендуемым 30 с.

После песколовки стоки поступают на намывной и далее на сорбционный фильтры. Намывной фильтр работает в режиме намыва загрязнений на уложенную по поверхность сорбента пленку из нетканого пористого материала. Накапливающаяся пленка сама становится дополнительным фильтром для поступающих загрязнений, прошедших песколовку. Пленка работает как экран и обеспечивает съём до 50 % взвешенных веществ ($\mathcal{E}_{\text{ф(вв)}}$).

Остаточные концентрации взвешенных веществ после песколовки ($\mathcal{E}_{\text{п(вв)}} = 50 \%$) и пленки из нетканого пористого материала ($\mathcal{E}_{\text{ф(вв)}} = 50 \%$):

$$C_{\text{ос}} = C_{\text{овв}} \times \mathcal{E}_{\text{п(вв)}} \times \mathcal{E}_{\text{ф(вв)}} \text{ (мг/л),}$$

где $C_{\text{овв}}$ – объем минеральных загрязнений, поступающих на ЛОС, $\mathcal{E}_{\text{п(вв)}}$ и $\mathcal{E}_{\text{ф(вв)}}$ – эффективность очистки песколовки и намывного фильтра по взвешенным веществам:

- от дождевого стока:

$$C_{\text{ос}} = (780,0 \times 0,5 \times 0,5) = 195,0 \text{ мг/л,}$$

- от талого стока:

$$C_{\text{ос}} = (1620,0 \times 0,5 \times 0,5) = 405 \text{ мг/л.}$$

Габариты намывного фильтра в плане соответствуют габаритам сорбционного фильтра и составляют $1,5 \times 0,6 = 0,9 \text{ м}^2$.

Толщина слоя из минеральных загрязнений на пленке из нетканого пористого материала при условии ее периодичной замены составит:

$$(Z_{\text{м}}/\text{год} \times 0,5 \times 0,5 \times 1000) : 9000 \text{ см}^2, \text{ см,}$$

где $Z_{\text{м}}$ (л) – объем задержанных за год минеральных примесей, 0,5 – доля загрязнений, задерживаемых на песколовке, 0,5 – доля загрязнений, задерживаемых на пленке из нетканого материала, 9000 см^2 – площадь фильтра размерами 0,6 х 1,5 м.

Толщина слоя из минеральных загрязнений для заданного участка:

$$V_{\text{вв}} = (60,41 \times 0,5 \times 0,5 \times 1000) : 9000 \text{ см}^2 = 1,68 \text{ см,}$$

где 60,41 – объем задержанных за год минеральных примесей.

Далее очистка происходит непосредственно на многослойном сорбционном фильтре. В качестве загрузки многослойного сорбционного фильтра используются:

- полимерный материал пенополиуретан «ППРТ»;
- органический материал торфоплиты «ЭФТ»;
- минеральный сорбент «Новосорб».

Технологические параметры сорбентов представлены в табл. 3.

С учетом ограничений на общую высоту ЛОС из-за малого перепада высот между полотном дороги и местом сброса очищенного стока (0,6 м) по конструктивным соображениям и условиям компоновки сорбционных материалов толщина фильтрующих слоев принимается равной:

- 1-й слой – пенополиуретан «ППРТ» – 80 мм = (60 + 20) мм;
- 2-й слой – торфоплита «ЭФТ» – 200 мм;
- 3-й слой – «Новосорб» (вариант № 2) – 150 мм.

Исходя из требований задержать годовой объем нефтепродуктов (с учетом эффекта задержания на песколовке и намывном фильтре), максимально допустимой высоты придорожных ЛОС в 0,5 м (по топографическим соображениям) и сорбционной емкости материалов, удобства изготовления, транспортировки, монтажа и сервисного обслуживания, принимаются следующие параметры сорбционного фильтра. Размер:

$$0,6 \text{ м} \times 1,5 \text{ м} \times 0,5 \text{ (h) м}; F = 0,9 \text{ м}^2.$$

Скорость фильтрации при расчетном расходе дождевого стока q (л/с) составит:

$$u = (q \times 3600 : 1000) \text{ м}^3/\text{ч} : 0,9 \text{ м}^2 = \dots, (\text{м}/\text{ч}).$$

Скорость фильтрации для заданного участка при расчетном расходе дождевого стока (0,26 л/с (0,94 м³/ч)) составит:

$$u = 0,94 \text{ м}^3/\text{ч} : 0,9 \text{ м}^2 = 1,04 \text{ м}/\text{ч}.$$

Объем каждого из слоев сорбента при умножении площади на высоту загрузки будет равен:

- 1-й слой – пенополиуретан «ППРТ» – 0,9 м² x 0,08 м = 0,07 м³;
- 2-й слой – торфоплита «ЭФТ» – 0,9 м² x 0,20 м = 0,18 м³;
- 3-й слой – «Новосорб» – 0,9 м² x 0,15 м = 0,135 м³.

Сорбционную емкость материалов такого объема (и соответствующего веса) см. в табл. 4.

Исходя из продолжительности «мокрого» сезона (6 месяцев), объема поступающих на сорбционный фильтр за сезон нефтепродуктов X (кг), сорбционной емкости используемых в конструкции фильтра сорбентов (126,85 кг), для устойчивой работы ЛОС потребуется замена или регенерация:

$$T = 126,85 \text{ кг} : X \text{ кг}, \dots \text{ сезон}.$$

В рассматриваемом примере, где исход объема поступающих на сорбционный фильтр за сезон нефтепродуктов – 1,55 кг, сорбционной емкости используемых в конструкции фильтра сорбентов – 126,85 кг, для устойчивой работы ЛОС потребуется замена или регенерация сорбентов:

$$T = 126,85 \text{ кг} : 0,285 \text{ кг} = 81,8 \text{ сезона}.$$

Такая продолжительность межрегенерационного периода (или замены отработавшего сорбента на новый) получается при предположении концентрации нефтепродуктов в исходных стоках на уровне 14,4–15,5 мг/л. Если принять в

расчет концентрации нефтепродуктов, характерные для городских условий (в пределах 80–150 мг/л), то межрегенерационный период снизится до 3–5 сезонов, что необременительно для сервисного обслуживания.

Для опорожнения ЛОС в период ожидания дождей и в морозное время года предусмотрен выпуск стока на рельеф.

Отверстие диаметром 6 мм в поддренажном объеме корпуса ЛОС при напоре от 0,5 до 0,1 м обеспечивает расход порядка 0,06 л/с – 0,2 м³/ч. Расход определяем согласно формуле гидравлического расчета расхода жидкости через отверстие в тонкой стенке:

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH} = 0,62 \cdot 0,00003 \cdot \sqrt{(19,6 \cdot 0,5)} = 0,06 \text{ л/с} \\ \text{или } 0,2 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где μ – коэффициент расхода для расчетов, который принимается равным 0,62, H – высота резервуара, ω – площадь отверстия, которая рассчитывается как:

$$(3,14 \times (0,006)^2 \text{ м}) / 4 = 0,00003 \text{ м}^2.$$

В периоды дождей и обработки талых вод такой слив происходит постоянно параллельно с основным фильтрационным потоком.

Таблица 3

Технологические параметры сорбентов

Показатели	«ППРТ»	«ЭФТ»	«Новосорб»
скорость фильтрации, м/ч	до 25	до 5	до 4,0
объемный вес, г/см ³	0,005	0,25	0,01
потери напора за ф/цикл, см	0,003 м на 1 см ф/слоя	0,002 м на 1 см ф/слоя	0,002 м на 1 см ф/слоя
грязеёмкость по нефтепродуктам, кг/кг	5,0	4,0	5,0
концентрация в очищенной воде: нефтепродукты	до 10	0,3	0,05
взвешенные вещества	до 10	10,0	3,0

Таблица 4

Сорбционная емкость (по нефтепродуктам) материалов многослойного сорбционного фильтра

№	Наименование	Показатели	«ЭФТ»	«Новосорб»	Итого
1	удельная сорбционная емкость, кг/кг	5	4	5	
2	объем сорбента, м ³	0,07	0,18	0,135	0,385
3	объемный вес, кг/м ³	5,0	80	100,0	
4	вес сорбента, кг	0,35	14,5	13,5	28,35
5	сорбционная емкость в объеме фильтра, кг	1,75	57,6	67,5	126,85
6	потери напора, м/цикл	0,03	0,04	0,005	0,075

После прекращения дождя или дневного снеготаяния время опорожнения объема ЛОС:

$$T = (1,5 \times 0,6 \times 0,5) \text{ м}^3 : 0,2 \text{ м}^3/\text{ч} = 2,25 \text{ ч.}$$

Этого времени достаточно, чтобы в период снеготаяния фильтр успел опорожниться до наступления ночных заморозков.

Любые сооружения эффективно работают только при соответствующем обслуживании. В сервисное обслуживание придорожных ЛОС входит: контроль за эффективностью работы ЛОС; сбор и вывоз песка, задержанного песколовками; сбор и вывоз для регенерации пленки из нетканых материалов и пенополиуретановых ковров; сбор и вывоз отработанных сорбентов для сжигания (торфоплиты) или отжига («Новосорб»); комплектация фильтров свежими сорбционными материалами и регенерированными неткаными материалами и полиуретановыми коврами.

В 2009 году по трассе автодороги М-18 «Кола» смонтирован и пущен в эксплуатацию 41 комплект ЛОС наземного размещения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработке новой технологии и конструктивному оформлению ЛОС наземного размещения предшествовало исследование процессов «сухого» и медленного фильтрования методами математического моделирования.

ЛОС наземного размещения разработаны с учетом особенностей загородных участков автомагистралей, отсутствия на них электроснабжения, «неудобной» топографии придорожных территорий в районе пересекаемых водоемов, требований «самоопорожнения» емкостных элементов и коммуникаций ЛОС на зиму и в переходные периоды (заморозки и оттепели). Согласно расчетам для наиболее типичного участка дороги, для работы сооружений в проектном режиме необходимо выполнять технологические обслуживания каждые 2 месяца за сезон (выемка накопившегося песка и взвешенных веществ) и только один раз за 81 сезон по нефтепродуктам. Такой большой межрегенерационный период объясняется небольшой степенью загрязненности нефтепродуктами загородных автотрасс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГТПО-02ИП. Сорбент «Новосорб». СПб., 2003.
2. Карелин Я. А., Яромский В. Н., Яковлев С. В. Справочное пособие. Таблицы для гидравлических расчетов сетей из пластмассовых труб круглого сечения. М.: Стройиздат, 1986. 54 с.
3. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. М., 2001.
4. Справочник проектировщика. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. М.: Стройиздат, 1981. С. 150–152.
5. ТУ №0391-003-2997983-95. Элементы фильтрующие торфяные «ЭФТ».
6. <http://WWW.goldformula.ru/index.phpa=contentissue>.