

doi: 10.5862/MCE.50.7

## Особенности состава и очистки поверхностного стока крупных городов

*К.х.н., старший научный сотрудник В.Н. Чечевичкин,  
д.т.н., директор Инженерно-строительного института Н.И. Ватин,  
Санкт-Петербургский государственный политехнический университет*

**Аннотация.** На примере площадок предприятий Санкт-Петербурга проведена оценка степени загрязненности поверхностного стока крупных городов в современных условиях.

Показано увеличение содержания нефтепродуктов и ионов тяжелых металлов в дождевом и особенно талом стоке. Установлено, что состав инфильтрационного стока с новых застроенных территорий в черте города часто определяется предысторией этих территорий, в особенности в местах бывших несанкционированных микросвалок, погребенных при планировке площадок под строительство. Содержание ионов тяжелых металлов и нефтепродуктов в таком инфильтрационном стоке может существенно превышать их содержание в стоке с полигонов твердых бытовых отходов. Подавляющая часть нефтепродуктов содержится в поверхностном стоке в эмульгированной и ассоциированной со взвешенными веществами форме, что приводит к вторичному загрязнению вод при накоплении этих форм в отстойниках и ловушках локальных очистных сооружений.

Сорбционно-фильтрационные технологии очистки поверхностных сточных вод являются наиболее эффективными и простыми в плане реализации как самих процессов очистки, так и утилизации отходов.

**Ключевые слова:** очистка поверхностного стока; ливневый сток; талый сток; инфильтрационный сток; тяжелые металлы; нефтепродукты

### *Введение*

Поверхностный сток крупных городов является значимым фактором загрязнения гидросферы [1–5], причем его состав, особенно в последнее время, все более определяется результатами технической деятельности человека.

Состав поверхностного стока, допустимого к сбросу в коллекторы ливневой канализации, регламентируется [6], и в случае превышения нормативов такой сток требует очистки.

В черте города выделяют три территории функционального использования: селитебную, производственную и ландшафтно-рекреационную [7]. Поверхностный сток, подлежащий очистке, формируется на селитебной и производственной территориях.

Основные загрязняющие компоненты поверхностного стока определены и рекомендованы для расчета по ориентировочным средним количественным показателям [8].

### *1. Литературный обзор*

Свежих данных, характеризующих реальную ситуацию с уровнем загрязнения поверхностного стока на территории городов, довольно мало, и в основном используются результаты оценок, проведенных 20 и более лет назад [9, 10].

Вместе с тем, как свидетельствуют исследования, проведенные в отношении поверхностного стока автодорог [11, 12], в связи с непрерывным увеличением интенсивности движения автотранспорта на дорогах в последнее время значительно возросло содержание в стоке не только взвешенных веществ и нефтепродуктов, но и ионов тяжелых металлов. Поскольку автодороги являются главной составной частью как селитебных, так и производственных территорий, то их влияние сказывается на параметрах стока с этих территорий.

Очистка больших объемов вод с высокими концентрациями загрязняющих веществ до очень низких концентраций для сброса в ливневую канализацию и особенно в рыбохозяйственные водоемы представляет собой сложнейшую задачу. Практически все растворенные в воде вещества (тяжелые металлы, нефтепродукты, органические вещества) не удаляются методами отстаивания и коалесценции даже в самых современных отстойниках и ловушках, несмотря на заявления производителей таких устройств.

Наиболее эффективными методами очистки от растворимых веществ являются химреагентные [13–17] и сорбционно-фильтрационные [18–23].

Первая группа методов (применительно к очистке поверхностного стока) высокочувствительна в плане капитальных вложений, требует специальных помещений и подвода электроэнергии, весьма чувствительна к условиям проведения процесса и требует наличия подготовленного персонала; утилизация продуктов очистки в этом случае сложна и затратна.

Вторая группа методов мало чувствительна к реальным условиям проведения процесса, не требует подвода электроэнергии (в самотечном режиме), обладает высокой эффективностью и селективностью очистки и малозатратна. Недостатком является ограниченный ресурс работы сорбционно-фильтрационных материалов (обычно применяют активированные угли и природные цеолиты), что компенсируется их дешевизной и простотой замены. Кроме того, эти материалы содержат в фиксированной форме все загрязнения, удаленные ими из воды, что делает утилизацию этих материалов вместе с загрязнениями крайне простой и малозатратной (не более 5 % от стоимости этих материалов как отходов IV класса).

Сорбционно-фильтрационные технологии очистки больших объемов вод (что характерно для поверхностного стока) наиболее экономически эффективны именно как технологии глубокой доочистки, т. е. окончательного доведения состава этих вод на выходе до соответствующих нормативов их сброса. Их применение в условиях сложного состава стока с современных городских территорий дает лучшие результаты в комбинации с современными технологиями предварительного отделения (предочистки) основного количества взвешенных частиц и эмульгированных нефтепродуктов в различного рода отстойниках и ловушках.

## 2. Постановка задач исследования

Технический прогресс постоянно увеличивает свое негативное влияние на среду обитания человека. Поверхностные сточные воды крупных городов, загрязнение которых прямо зависит от состояния их территорий, давно перестали быть «условно чистыми» и требуют постоянного контроля над их составом.

Целью данного исследования являлась оценка современного состояния уровня загрязнения реальных поверхностных вод различными компонентами на территории крупного мегаполиса (Санкт-Петербург), а также выяснение его причин и источников. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- сбор и анализ фактического материала по загрязнению поверхностного стока различных объектов Санкт-Петербурга;
- аналитические исследования состояния некоторых загрязнителей в реальных сточных водах.

## 3. Описание исследований

Для получения объективной картины современного уровня загрязнений ливневого и талого стоков с территорий промышленных предприятий первой группы [6] был проведен анализ этих вод на выходе из систем ливневой канализации для 40 объектов, расположенных в Санкт-Петербурге, за период 2012–2013 гг.

Определение состава и свойств поверхностных сточных вод с территорий объектов в Санкт-Петербурге проводили в аккредитованных на компетентность и независимость аналитических лабораториях, зарегистрированных в Государственном реестре, на аттестованном оборудовании. Испытания проводились по утвержденным методикам с погрешностями результатов измерений, которые соответствовали внедренным методикам, обеспеченными контролем стабильности получаемых результатов.

Результаты представлены в таблицах 1 и 2. Для сравнения приведены значения, рекомендованные для использования при проектировании систем очистки поверхностного стока с селитебных территорий (современная застройка с малой транспортной нагрузкой) более 20 лет назад [9, 10].

Видно, что рекомендованные показатели загрязнения поверхностного стока [9] по взвешенным веществам и нефтепродуктам, а также фосфатам и иону аммония существенно выше реальных. Измеренные концентрации ионов тяжелых металлов в ливневом стоке близки к рекомендованным [6] для селитебных территорий. Однако их концентрация в талом стоке выше, чем в ливневом для меди и цинка примерно в 5 раз, а для свинца, алюминия и нефтепродуктов –

Чечевичкин В.Н., Ватин Н.И. Особенности состава и очистки поверхностного стока крупных городов

более чем в 10 раз. Это говорит о накоплении этих загрязнений в зимний период в снежном покрове и их залповом сбросе во время снеготаяния весной.

**Таблица 1. Характеристики загрязненности поверхностного стока\* в 2012–2013 гг. с территорий промышленных предприятий I группы\*\*, расположенных в Санкт-Петербурге**

№ п/п	Контролируемые показатели	Единица измерения	Ливневый сток			Талый сток	
			Интервал колебаний min/max	Среднее значение	По данным [6]	Интервал колебаний min/max	Среднее значение
1	Водородный показатель	ед. рН	6,5 ÷ 8,0	7,3	–	6,8 ÷ 7,8	7,2
2	Химическое потребление кислорода (ХПК)	мг/дм <sup>3</sup>	26 ÷ 244	160	90 ÷ 120	160 ÷ 550	350
3	Биологическое потребление кислорода (БПК <sub>20</sub> )	мг/дм <sup>3</sup>	1,6 ÷ 19	8,0	20 ÷ 40	3,5 ÷ 28	14,3
4	Взвешенные вещества	мг/дм <sup>3</sup>	4 ÷ 150	52	300 ÷ 600	3 ÷ 150	60
5	Нефтепродукты	мг/дм <sup>3</sup>	0,01 ÷ 2,0	0,38	7 ÷ 12	0,24 ÷ 29	4,2
6	Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ)	мг/дм <sup>3</sup>	0,03 ÷ 1,5	0,32	–	0,15 ÷ 0,25	0,19
7	Фенолы	мг/дм <sup>3</sup>	0,002 ÷ 0,100	0,017	–	0,001 ÷ 0,005	0,003
8	Фосфатион	мг/дм <sup>3</sup>	0,03 ÷ 0,20	0,09	0,5 ÷ 0,8	0,08 ÷ 0,16	0,13
9	Аммонийион	мг/дм <sup>3</sup>	0,1 ÷ 19	2,1	8 - 10	0,4 ÷ 4,5	1,8

\*Пробы отбирались из сливного коллектора в конце сети ливневой канализации объекта. Замеры проводились для выборки из 40 объектов по ливневому стоку и из 25 объектов по талому стоку.

\*\* В число исследуемых объектов входили: промышленные площадки, складские территории, территории торговых комплексов, бизнес-центров (с автостоянками).

**Таблица 2. Характеристики загрязненности поверхностного стока по тяжелым металлам (Санкт-Петербург, 2012–2013) с территорий промышленных предприятий I группы**

№п/п	Контролируемые показатели	Единица измерения	Ливневый сток			Талый сток	
			Интервал концентр. min/max	Среднее значение	По данным [6]	Интервал концентр. min/max	Среднее значение
10	Железо (общ)	мг/дм <sup>3</sup>	0,24 ÷ 5,2	3,3	3 ÷ 10	0,40 ÷ 9,6	3,0
11	Марганец	мг/дм <sup>3</sup>	0,02 ÷ 1,0	0,31	0,3 ÷ 0,5	0,12 ÷ 0,67	0,35
12	Медь	мг/дм <sup>3</sup>	0,002 ÷ 0,037	0,014	0,03 ÷ 0,04	0,030 ÷ 0,080	0,055
13	Никель	мг/дм <sup>3</sup>	0,002 ÷ 0,020	0,006	0,007 ÷ 0,009	0,01 ÷ 0,040	0,002
14	Цинк	мг/дм <sup>3</sup>	0,01 ÷ 0,35	0,10	0,25 ÷ 0,30	0,06 ÷ 2,2	0,5
15	Алюминий	мг/дм <sup>3</sup>	0,04 ÷ 0,78	0,23	1 ÷ 3	0,55 ÷ 6,6	2,7
16	Свинец	мг/дм <sup>3</sup>	0,04 ÷ 0,12	0,055	0,05 ÷ 0,07	0,04 ÷ 0,75	0,580

Условия отбора проб и объекты соответствуют таблице 1.

Для иона марганца средние концентрации в ливневом и талом стоках не превышают рекомендованных [9], что свидетельствует о малой растворимости продуктов окисления марганецсодержащих антидетонационных добавок к топливу, которые сейчас широко используются вместо свинецсодержащих.

Вместе с тем нельзя не отметить, что полученные значения ХПК (при низких значениях БПК<sub>20</sub>) существенно выше рекомендованных (как для ливневого, так и для талого стока), что говорит о серьезном загрязнении этих вод трудно окисляемыми органическими веществами. Состав этих органических загрязнений требует, на наш взгляд, более пристального внимания и детального изучения.

Оценка концентраций нефтепродуктов в поверхностном стоке, особенно при использовании их для расчета очистных сооружений, весьма неоднозначна. Как справедливо отмечено в работе [12], нефтепродукты попадают в ливневый сток только во время дождя, т. к. на сухом асфальте они быстро испаряются, а их неиспарившаяся часть мало растворима в воде. В талом стоке, когда значительная часть нефтепродуктов длительно находится в твердой фазе (снег или частицы песка) и при таянии снега постепенно контактирует с жидкой водой, происходит насыщение ее растворимыми компонентами нефтепродуктов и образование их эмульгированных и пленочных форм.

Определение содержания эмульгированных нефтепродуктов в воде проводили методом ИК-спектроскопии с использованием концентромера ИКН-025 с погрешностью  $\pm 0,02 \div \pm 2,0$  мг/л для концентраций нефтепродуктов в диапазоне  $0,1 \div 50$  мг/л.

На рисунке 1 представлена зависимость концентрации ( $C$ , мг/л) от времени практически нерастворимого в воде нефтепродукта – турбинного масла марки ТН-22с – после его эмульгирования в емкости с лопастной мешалкой (3300 об/мин, 20 минут). Видно, что через 1 месяц после эмульгирования концентрация этого нефтепродукта в воде постоянна и составляет не менее 6 мг/л. Такие устойчивые формы эмульгированных нефтепродуктов, образование которых на дорогах со скоростным движением очень вероятно, не могут быть очищены ни на одном из известных видов отстойников (в том числе и тонкопалочных). Присутствие в воде различных СПАВ делает эти формы еще более устойчивыми.

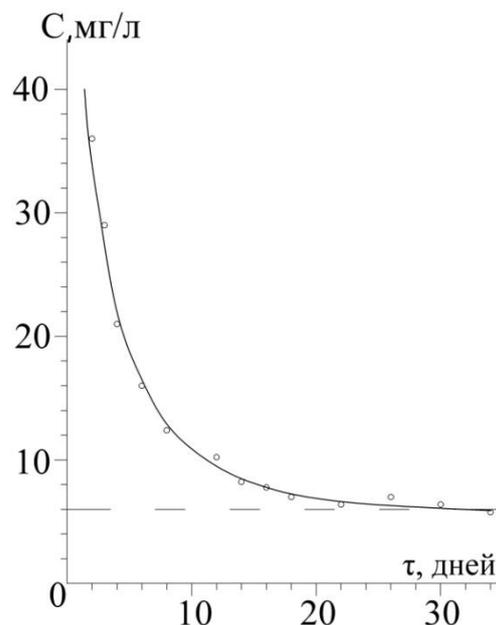


Рисунок 1. Кинетика изменения концентрации ( $C$ , мг/л) эмульгированного в воде турбинного масла ТН-22с

Одним из наиболее эффективных способов очистки таких вод может быть их фильтрация через пористые волокнистые материалы (дорнит, синтепон, полипропиленовое волокно и т. д.) или через зернистые гидрофобные загрузки (активированные угли, антрацит, шунгит и т. д.), так как размер пор указанных материалов соизмерим с размером микрочастиц эмульгированных нефтепродуктов, что способствует максимальному коалесцентному разделению фаз.

Другим немаловажным фактором, влияющим на содержание нефтепродуктов в поверхностных водах, является их фиксация на поверхности частиц взвешенных веществ путем адсорбции, адгезии, коалесценции и т. д.

В таблице 3 представлены значения концентраций нефтепродуктов, экстрагированных из песка различных фракций, в талой воде, полученной при растоплении снега с обочины одной из автодорог в Санкт-Петербурге. Видно, что с уменьшением размера частиц количество нефтепродуктов на единицу массы песка значительно возрастает. При этом максимальная концентрация растворенных нефтепродуктов в надосадочной воде (время контакта 12 часов) весьма мала –  $0,37$  мг/л, что говорит об их слабой растворимости. Содержание растворенных в талой воде нефтепродуктов составляло всего  $0,05$  % от их общего содержания в твердой и жидкой фазах.

Таким образом, взвешенные вещества являются дополнительным существенным фактором, снижающим реальное содержание нефтепродуктов в поверхностных водах.

**Таблица 3. Содержание нефтепродуктов на поверхности частиц взвешенных веществ в талой воде**

№ п/п	Фазовое состояние	Размер частиц у взвешенных веществ, мкм	Концентрация нефтепродуктов, мг/г *
1	Вода талая после отстоя	-	0,00037
2	Пена	< 3	219,8
3	Очень мелкий песок	3 ÷ 60	27,3
4	Мелкий песок	60 ÷ 125	11,5
5	Средний песок	125 ÷ 250	6,24
6	Крупный песок	250 ÷ 2000	0,87

\* Для пены и фракций песка концентрация нефтепродуктов дана в пересчете на сухое вещество.

С другой стороны, при значительном накоплении таких нефтесодержащих взвешенных веществ в отстойниках (особенно тонкопелочных) они могут существенно увеличивать концентрацию растворенных нефтепродуктов в ливневом стоке после периода между дождями. Негативное действие оказывают также и пленочные нефтепродукты, а также пены в отстойниках и ловушках, длительное время контактирующие с водами, поскольку их удаление из отстойников (как и взвешенных веществ) производится крайне редко.

Весьма важной составляющей поверхностного стока является инфильтрация (просачивание) грунтовых вод внутрь трубопроводов через их стенки, стыки, а также стенки и днища колодцев [24]. В сетях ливневой канализации, расположенной ниже уровня грунтовых вод, приток инфильтрационных вод происходит практически непрерывно в течение года, поэтому и дождевой и талый стоки всегда разбавлены в той или иной степени инфильтрационными водами.

По составу загрязнений и их количеству инфильтрационный сток считается [9] чище дождевого и талого. Однако это утверждение справедливо только для взвешенных веществ и нефтепродуктов, которые могут задерживаться компонентами почв. Если инфильтрационный сток формируется из безнапорных пластовых вод, то довольно часто он содержит ионы железа и марганца биогенно-почвенного происхождения в высоких концентрациях. Как видно из рисунка 2а, максимальная концентрация этих ионов наблюдается в летние и даже осенние месяцы, т. е. во время биологической активности почв.

Значительно худшая картина формируется, когда дренажная сеть в городских условиях прокладывается в насыпных грунтах на месте свалок строительных отходов, иногда смешанных с бытовыми и промышленными. Такие захороненные под слоем строительного мусора и насыпного грунта отходы участвуют в различного рода процессах их деградации: электрохимическое растворение металлов, биохимическое анаэробное разложение и т. д. В результате этого в дренажные воды на таких территориях попадают не только ионы железа и марганца в высоких концентрациях, но и ионы цинка, алюминия, меди, а в некоторых случаях – ртути, кадмия, свинца.

Как видно из рисунка 2б, превышение реальных концентраций по сравнению с ПДК в этом случае гораздо больше и пик их значений приходится на весенние месяцы, то есть на время снеготаяния или сразу после него.

Такие воды, с превышениями концентраций ионов тяжелых металлов в десятки и сотни раз по сравнению с ПДК, требуют безусловной очистки во всем их объеме.

Следует отметить, что инфильтрационный сток с промышленных территорий (а иногда и с территорий, относящихся к селитебным), устроенных на местах бывших захороненных строительных или иных микросвалок, а также территорий, бывших до этого в промышленном пользовании и как следствие имеющих сильно загрязненные грунты (часто скрытые под асфальтовыми покрытиями и газонами), приближается по составу и концентрациям компонентов к стоку с полигонов твердых бытовых отходов (ТБО).

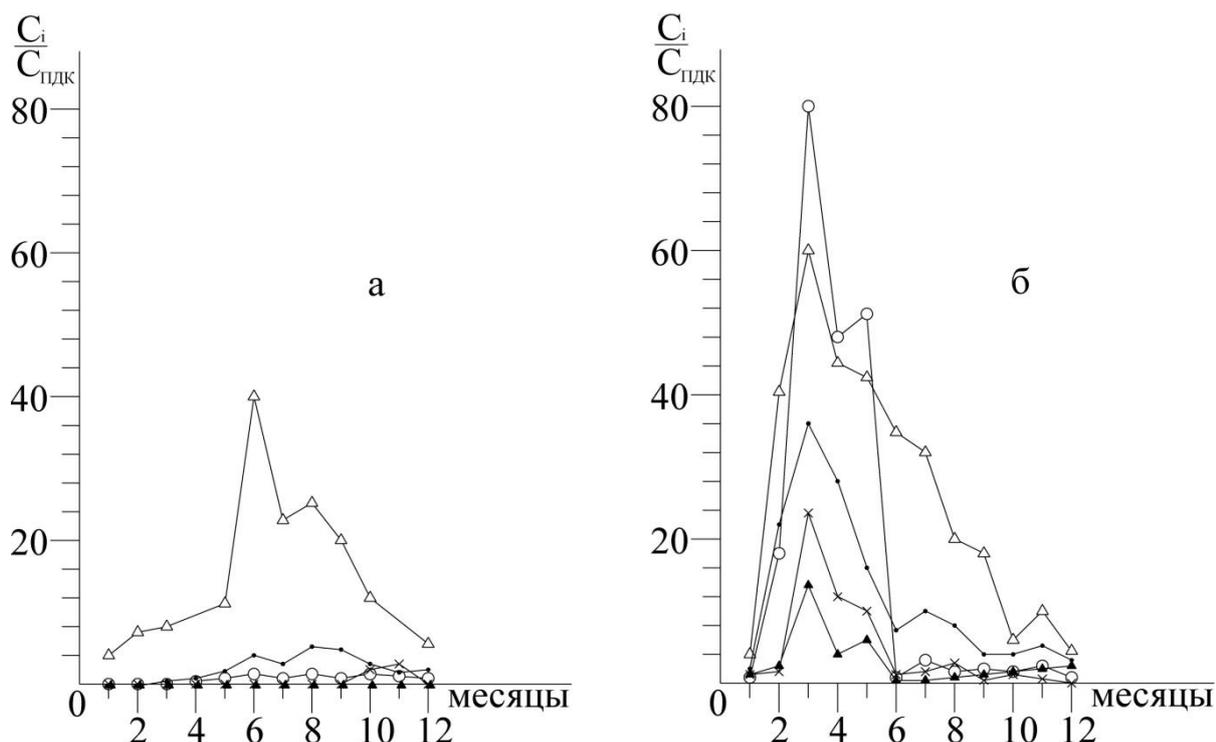


Рисунок 2. Изменение во времени состава инфильтрационного стока с различных территорий:

а – естественный инфильтрат при наличии железомарганцевых подземных вод;  
б – инфильтрат с территории захороненной свалки промышленно-строительного мусора.

$\frac{C_i}{C_{ПДК}}$  – относительная концентрация загрязнителей (превышение реальных концентраций по сравнению с их ПДК); загрязнители:  $\triangle$ – $\triangle$ – $\triangle$ –марганец,  $\circ$ – $\circ$ – $\circ$  – железо,  $\times$ – $\times$ – $\times$  – алюминий,  $\square$ – $\square$ – $\square$  – цинк,  $\blacktriangle$ – $\blacktriangle$ – $\blacktriangle$  – медь

В таблице 4 представлен состав инфильтрационного стока с двух объектов, расположенных на селитебной территории (бизнес-центр и торговый центр, Санкт-Петербург) в сравнении с составом усредненного стока полигона ТБО (Московская область) [11].

Таблица 4. Сравнение показателей состава инфильтрационного стока с селитебных территорий, расположенных на площадках, загрязненных погребенными производственными отходами, и стока полигона ТБО

№ п/п	Показатели состава стока	Концентрация, мг/л			ПДК		
		Бизнес-центр*	Торг. центр**	Полигон ТБО***	В водоем рыбохоз. значения	В ливневую канализацию	В общесплавную канализацию
1	Нефтепродукты	710	0,5	0,5 ÷ 10	0,05	0,3	0,7
2	Жиры	1726			отс	отс	50
3	Аммония СПАВ	0,90	0,16		0,1	0,1	1,4
4	Фосфаты	2,9	0,20		0,2	0,2	2,0
5	Фенолы	0,162	0,006		0,001	0,001	0,080
6	Железо (общ)	322	26	до 22,5	0,10	0,22 ÷ 0,43	1,10
7	Марганец	6,0	2,7	до 2,6	0,01	0,01	0,1
8	Алюминий	17,5	1,9		0,04	0,12 ÷ 0,48	0,50
9	Цинк	31,90	0,52	до 0,9	0,01	0,02 ÷ 0,04	0,10
10	Медь	0,720	0,045	до 0,590	0,001	0,006 ÷ 0,009	0,040
11	ХПК	1100	700	1200 ÷ 8700	30	30	-

\* инфильтрационный сток с территории бывшего предприятия по ремонту трансформаторов

\*\* инфильтрационный сток с территории захороненной свалки

\*\*\* усредненный сток полигона ТБО.

На территории бизнес-центра ранее работало небольшое предприятие по ремонту трансформаторов, которое загрязняло почву отходами производства (масла, тяжелые металлы). На территории торгового центра (окраина Санкт-Петербурга) раньше была несанкционированная свалка, засыпанная впоследствии грунтом при подготовке территории под новое строительство. Как видно из таблицы 4, инфильтрационный сток с вышеназванных площадок, расположенных на территориях, отнесенных к селитебным, по большинству показателей более загрязнен, чем сток (инфильтрат) с полигона ТБО.

Необходимость очистки инфильтрата с полигонов ТБО ни у кого не вызывает сомнений [25], а вот проблема очистки инфильтрационного стока с селитебных территорий как наиболее чистого [9] до недавнего времени вообще не рассматривалась. Однако такой высокий уровень загрязнения в дренажных водах, объединенных с поверхностным стоком, при крайне жестких нормативах на сброс их в ливневую канализационную сеть (таблица 4) классифицируется в настоящее время как залповый сброс промышленных сточных вод со всеми вытекающими отсюда последствиями для пользователей территории, к загрязнению которой они не имеют никакого отношения.

### Выводы

1. Сравнение результатов оценок поверхностных сточных вод крупных городов, проведенных более 10 лет назад и в настоящее время, показывает увеличение их загрязнения, особенно ионами тяжелых металлов и нефтепродуктами. В талом стоке концентрации этих загрязнителей могут быть наиболее высоки, значительно превышая не только существующие нормативы водоотведения, но и показатели состава этих вод, рекомендованные для расчетов систем водоочистки при их проектировании.

2. Особенно неблагоприятная ситуация возникает, когда канализационная сеть поверхностного стока прокладывается в грунтах на месте бывших захороненных несанкционированных микросвалок. Уровень загрязнения поверхностных сточных вод за счет инфильтрации этих загрязнений через элементы канализационной сети наиболее высок и может составлять до нескольких сотен ПДК, что приближает их по составу к стокам (инфильтратам) полигонов ТБО.

3. Большая часть нефтепродуктов содержится в поверхностном стоке в виде эмульгированных и эмульгированно-ассоциированных с твердыми частицами форм, особенно в присутствии СПАВ. Эти формы являются источниками вторичного загрязнения вод при их накоплении и нерегулярном удалении из отстойников и других элементов очистных сооружений.

4. Поверхностный сток крупных городов, как сильно загрязняющий, должен подвергаться дополнительной глубокой очистке, например по сорбционно-фильтрационной технологии.

### Литература

1. Revelle P., Revelle C. The environment issues and choices for society. Boston: Jones and Barlett Publish, 1988. 650 p.
2. Hammer M.J. Water and waste-water technology. New-York–London: John Willey & Sons, Inc. 1975. 400 p.
3. Heineman M., Eichenwald Z., Gamache M., Miner R., Keohan P. A comprehensive water quality model of Boston's drainage systems, World Environmental and Water Resources Congress 2013, Showcasing the Future // Proceedings of the 2013 Congress. 2013. Pp. 63–76.
4. Bressy A., Gromaire M.-C., Lorgeoux C., Saad M., Leroy F., G. Chebbo F. Efficiency of source control systems for reducing runoff pollutant loads, Feedback on experimental catchments within Paris conurbation // Water Research. 2014. Vol. 57. Pp. 234–246.
5. Denafas G., Ruzgas T., Martuzevičius D., Shmarin S., Hoffmann M., Mykhaylenko V., Ogorodnik S., Romanov M., Neguliaeva E., Chusov A., Turkadze T., Bochoidze I., Ludwig C. Seasonal variation of municipal solid waste generation and composition in four East European cities // Resources, Conservation and Recycling. 2014. Vol. 89. Pp. 22–30.
6. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. М.: ВСТ, 2006. 60 с.
7. Свод правил СП 42. 13330. 2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских территорий. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89. М.: ЦПП, 2011. 109 с.

8. Алексеев М.И., Курганов А.М., Организация отведения поверхностного (дождевого и талого) стока с урбанизированных территорий. Учебное пособие. М.: Изд-во АСВ, 2000. 352 с.
9. Дикаревский В.С., Курганов А.М., Нечаев А.П., Алексеев М.И. Отведение и очистка поверхностных сточных вод. Учебное пособие. Л.: Стройиздат, 1990. 224 с.
10. Молоков М.В., Шифрин В.Н. Очистка поверхностного стока с территорий городов и промышленных площадок. М.: Стройиздат, 1977. 104 с.
11. Леонов Е.А., Михайлова М.С. Проблемы очистки сточных вод с поверхности автомобильных дорог на примере кольцевой автомобильной дороги вокруг Санкт-Петербурга // Жизнь и безопасность. 2002. №3. С. 280–286.
12. Пшенин В.Н., Коваленко В.И. Загрязнение ливневых стоков с автомобильных дорог // Вестник ИНЖЭКОНА. 2007. №6(19). С. 140–145.
13. Brombach H., Weiss G., Fuchs S. A new database on urban runoff pollution: Comparison of separate and combined sewer systems // Water Science and Technology. 2005. Vol. 51(2). Pp. 119–128.
14. Колосова Д.Д., Вовк М.П., Молодкина Л.М., Чусов А.Н. Влияние редокс-потенциала среды на эффективность технологии очистки нефтесодержащих жидких отходов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2013. №3(178). С. 306–313.
15. Андрианова М.Ю., Ведмецкий Ю.В., Кудояров М.Ф., Молодкина Л.М., Патрова М.Я., Федоров М.П., Чусов А.Н. Комплекс очистки токсичных нефтесодержащих жидких отходов. Патент РФ 126699. 10.04.2013.
16. Ватин Н.И., Чечевичкин В. Н., Чечевичкин А. В. Особенности очистки воды из р. Вуокса в летний период // Инженерно-строительный журнал. 2010. №2(12). С. 23-26.
17. Andrianova M.Ju., Vorobjev K.V., Lednova Ju.A., Chusov A.N. A short-term model experiment of organic pollutants treatment with aquatic makrophytes in industrial and municipal waste water // Applied Mechanics and Materials. 2014. Vol. 587-589. Pp. 653–656.
18. Петров Е.Г., Киричевский Д.С. Сорбционная технология очистки производственных и поверхностно-ливневых стоков // Водоснабжение и санитарная техника. 2005. № 6. С. 34–36.
19. Vatin N., Golovkova N., Chechevichkin V. The hydroengineering constructions for continuous sorbention sewage treatment // The International Youth Science Environmental Forum, "Ecobaltica 2008", St.-Peterburg, 26–28 june, 2008. Saint-Petersburg, 2012. Pp. 177–180.
20. Widiastuti N., Wu N., Any M., Zhang D. The potential application of natural zeolite for greywater treatment // Desalination and Water Treatment. 2008. Vol. 18. No. 1–3. Pp. 271–280.
21. Erdem E., Karapinar N., Donat R., The removal of heavy metal cations by natural zeolites // Colloid and Interface Sci. 2004. Vol. 280. No. 2. Pp. 309–314.
22. Hus H.S., Chaoc J.H., Hot S.C.J. Removal of mixed heavy metal ions in wastes water by zeolite // Journal of Hazardows Water. 2005. Vol. 127. No. 1–3. Pp. 89–101.
23. Sutherland K. Filters and filtrations Handbook. Amsterdam: Butterworth – Heinemann – Elseivier, 2008. 523 p.
24. Канцибер Ю.А., Штыков В.И. Оценка характеристик дренажного стока с селитебных и производственных территорий Северо-Запада России // Инженерно-строительный журнал. 2012 №4(30). С. 46–70.
25. Гонопольский А.М., Николайкина Н.Е., Миташова Н.И., Мурашов В.Е., Кушнир К.Я. Многостадийная технология очистки фильтрата полигонов твердых бытовых отходов // Вода: Химия и экология. 2008. №2. С. 25–30.

*Виктор Николаевич Чечевичкин, Санкт-Петербург, Россия  
Тел. моб.: +7(921)9581442; эл. почта: filter-w@mail.ru*

*Николай Иванович Ватин, Санкт-Петербург, Россия  
Тел. моб.: +7(921)9643762; эл. почта: vatin@mail.ru*

© Чечевичкин В.Н., Ватин Н.И., 2014

doi: 10.5862/MCE.50.7

## Specifics of surface runoff contents and treatment in large cities

**V.N. Chechevichkin***Saint-Petersburg State Polytechnical University, Saint-Petersburg, Russia  
+79219581442; e-mail: filter-w@mail.ru***N.I. Vatin***Saint-Petersburg State Polytechnical University, Saint-Petersburg, Russia  
+79219643762; e-mail: vatin@mail.ru*

### Key words

surface runoff treatment; rainwater runoff; snowmelt runoff; infiltration runoff; heavy metals; petroleum derivatives

### Abstract

The degree of surface runoff pollution in large cities has been assessed in modern conditions in the case study of production sites of St. Petersburg. Increased content of petroleum derivatives and heavy metal ions both in rainwater runoff and especially in snowmelt runoff has been revealed.

It has been established that the composition of infiltration runoff from the newly built-up sites within the city limits commonly depends on their background, especially in the places of former unauthorized dumps, which are usually buried under the building sites. The content of petroleum derivatives in such surface runoff can exceed significantly their content in the runoff of landfills. Most petroleum derivatives appear in the surface runoff as emulsified and associated with suspended matters forms, which are a source of secondary pollution of waste water as it is accumulated in settlers and traps of local waste water treatment plants.

Filtrational-sorptive technologies of surface runoff treatment are the most effective and simple in terms of both treatment and waste disposal.

### References

1. Revelle P., Revelle C. *The environment issues and choices for society*. Boston: Jones and Barlett Publish, 1988. 650 p.
2. Hammer M.J. *Water and waste-water technology*. New-York–London: John Wiley & Sons, Inc. 1975. 400 p.
3. Heineman M., Eichenwald Z., Gamache M., Miner R., Keohan P. A comprehensive water quality model of Boston's drainage systems, World Environmental and Water Resources Congress 2013, Showcasing the Future. *Proceedings of the 2013 Congress*. 2013. Pp. 63–76.
4. Bressy A., Gromaire M.-C., Lorgeoux C., Saad M., Leroy F., G. Chebbo F. Efficiency of source control systems for reducing runoff pollutant loads, Feedback on experimental catchments within Paris conurbation. *Water Research*. 2014. Vol. 57. Pp. 234–246.
5. Denafas G., Ruzgas T., Martuzevičius D., Shmarin S., Hoffmann M., Mykhaylenko V., Ogorodnik S., Romanov M., Neguliaeva E., Chusov A., Turkadze T., Bochoidze I., Ludwig C. Seasonal variation of municipal solid waste generation and composition in four East European cities. *Resources, Conservation and Recycling*. 2014. Vol. 89. Pp. 22–30.
6. *Rekomendatsii po raschetu sistem sbora, otvedeniya i ochistki poverkhnostnogo stoka s selitebnykh territoriy, ploshchadok predpriyatiy i opredeleniyu usloviy vypuska yego v vodnyye obyekt* [Recommendations for the calculation of collection systems, disposal and treatment of runoff from residential areas, areas businesses and determining the conditions of release it into water bodies]. Moscow, Izdatelstvo «VST», 2006. 60 p. (rus)
7. *Svod pravil SP 42. 13330. 2011 Gradostroitelstvo. Planirovka i zastroyka gorodskikh i selskikh territoriy. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.07.01-89* [Set of rules 42. 13330. 2011. City building. Planning and development of urban and rural areas. The updated edition of building code 2.07.01-89]. Moscow: Izdatelstvo «TsPP», 2011. 109 p. (rus)
8. Alekseyev M.I., Kurganov A.M. *Organizatsiya otvedeniya poverkhnostnogo (dozhdevogo i talogo) stoka s urbanizirovannykh territoriy. Uchebnoye posobiye* [Organization diversion of surface (rain and melted) runoff from urbanized areas. Tutorial]. Moscow: Izdatelstvo ASV, 2000. 352 p. (rus)
9. Dikarevskiy V.S., Kurganov A.M., Nechayev A.P., Alekseyev M.I. *Otvedeniye i ochistka poverkhnostnykh stochnykh vod. Uchebnoye posobiye* [Draining and cleaning superficial wastewater. Tutorial]. Leningrad: Stroyizdat, 1990. 224 p. (rus)

10. Molokov M.V., Shifrin V.N. *Ochistka poverkhnostnogo stoka s territoriy gorodov i promyshlennykh ploshchadok* [Surface runoff treatment from urban and industrial sites]. Moscow: Stroyizdat, 1977. 104 p. (rus)
11. Leonov Ye.A., Mikhaylova M.S. Problemy ochistki stochnykh vod s poverkhnosti avtomobilnykh dorog na primere koltsevoy avtomobilnoy dorogi vokrug Sankt-Peterburga [Wastewater treatment problem with the surface of the roads on the example of a ring road around St. Petersburg]. *Zhizn i bezopasnost*. 2002. No.3 Pp. 280–286. (rus)
12. Pshenin V.N., Kovalenko V.I. Zagryazneniye livnevnykh stokov s avtomobilnykh dorog [Contamination of stormwater runoff from roads]. *Vestnik INZhEKONA*. 2007. Vol. 6(19). Pp. 140–145. (rus)
13. Brombach H., Weiss G., Fuchs S. A new database on urban runoff pollution: Comparison of separate and combined sewer systems. *Water Science and Technology*. 2005. Vol. 51(2). Pp. 119–128.
14. Kolosova D.D., Vovk M.P., Molodkina L.M., Chusov A.N. Vliyaniye redoks-potentsiala sredy na effektivnost tekhnologii ochistki neftesoderzhashchikh zhidkikh otkhodov [Influence of the redox potential of the medium on the efficiency of the technology oily liquid waste]. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal*. 2013. No. 3(178). Pp. 306–313. (rus)
15. Andrianova M.Yu., Vedmetskiy Yu. V., Kudoyarov M. F., Molodkina L. M., Patrova M. Ya., Fedorov M. P., Chusov A. N. *Kompleks ochistki toksichnykh neftesoderzhashchikh zhidkikh otkhodov* [Complex of treatment of toxic oily liquid waste]. Patent Russian Federation No. 126699. April 10, 2013. (rus)
16. Vatin N. I., Chechevichkin V. N., Chechevichkin A. V. Osobennosti ochistki vody iz r. Vuoksa v letniy period [Features of water purification from Vuoksa river during the summer period]. *Magazine of Civil Engineering*. 2010. No.2(12). Pp. 23–26. (rus)
17. Andrianova M.Ju., Vorobjev K.V., Lednova Ju.A., Chusov A.N. A short-term model experiment of organic pollutants treatment with aquatic makrophytes in industrial and municipal waste water. *Applied Mechanics and Materials*. 2014. Vol. 587-589. Pp. 653–656.
18. Petrov Ye.G., Kirichevskiy D.S. Sorbtsionnaya tekhnologiya ochitski proizvodstvennykh i poverkhnostno-livnevnykh stokov [Sorption technology of cleanup production and surface stormwater runoff]. *Water Supply and Sanitary Technique*. 2005 No. 6. Pp. 34–36. (rus)
19. Vatin N., Golovkova N., Chechevichkin V. The hydroengineering constructions for continuous sorbention sewage treatment. *The International Youth Science Environmental Forum, "Ecobaltica 2008"*, St.-Peterburg, 26–28 june, 2008. Saint-Petersburg, 2012. Pp. 177–180.
20. Widiastuti N., Wu N., Any M., Zhang D. The potential application of natural zeolite for greywater treatment. *Desalination and Water Treatment*. 2008. Vol. 18. No. 1–3. Pp. 271–280.
21. Erdem E., Karapinar N., Donat R., The removal of heavy metal cations by natural zeolites. *Colloid and Interface Sci*. 2004. Vol. 280. No. 2. Pp. 309–314.
22. Hus H.S., Chaoc J.H., Hot S.C.J. Removal of mixed heavy metal ions in wastes water by zeolite. *Journal of Hazardous Water*. 2005. Vol. 127. No. 1–3. Pp. 89–101.
23. Sutherland K. *Filters and filtrations Handbook*. Amsterdam: Butterworth – Heinemann – Elsevier, 2008. 523 p.
24. Kantsiber Yu.A., Shtykov V.I. Otsenka kharakteristik drenazhnogo stoka s selitebnykh i proizvodstvennykh territoriy Severo-Zapada Rossii [Evaluating drainage outflow from residential and industrial areas of North-West Russia]. *Magazine of Civil Engineering*. 2012. No.4(30). Pp. 46–51. (rus)
25. Gonopolskiy A.M., Nikolaykina N.Ye., Mitashova N.I., Murashov V.Ye., Kushnir K.Ya. Mnogostadiynaya tekhnologiya ochistki filtrata poligonov tverdykh bytovykh otkhodov [Multistage technology to treat filtrate generated by communal solid waste sites]. *Water: chemistry and ecology*. 2008. No.2. Pp. 25–30. (rus)

**Full text of this article in Russian: pp. 67–74**