

УДК 628.31

doi:10.23968/2305–3488.2017.21.3.49–66

Феофанов Ю. А., Мишуков Б. Г.**ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СОСТАВА ПОВЕРХНОСТНЫХ
СТОЧНЫХ ВОД И ВЫБОР СООРУЖЕНИЙ ПО ИХ ОЧИСТКЕ**

UDC 628.31

doi:10.23968/2305–3488.2017.21.3.49–66

FEOPANOV Yu. A., MISHUKOV B. G.**FEATURES OF FORMATION OF SURFACE SEWAGE COMPOSITION AND
SELECTION OF FACILITIES FOR THEIR PURIFICATION****Аннотация**

В статье приводятся данные об особенностях формирования состава поверхностных сточных вод, рассмотрено влияние различных факторов на состав стоков, отводимых дождевой и общесплавной канализацией, даны сравнительные характеристики этих стоков по нормативным материалам и фактическим данным для Санкт-Петербурга и его пригородов. Показано, что основная масса загрязнения взвешенных веществ, нефтепродуктов, ХПК и БПК, поступают в дождевую канализацию с поверхностными стоками, а минеральные соли – с дренажным стоком. Приводится анализ данных о работе современных очистных станций поверхностных сточных вод, а также результаты исследований эффективности работы различных видов загрузки фильтров для очистки воды от нефтепродуктов (вспененный полиуретан, торфяные брикеты, терморасширенный графит, активированный алюмосиликат и активированные угли разных марок). Наилучшие результаты получены для предварительных фильтров – с пенополиуретановой загрузкой, для фильтров второй ступени – с загрузкой из активированного алюмосиликата, для сорбционных фильтров – с загрузкой из активированного

Abstract

This article provides information about the features of formation of surface sewage, the influence of various factors on the composition of the effluent to be allocated a combined sewage and rainwater, given the comparative characteristics of these effluents on regulatory materials and actual data for St. Petersburg and its suburbs. It is shown that the bulk of the pollution of suspended solids, oils, COD and BOD are rain sewers to surface runoff, and mineral salts – with drainage flow. An analysis of data on the work of modern sewage treatment plants surface waste waters as well as the results of studies on the effectiveness of the work of the various types of loading filters for water purification from petroleum products (foamed polyurethane, peat briquettes, graphite, aluminium silicate activated and activated carbons of different brands). The best results are obtained for the preliminary filter with foamed polyurethane boot, for second-stage filter – loading of activated aluminosilicate and sorption filters - activated carbon loading brands MAU. Based on the research, offered technological scheme of surface cleaning wastewater that achieves targeted technological indicators, in accordance with best available technology.



угля марки МАУ. На основании проведенных исследований предложена технологическая схема очистки поверхностных сточных вод, которая обеспечивает достижение целевых технологических показателей, соответствующих наилучшим доступным технологиям.

Ключевые слова: состав поверхностных сточных вод, очистка поверхностного стока, загрузка фильтров, сорбционные фильтры.

Авторы

Мишуков Борис Григорьевич

доктор технических наук, профессор кафедры «Водопользования и экологии» Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета

Феофанов Юрий Александрович

доктор технических наук, профессор кафедры «Водопользования и экологии» Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета

Keywords: surface cleaning wastewater runoff, download filters, sorption filters.

Authors

Mishukov Boris Grigor'evich

Ph. D., professor at the chair "Water use and ecology of Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

Feofanov Yuriy Aleksandrovich

Ph. D., professor at the chair «Water use and ecology of Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

В Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 отмечена острая необходимость сокращения сбросов неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод (в частности поверхностных), являющихся причиной загрязнения природных водных объектов [1]. Состав сточных вод, отводимых дождевой и общесплавной канализацией, определяется объемами и составом поступающих поверхностных (дождевых, талых, поливочных) и дренажных стоков, и, в целом, зависит от местных условий. На формирование состава дождевого, талого и поливочного стоков, поступающих в дождевую канализацию, влияет вид поверхностей на площади стока, уровень благоустройства территории, множество природно-климатических факторов, а также степень антропологического и техногенного воздействия на окружающую среду в бассейне водосбора и приземной атмосфере. Загрязненность талых вод связана с интенсивностью выпадения осадков в холодное время года и процесса весеннего снеготаяния, частоты уборки снега, его вывоза, оттепелей и др. [2; 4]. На состав стока поливочных вод значительное влияние оказывают транспортные нагрузки и качество уборки автомагистралей.

Приоритетными показателями загрязнения поверхностных сточных вод признаны взвешенные вещества, органические вещества (по показателям

Таблица 1. Характеристика поверхностного стока для различных участков водосборных поверхностей селитебных территорий

Площадь стока	Дождевой сток, мг/дм ³				Талый сток, мг/дм ³			
	Взвешенные вещества	БПК ₂₀	ХПК	Нефтепродукты	Взвешенные вещества	БПК ₂₀	ХПК	Нефтепродукты
Участки селитебной территории с высоким уровнем благоустройства и регулярной механизированной уборкой дорожных покрытий	400	40	300	8	2000	70	700	20
Современная жилая застройка	650	60	480	12	2500	100	1000	20
Магистральные улицы с интенсивным движением транспорта	1000	80	610	20	3000	120	1200	25
Территории, прилегающие к промышленным предприятиям	2000	90	650	18	4000	150	1500	25
Кровли зданий и сооружений	<20	<10	<80	0,01 – 0,7	<20	<10	<100	0,01 – 0,7
Территории с преобладанием индивидуальной жилой застройки; газоны и зеленые насаждения	300	60	400	<1	1500	100	1000	<1



ХПК и БПК) и нефтепродукты. Ориентировочные данные по составу поверхностного стока для разных водосборных поверхностей селитебных территорий.

На селитебных территориях наиболее загрязненным по всем показателям является талый сток. Атмосферные осадки, проникая в почву и смешиваясь с грунтовыми водами, формируют состав дренажных вод, характерный для данного региона. Например, для гидрогеологических условий Северо-Запада РФ характерными загрязнениями дренажного стока являются железо, аммоний, цинк, марганец, фтор и др.

В табл. 2 приведены усредненные (за 2 года) данные по составу сточных вод на выпусках дождевой канализации Санкт-Петербурга и пригородов (Пушкин, Павловск, Сосновый бор), а также промзоны (Колпино) в сухую погоду и во время дождей [3].

Таблица 2. Состав сточных вод на выпусках дождевой канализации Санкт-Петербурга и пригородов (начало)

№ пп	Показатели	Концентрации загрязнений, мг/дм ³ (Среднее за 2 года)			
		Смесь дренажных и дождевых сточных вод дождевой канализации СПб ⁽¹⁾	Дренажные воды дождевой канализации СПб ⁽²⁾	Дренажные воды дождевой канализации пригородов СПб ⁽²⁾	Дренажные воды дождевой канализации промзоны СПб ⁽²⁾
1	Взвешенные вещества	175	45	23	89
2	ХПК	98,5	32	39	130
3	БПК ₅	28,5	9	5,4	52
4	Сульфаты	71	67		–
5	Хлориды	29	49	36	73
6	Сухой остаток	204	328	507	–
7	Нефтепродукты	2,8	1,67	0,52	9,0
8	СПАВ (анионные)	0,355	0,28		–
9	Фенолы	<0,15	0,03		0,03
10	Азот общий	6,7	6,4		8,9
11	Азот аммонийный	3,6	4,9	4,57	4,3

Таблица 2. Состав сточных вод на выпусках дождевой канализации Санкт-Петербурга и пригородов (окончание)

12	Азот нитритов	0,077	0,079	0,138	0,036
13	Азот нитратов	0,58	0,75	0,72	0,29
14	Фосфор общий	0,485	0,63	–	–
15	Фосфаты (по Р)	<0,36	0,42	0,34	–
16	Железо	2,06	0,79	1,38	0,5
17	Алюминий	0,6	0,37	0,19	–
18	Свинец	0,043	0,085	0,0082	–
19	Никель	0,0077	0,005	0,023	–
20	Цинк	0,16	0,233	0,106	–
21	Хром общий	0,0085	0,006	0,0031	–
22	Кобальт	0,0015	0,003	0,0045	–
23	Марганец	0,2	0,25	0,57	–
24	Кадмий	0,00061	0,0048	0,0005	–
25	Медь	0,0293	0,020	0,0064	–
26	Ртуть	0,000095	0,000	<0,00005	–
27	pH	7,52	7,550	7,65	7,4

Примечания. ¹⁾ состав усредненных проб за период выпадения дождя; ²⁾ состав среднесуточных проб.

Из табл. 2 видно, что основная масса загрязнения по взвешенным веществам, нефтепродуктам, показателям ХПК и БПК поступают в дождевую канализацию с поверхностными стоками, а минеральные соли – с дренажным стоком.

Состав поверхностного стока с территорий промышленных предприятий зависит от вида и специфики производства, условий хранения сырья и отходов, объемов и качества газовых выбросов и других факторов. В зависимости от состава примесей поверхностного стока с территории промышленных предприятий их разделяют на две группы [2]. К первой группе отнесены предприятия, сток с территории которых (по составу примесей) близок к поверхностному стоку с селитебных территорий. Ко второй группе относят предприятия, на которых возможно поступление в поверхностный сток специфических веществ с токсичными свойствами или значительных количеств органических веществ. Примерная характеристика состава дождевых стоков вод, поступающих с предприятий первой и второй групп (по основным показателям загрязнения) приведена в табл. 3 [2; 4].



Таблица 3. Состав дождевых стоков, поступающих с промышленных предприятий (по основным показателям)

Показатели	Значение показателя загрязнения дождевых вод, мг/дм ³	
	первая группа предприятий	вторая группа предприятий
Взвешенные вещества	400–2000*	500–2000
Солесодержание	200–300	50–3000
Нефтепродукты	10–30 (70*)	до 500
ХПК фильтрованной пробы	100–150**	до 1400
БПК ₂₀ фильтрованной пробы	20–30**	до 400
Специфические компоненты	Отсутствуют	В зависимости от профиля содержат тяжелые металлы, фенолы, СПАВ и др.

* Высокие значения для предприятий с интенсивным движением транспорта и значительным потреблением горюче-смазочных материалов, а также АЗС. ** С учетом диспергированных примесей указанные показатели увеличиваются в 2–3 раза.

Особый состав имеет поверхностный сток, поступающий с автострад, автомагистралей с интенсивным движением грузового автомобильного транспорта, мостов и эстакад, В табл. 4 приведены показатели качества поверхностного стока (фактические данные), образующегося на автомагистралях, на мостах и эстакадах, портовых транспортных площадках (Приморский торговый порт, Спецнефтепорт), на комплексе защитных сооружений от наводнений в Санкт-Петербурге и Ленинградской области [5]. Там же для сравнения отражены показатели загрязнения сточных вод согласно [6].

Таблица 4. Содержание загрязняющих веществ в поверхностных сточных водах с автомагистралей с интенсивным движением грузового автомобильного транспорта, мостов и эстакад (начало)

Показатели загрязнений, мг/л	Сточные воды				
	дождевые		талые		мочные
	Данные	Фактические	Данные	Фактические	Фактические
Взвешенные вещества	1000	25–1000	3000	30–1800	20–800
Нефтепродукты	20	1,5–125	25	3,5–27	30–115
БПК ₂₀	80	–	120	–	
АПАВ	–	0,05–3,4	–	0,05–1,8	0,05–3,7

Таблица 4 .Содержание загрязняющих веществ в поверхностных сточных водах с автомагистралей с интенсивным движением грузового автомобильного транспорта, мостов и эстакад (окончание)

НПАВ	–	0,05–1,7	–	0,05–1,5	0,05–0,9
Железо	–	0,3–1,8	–	0,2–2,8	0,3–3,6

Концентрации отдельных ингредиентов загрязнений поверхностного стока колеблются в значительных пределах как по сезонам года, так и в течение выпадения дождя и притока в дождевую канализацию. На рис. 1 показан характер изменения количества поступающих загрязнений и относительной их концентрации за время выпадения дождя [7; 8].

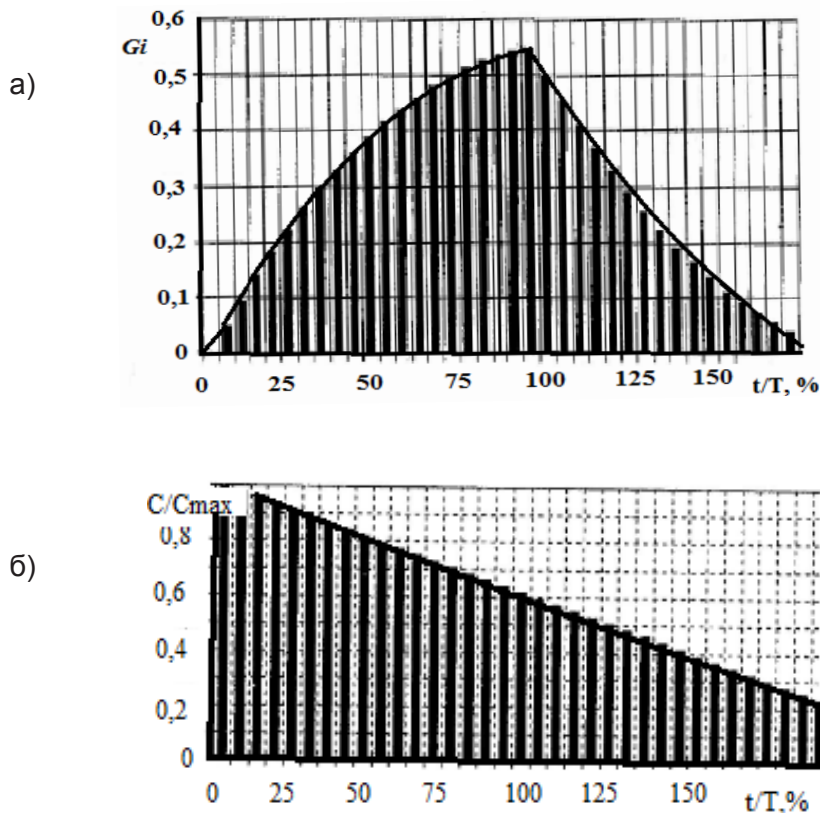


Рис.1. Изменения количества поступающих загрязнений (а) и относительной их концентрации за время выпадения дождя Т (б)

Ввиду указанных выше обстоятельств, колебания концентраций загрязнений поверхностных сточных вод городских поселений весьма значительны (больше



чем у ГСВ), и могут достигать двух порядков [4]. Крайне разнообразный и нестабильный состав загрязнений, поступающих с поверхностным стоком от селитебных территорий, промплощадок и магистралей, вызывает определенные сложности при расчете, проектировании и эксплуатации очистных сооружений. На выбор технологической схемы очистки сточных вод дождевой канализации влияет состав стока, наличие в нем специфических загрязнений и во многом зависит от категории водного объекта, в который предполагается сбрасывать эти сточные воды. Поверхностный сток с селитебных территорий после его усреднения имеет относительно невысокий уровень загрязнений и его очистка не вызывает особых осложнений. В то же время, поверхностные сточные воды с территории промпредприятий (особенно второй группы), имеют гораздо более высокие концентрации загрязнений и могут содержать ряд специфических примесей, требующих специальных способов очистки. Поверхностный сток, собираемый с автомагистралей, эстакад, мостов также имеет более высокие концентрации загрязнений по сравнению со стоком с селитебных территорий. Кроме того, он может содержать продукты неполного сгорания топлива (окисления нефтепродуктов) в двигателях с появлением полициклических ароматических и других токсичных соединений (бензопирен, диоксин и др.).

При расчете и проектировании очистных сооружений дождевой и общесплавной канализации городских поселений возникают сложности с определением требуемого эффекта очистки и качества очищенных сточных вод по ряду показателей. Постановлением Правительства РФ от 3 ноября 2016 г. №1134 [9] установлены максимальные допустимые значения нормативных концентраций загрязняющих веществ в сточных водах, которые определены для предотвращения негативного воздействия на работу централизованных ливневых, общесплавных и бытовых систем водоотведения, а также централизованных комбинированных систем водоотведения. Величины максимально допустимых значений основных (приоритетных) показателей для этих систем приведены в табл. 5 [9].

Нормирование сбросов абонентов по техногенным загрязнениям, направляемым в городские централизованные системы водоотведения, должно обеспечивать следующие цели: предотвращение негативного воздействия на канализационные сети, предотвращение токсичного воздействия на активный ил и предотвращение накопления токсичных веществ в осадках сточных вод, препятствующие их использованию как удобрения и сырья для производства почвогрунтов [9; 10].

Таблица 5. Нормативы концентраций загрязняющих веществ в сточных водах (по приоритетным показателям), сбрасываемых в централизованные системы водоотведения

Показатели	Ед.изм	Максимальные допустимые значения показателя	
		применительно к сбросу в ливневые системы водоотведения	применительно к сбросу в общесплавные и бытовые системы водоотведения
Взвешенные вещества	мг/л	300	300
БПК ₅	мг/л	30	300 (500 ^{*)}
Азот	мг/л	2 (аммонийный)	50 (общий)
Нефтепродукты	мг/л	8	10
Сульфаты	мг/л	500 ^{**}	1000 ^{**}
Хлориды	мг/л	1000 ^{**}	1000 ^{**}

^{*}) Требования, установленные для сброса в централизованную общесплавную систему водоотведения. ^{**}) Требования, установленные в целях предотвращения негативного воздействия на канализационные сети.

Перечень веществ, подлежащих мерам государственного регулирования, применительно к сбросам в водные объекты, приведен в [11]. Величины ПДС по отдельным видам загрязнений устанавливаются местными административными органами в зависимости от мощности и эффективности работы существующих очистных сооружений и, как правило, значительно ниже величин максимально допустимых концентраций загрязнений, приведенных в табл. 5. Так, в Санкт-Петербурге региональными требованиями к составу сточных вод, сбрасываемых в системы городской канализации [12], установлены следующие ПДК по нефтепродуктам: при сбросе в системы хозяйственно-бытовой (общесплавной) и/или производственно-бытовой канализации – 3,3 мг/л, при сбросе поверхностных сточных водах в системы ливневой канализации – 0,05 мг/л. Указанные нормативы по нефтепродуктам при сбросе в системы хозяйственно-бытовой (общесплавной) канализации (3,3 мг/л) приняты, исходя из требований ПДК в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования [13] – 0,3 мг/л и эффективности снижения концентрации нефтепродуктов на станции биологической очистки – 91%. При сбросе поверхностных сточных вод в системы ливневой канализации, не имеющих очистных сооружений, принята норма ПДК для водных объектов рыбохозяйственного значения – 0,05 мг/л [14].

В соответствии с Федеральным законом №219-ФЗ от 21.07.2014 [15], предусматривается поэтапный переход на систему технологических нормативов на основе показателей наилучших доступных технологий



(НДТ). В декабре 2015 года вышел информационно-технический справочник ИТС 10 (НДТ) «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов» [4]. Приведенный в этом сборнике статистический анализ состояния очистки ПСВ в нашей стране, показал, что в настоящее время очистке подвергается не более 10% годового объема поверхностного стока, организованно отводимого с территории поселений. Наиболее развита система отведения ПСВ в Москве, но и там поверхностный сток на очистку подается только с 35% канализованной территории города. Даже на современных очистных сооружениях (ФОС ПСВ), включающих глубокую очистку с двухступенчатой фильтрацией и сорбцией (решетка, резервуар-отстойник (с коагуляцией и без нее), префильтр (с пенополистирольной загрузкой), угольные и сорбционные фильтры), не всегда обеспечивает очистку воды поверхностных сточных вод от нефтепродуктов до ПДК для рыбохозяйственных водоемов (остаточная концентрация колебалась в пределах 0,05–0,5 мг/л). На станциях очистки городских сточных вод только на 15% объектов достигаются ПДКрыбхоз по нефтепродуктам. Учитывая, что ПДКрыбхоз по ряду расчетных показателей недостижимы, или труднодостижимы (для ПСВ – нефтепродукты), использование их для целей технологического анализа признано нецелесообразным. Вместо этого предложено использовать целевые технологические показатели (ЦТП), ориентированные на НДТ. Для очистных сооружений поверхностных сточных вод значения показателя $C_{цтп}$ принято 5,0 мг/л – по взвешенным веществам, и 0,2 мг/л – по нефтепродуктам. Для оценки эффективности работы конкретно очистной станции введен критерий интегрального показателя качества очистки (ИПКО_{цтп}), который равен отношению фактической концентрации определенного вида загрязнения в очищенной воде C_i к величине $C_{цтп}$ и показывает насколько станция отличается от станции с НДТ [4].

Из общего числа станций очистки ПСВ в г. Москве только 10% можно отнести к современным высокотехнологичным сооружениям глубокой очистки (ФОС), для этих станций величины показателя ИПКО_{цтп} по нефтепродуктам определены в диапазоне 0,8–3,5 [4]. В Санкт-Петербурге на современной станции глубокой очистки ФОС ПСВ «Пулково-3», включающей торфяные и песчаные фильтры, сорбционные фильтры, обеззараживание УФ-облучением, величины показателя ИПКО_{цтп} по нефтепродуктам составляла 1,51, т. е. в полтора раза хуже, чем по НДТ в этой области. Приведенные в ИТС-10 результаты статистической обработки большого массива данных по очистным станциям Москвы и Санкт-Петербурга, показала, что практически отсутствует взаимосвязь между среднемесячными

значениями концентраций техногенных загрязнений на входе и выходе со станций. Во многом это объясняется тем, что обычно при работе станций фиксируются только входные и выходные параметры, в то время как большое значение имеет эффективность работы каждой ступени очистки. Сравнивая между собой конечные результаты работы существующих станций очистки, без оценки вклада каждой ступени (технологии) в общую эффективность работы станции, нельзя гарантированно определить наилучшие из доступных технологий для всей станции.

Наиболее современные станции глубокой очистки ПСВ включают их первичную обработку, предварительные фильтры, фильтры тонкой очистки, сорбционные фильтры, УФ-облучение. В качестве загрузки префильтров применяют различные природные углеродные материалы (торф, уголь, кора, опилки), а также синтетические материалы (сипрон, капрон, пенополистирол, пенополиуретан, минеральная вата, синтепон, фиброила и др.). Использование для очистки воды от нефтепродуктов природных материалов, как и органических промышленных отходов, без их дополнительной обработки, порой малоэффективно. С целью повышения эффективности работы, например, торфа, его предварительно обрабатывают с применением сепарации (для отделения древесных и других включений), подвергают термической обработке (пиролизу), измельчению и прессованию в брикеты. Дополнительно, для придания гидрофобности, их пропитывают водонерастворимыми компонентами. Иногда для обработки природных углеродных материалов используют метод окисления сильными окислителями (кислоты, озон, гипохлорит, перманганат калия), либо кислородом воздуха при повышенной температуре, а также модификацию его различными добавками (гидроксидами алюминия и железа и др.) [16]. Ввиду сложности производства такие материалы получаются достаточно дорогими и по стоимости приближаются к активированным углям, хотя как сорбенты они значительно уступают им в эффективности. Недостатком этих видов сорбентов является и то, что они не подлежат регенерации.

Для изучения эффективности работы различных видов загрузки фильтров от тонкодиспергированных и растворенных нефтепродуктов были проведены лабораторные исследования [16]. В качестве загрузки фильтров применялись следующие материалы: вспененный полиуретан (ППУ), торфяные брикеты, терморасширенный графит (СТРГ), активированный алюмосиликат (ААА), активированные угли различных марок. В опытах использовались нефтесодержащие воды после их длительного отстаивания (в течение 45–60 ч.), чтобы отделить нерастворенные нефтепродукты.



На рис. 2 показаны результаты опытов по очистке нефтесодержащих вод на префильтрах с нагрузками из ППУ, торфа, графита (СТРГ). Исходная концентрация нефтепродуктов составляла 15,5–50 мг/л). График (рис. 2) показывает изменения эффекта снижения концентрации нефтепродуктов – Эн от относительной продолжительности фильтрования $t_{\text{общ}}/t_1$, где $t_{\text{общ}}$ – время работы фильтра от начала опыта, ч, t_1 – условное время пребывания воды в фильтре $t_1 = W\phi/Q$, ч.

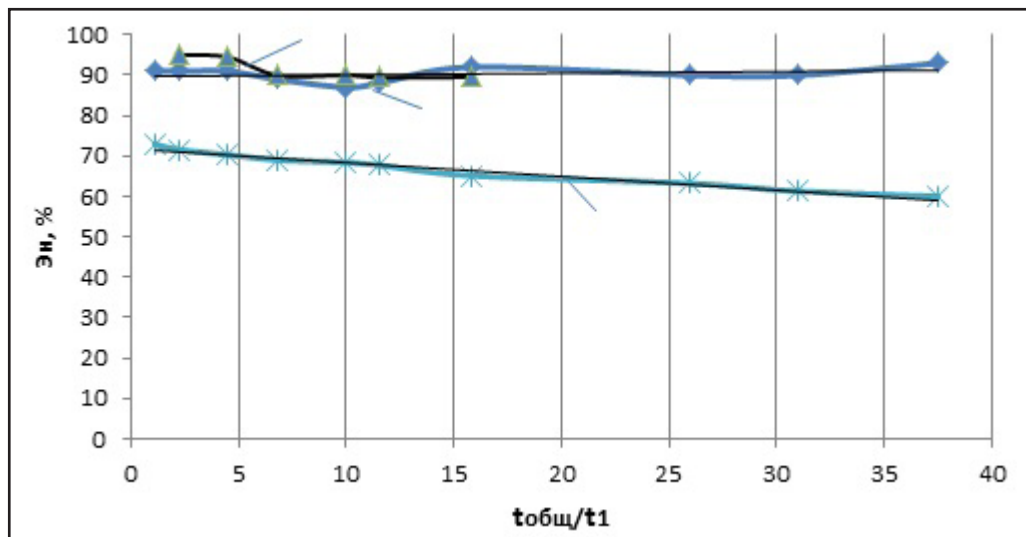


Рис. 2. Эффективность очистки сточных вод от нефтепродуктов на префильтрах с разными видами загрузки: 1 – ППУ, 2 – графит, 3 – торф

Как видно из рис. 2, эффективность снижения концентрации нефтепродуктов на фильтрах с загрузкой из ППУ и графита была примерно одинакова и составляла около 90%, и в течении всего цикла опытов практически не менялась. На загрузке из торфа эффект очистки в начале опыта равнялся 73% и постепенно снижался (к концу опыта при $t_{\text{общ}}/t_1 = 40$ – до 60%). Таким образом, из всех испытанных видов загрузки для префильтров, торфяная загрузка оказалась наименее эффективной по задержанию нефтепродуктов (рис.2). Эта загрузка имеет также ряд существенных недостатков. Вода, проходя через торф, обогащается гуминовыми кислотами и лигногуминовыми веществами, при этом снижается рН воды, она может приобретать дополнительную окраску, а также загрязняться фенолами и железом, содержащимися в торфяной загрузке. Верховой сфагновый торф, который идет на изготовление загрузки, обладает высоким водопоглощением, которое достигает 1000–1800% в расчете на абсолютно сухое вещество [17].

В процессе фильтрования торфяная загрузка насыщается водой, сильно разбухает и крошится. Возникают значительные проблемы с креплением этой загрузки в фильтре, а также с извлечением ее при замене, транспортировании и сжигании водонасыщенного отработанного материала. Лучшие результаты показала загрузка из ППУ, которая и рекомендуется для префильтров. Эта загрузка легко регенерируется путем ее отжима и выдерживает более 10 циклов регенерации.

В качестве загрузки второй ступени фильтров был испытан активированный алюмосиликатный адсорбент (ААА) «Глинт», который обладает сорбционными свойствами по отношению к нефтепродуктам, а также солям тяжелых металлов, загрузка из ААА легко регенерируется [18]. Результаты проведенных опытов показаны на рис. 3 и 4. На рис. 3 приведена зависимость эффекта очистки нефтесодержащих вод от исходной концентрации нефтепродуктов, полученная в контактных условиях. Из рис.3 видно, что эффект задержания нефтепродуктов на загрузке из ААА колебался в пределах 86,8—93,1% при исходной их концентрации загрязнений 5–60 мг/л.

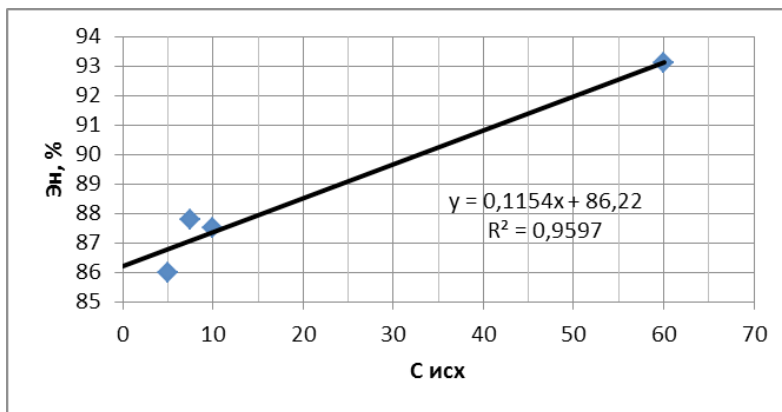


Рис. 3. Зависимость эффекта очистки нефтесодержащих вод от исходной концентрации нефтепродуктов $C_{исх}$ на ААА (контакт)

На рис. 4 показано качество очищенной вода в ходе фильтрования через загрузку из ААА. В этой серии опытов на фильтр подавалась вода после префильтров с загрузкой из ППУ и графита, с исходной концентрацией нефтепродуктов 1,1–2,0 мг/л. В очищенной воде после 2-ой ступени фильтра с загрузкой из ААА остаточная концентрация нефтепродуктов составляла 0,57–0,7 мг/л.

В исследованиях по сорбционной доочистке нефтесодержащих вод применялись следующие виды активированных углей: активированный



уголь марки АГ-3 (каменноугольный) (ГОСТ 20464-75) и модифицированный активированный уголь марки МАУ-200 (ООО «Полихим»). Результаты опытов, проведенных в статических условиях (рис. 5), показали, что более эффективными оказались АУ марки МАУ-200. Этот сорбент может обеспечить снижение концентрации нефтепродуктов в очищенной воде до требуемого уровня. Исследования работы лабораторных фильтров с этими видами АУ в проточных условиях подтвердили эти результаты.

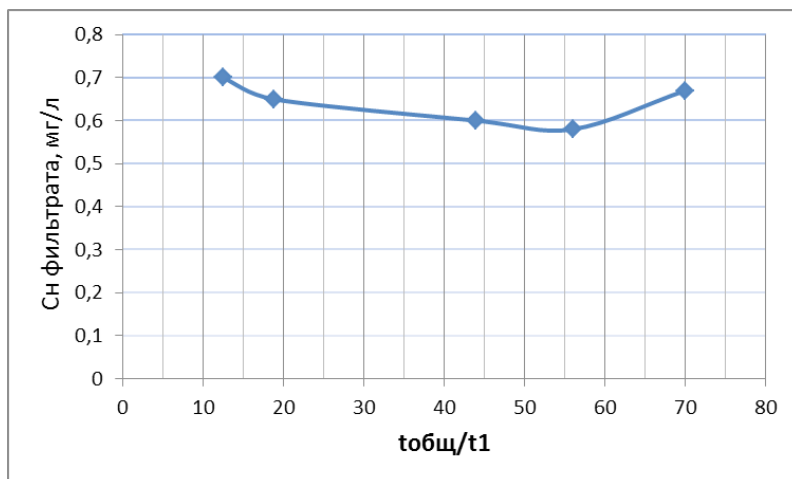


Рис. 4. Концентрация нефтепродуктов в очищенной воде после фильтра с загрузкой из ААА

Соч, мг/л

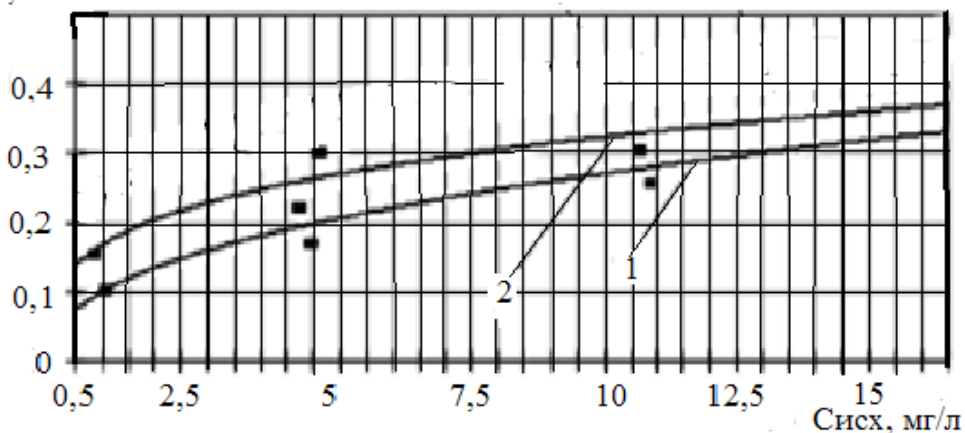


Рис. 5. Результаты опытов по доочистке нефтесодержащих вод на АУ: 1– МАУ-200; 2 – АГ-3

На основании проведенных исследований, результаты которых изложены выше, предлагается технологическая схема очистки поверхностных сточных вод (рис. 6), которая обеспечивает достижение целевых технологических показателей, соответствующих НДТ.

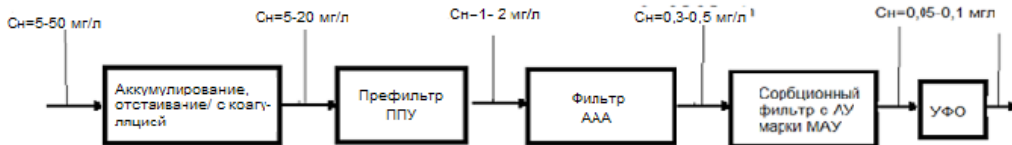


Рис. 6. Рекомендуемая технологическая схема очистки ПСВ

Выводы

1. Поверхностные сточные воды, поступающие с селитебных территорий, промплощадок и магистралей, имеют крайне разнообразный и нестабильный состав загрязнений. Концентрации отдельных ингредиентов загрязнений поверхностного стока колеблются в значительных пределах в зависимости от местных условий, меняются по сезонам года, в течение выпадения дождя и притока в дождевую канализацию.
2. Анализ данных о составе сточных вод на выпусках дождевой канализации Санкт-Петербурга показал, что основная масса загрязнения по взвешенным веществам, нефтепродуктам, показателям ХПК и БПК поступают с поверхностными стоками, а минеральные соли – с дренажным стоком. Для гидрогеологических условий Северо-Запада РФ характерными загрязнениями дренажного стока являются: железо, аммоний, цинк, марганец, фтор и др.
3. На выбор технологической схемы очистки сточных вод дождевой канализации влияет состав стока, наличие в нем специфических загрязнений и во многом зависит от категории водного объекта, в который предполагается сбрасывать эти сточные воды.
4. Результаты проведенных исследований по очистке воды от нефтепродуктов на фильтрах с различными видами загрузки показали, что лучшие результаты для предварительных фильтров получены с применением загрузки из пенополиуретана и графита (эффект очистки по нефтепродуктам – около 90%). Загрузка из торфа оказалась наименее эффективной (Эн = 60–73%), она имеет также ряд существенных недостатков. Вода, проходя через торф, обогащается гуминовыми кислотами и лигногуминовыми веществами, при этом снижается рН воды, она может приобретать дополнительную окраску, а также загрязняться фенолами и железом, содержащимися в торфяной загрузке. Верховой сфагновый торф, который идет на изготовление загрузки, обладает высоким водопоглощением, которое достигает 1000–1800% в расчете на абсолютно сухое вещество. В процессе фильтрования торфяная



загрузка насыщается водой, сильно разбухает и крошится, возникают значительные проблемы с креплением ее в фильтре, извлечением при замене, транспортировании и сжигании водонасыщенного отработанного материала.

5. В качестве загрузки префильтров рекомендован ППУ, для фильтров второй ступени – активированный алюмосиликат, а для сорбционных фильтров – загрузка из активированного угля марки МАУ-200.

6. На основании проведенных исследований предложена технологическая схема очистки поверхностных сточных вод, которая обеспечивает достижение целевых технологических показателей, соответствующих наилучшим доступным технологиям в этой области.

Литература

1. (2017). Стратегия экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года. Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 19 апреля 2017 года №176.
2. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. (2015). Методическое пособие. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. М., 2015. 146 с.
3. СПбГАСУ. (1994). Определение количества и качества дождевого и дренажного стока Санкт-Петербурга [Determination of the quantity and quality of rainwater and drainage flow in St. Petersburg]. Отчет по НИР. СПб, СПбГАСУ, 25 с.
4. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. (2015). Очистка сточных вод поселений, городских округов с использованием централизованных систем водоотведения. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 10. М.: Бюро НДТ, 377 с.
5. Сергеев, В. В., Папурин, Н. М., Готовцев, А. В. (2009). Очистка стоков с инженерных сооружений. Экология производства, №10, с. 66–68.
6. ГНЦ РФ ОАО «НИИ ВОДГЕО». (2014). Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. Дополнения к СП 32.13330.2012. М. ОАО «НИИВОДГЕО», 91 с.
7. Алексеев, М. И., Курганов, А. М. (2002). Организация отведения поверхностного (дождевого и талого) стока с урбанизированных территорий. М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 352 с.
8. Дикаревский, В. С., Курганов, А. М., Нечаев, А. П., Алексеев, М. И. (1990). Отведение и очистка поверхностных сточных вод. Л.: Стройиздат, 224 с.
9. Правительство РФ. (2016). Постановление № 1134 «О вопросах осуществления холодного водоснабжения и водоотведения» с изменениями, которые вносятся в акты Правительства Российской Федерации в сфере водоснабжения и водоотведения».
10. Алексеева, И. В. (2016). Изменение законодательства, регулирующего сброс производственных сточных вод в водные объекты через централизованные системы водоотведения. Вода Magazine, №9 (109), с.44–46.
11. Правительство РФ. (2015). Распоряжение от 08.07.2015 г. № 1316-р «О перечне загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды».

12. Комитет по энергетике и инженерному обеспечению Правительства СПб. (2012). Распоряжение от 08 ноября 2012 г. № 148 «Об установлении нормативов водоотведения по составу сточных вод в централизованные системы водоотведения Санкт-Петербурга».
13. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Гигиенические нормативы.
14. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. (2016). Приказ от 13.12.2016 № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» (Зарегистрирован в Минюсте России 13.01.2017 № 45203)
15. Федеральный закон № 219-ФЗ от 21.07.2014 «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации».
16. Феофанов, Ю. А. (2017). Оценка эффективности использования различных сорбционных материалов для очистки нефтесодержащих вод. Вода Magazine, №5(117), с. 42–46.
17. Томсон, А. Э., Наумова, Г. В. (2009). Торф и продукты его переработки. Минск: Беларус. Навука, 328 с.
18. Мишуков, Б. Г. (1995). Очистка поверхностного стока. Водоснабжение и санитарная техника, № 9, с. 3–4.

References

1. (2017). Strategiya ehkologicheskoy bezopasnosti Rossijskoj Federacii na period do 2025 goda [Strategy of ecological safety of the Russian Federation for the period up to 2025]. Uтверzhdena Ukazom Prezidenta Rossijskoj Federacii ot 19 aprelya 2017 goda №176.
2. Ministerstvo stroitel'stva i zhilishchno-kommunal'nogo hozyajstva Rossijskoj Federacii. (2015). Metodicheskoe posobie. Rekomendacii po raschetu sistem sbora, otvedeniya i ochistki poverhnostnogo stoka selitebnyh territorij, ploshchadok predpriyatij i opredeleniyu uslovij vypuska ego v vodnye ob'ekty [Recommendations for the calculation of systems for collecting, diversion and cleaning of surface runoff of residential areas, sites of enterprises and determining the conditions for its release into water bodies]. M., 2015. 146 s.
3. SPbGASU. (1994). Opredelenie kolichestva i kachestva dozhdevogo i drenazhnogo stoka Sankt-Peterburga [Determination of the quantity and quality of rainwater and drainage flow in St. Petersburg]. Otchet po NIR. SPb, SPbGASU, 25 s.
4. Federal'noe agentstvo po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologiii. (2015). Oчistka stochnyh vod poselenij, gorodskih okrugov s ispol'zovaniem centralizovannyh sistem vodootvedeniya. Informacionno-tekhnicheskij spravocnik po nailuchshim dostupnym tekhnologiyam ITS 10 [Wastewater treatment of settlements, urban districts using centralized water disposal systems. Information and technical reference book on the best available technologies of ITS 10]. M.: Byuro NDT, 377 s.
5. Sergeev, V. V., Papurin, N. M., Gotovcev, A. V. (2009). Oчistka stokov s inzhenernyh sooruzhenij [Wastewater treatment from engineering facilities]. EHkologiya proizvodstva, №10, s. 66–68.
6. GNC RF OAO «NII VODGEO». (2014). Rekomendacii po raschetu sistem sbora, otvedeniya i ochistki poverhnostnogo stoka s selitebnyh territorij, ploshchadok predpriyatij i opredeleniyu uslovij vypuska ego v vodnye obekty [Recommendations for the calculation of systems for collecting, diversion and cleaning of surface runoff from residential areas, sites of enterprises and determining the conditions



- for its release into water bodies]. Dopolneniya k SP 32.13330.2012. M. OAO «NIIVODGEO», 91 s.
7. Alekseev, M. I., Kurganov, A. M. (2002). Organizatsiya otvedeniya poverhnostnogo (dozhdevoogo i talogo) stoka s urbanizirovannykh territorij [The organization of surface (rain and thawed) run-off from urbanized areas]. M.: Izd-vo Associatsii stroitel'nykh vuzov, 352 s.
8. Dikarevskij, V. S., Kurganov, A. M., Nechaev, A. P., Alekseev, M. I. (1990). Otvedenie i oчитка poverhnostnykh stochnykh vod [Removal and treatment of surface wastewater]. L.: Strojizdat, 224 s.
9. Pravitel'stvo RF. (2016). Postanovlenie № 1134 «O voprosah osushchestvleniya holodnogo vodosnabzheniya i vodootvedeniya» s izmeneniyami, kotorye vnosiatsya v akty Pravitel'stva Rossijskoj Federatsii v sfere vodosnabzheniya i vodootvedeniya» [Decree No. 1134 «On issues of implementation of cold water supply and sanitation» with changes that are introduced in the acts of the Government of the Russian Federation in the field of water supply and sanitation»].
10. Alekseeva, I. V. (2016). Izmenenie zakonodatel'stva, reguliruyushchego sbros proizvodstvennykh stochnykh vod v vodnye ob»ekty cherez centralizovannye sistemy vodootvedeniya [Change in legislation regulating the discharge of industrial waste water into water bodies through centralized water disposal systems]. Voda Magazine, №9 (109), s.44–46.
11. Pravitel'stvo RF. (2015). Rasporyazhenie ot 08.07.2015 g. № 1316-p «O perechne zagryaznyayushchih veshchestv, v otnoshenii kotorykh primenyayutsya mery gosudarstvennogo regulirovaniya v oblasti ohrany okruzhayushchej sredy» [«On the list of pollutants subject to measures of state regulation in the field of environmental protection»].
12. Komitet po ehnergetike i inzhenernomu obespecheniyu Pravitel'stva SPb. (2012). Rasporyazhenie ot 08 noyabrya 2012 g. № 148 «Ob ustanovlenii normativov vodootvedeniya po sostavu stochnykh vod v centralizovannye sistemy vodootvedeniya Sankt-Peterburga» [«On the Establishment of Wastewater Management Norms for the Composition of Wastewater in the Centralized Sewage Systems of St. Petersburg»].
13. GN 2.1.5.1315-03. Predel'no dopustimye koncentracii (PDK) himicheskikh veshchestv v vode vodnykh ob»ektov hozyajstvenno-pit'evogo i kul'turno-bytovogo vodopol'zovaniya [Maximum permissible concentration (MPC) of chemicals in water in water bodies of domestic and drinking and cultural and domestic water use]. Gigienicheskie normativy.
14. Ministerstvo sel'skogo hozyajstva Rossijskoj Federatsii. (2016). Prikaz ot 13.12.2016 № 552 «Ob utverzhdenii normativov kachestva vody vodnykh ob»ektov rybohozyajstvennogo znacheniya, v tom chisle normativov predel'no dopustimyh koncentracij vrednykh veshchestv v vodah vodnykh ob»ektov rybohozyajstvennogo znacheniya» [«On approval of water quality standards for water objects of fishery value, including standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of water bodies of fishery importance»] (Zaregistrirovan v Minyuste Rossii 13.01.2017 № 45203)
15. Federal'nyj zakon № 219-FZ ot 21.07.2014 «O vnesenii izmenenij v Federal'nyj zakon «Ob ohrane okruzhayushchej sredy» i otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federatsii» [Federal Law No. 219-FZ of July 21, 2014 «On Amendments to the Federal Law» On Environmental Protection «and Certain Legislative Acts of the Russian Federation»].
16. Feofanov, YU. A. (2017). Ocenka ehffektivnosti ispol'zovaniya razlichnykh sorbcionnykh materialov dlya oчитki neftesoderzhashchih vod [Assessment of the effectiveness of the use of various sorption materials for cleaning oily waters]. Voda Magazine, №5(117), s. 42–46.
17. Tomson, A. E.H., Naumova, G. V. (2009). Torf i produkty ego pererabotki [Peat and products of its processing]. Minsk: Belarus. Navuka, 328 s.
18. Mishukov, B. G. (1995). Oчитка poverhnostnogo stoka [Purification of surface runoff]. Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika, № 9, s. 3–4.