

# ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОГЕННОГО ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ В ВОДОТОКАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

**А.Ю. Опекунов, Е.С. Митрофанова\*, Н.А. Шейнерман\*\***

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

Эл. почта: \* mitrofanova.ek@mail.ru, \*\* nsheiner@mail.ru

Статья поступила в редакцию 28.08.2014; принята к печати 16.09.2014

Проведено исследование донных осадков рек и каналов центральной части Санкт-Петербурга. Изучены 11 водотоков, протекающих в районах с различной степенью техногенной нагрузки. Выявлены основные особенности осадконакопления: скорости, поток абсолютных масс, объемы накопленных осадков; изучен разрез современных осадков, а также содержание в них органического углерода и нефтяных углеводородов. Установлены водотоки, испытывающие на себе наибольшее антропогенное воздействие, выполнено ранжирование водотоков по степени экологического неблагополучия на основе концентрации в донных осадках и количества накопленных в них нефтяных углеводородов.

**Ключевые слова:** аквальные системы, донные отложения, техноседиментогенез, нефтяные углеводороды.

## CHARACTERISTICS OF ANTHROPOGENIC SEDIMENTATION IN THE WATERCOURSES OF THE CENTRAL PART OF SAINT PETERSBURG

**A.Y. Opekunov, E.S. Mitrofanova\*, N.A. Sheinerman\*\***

Saint-Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

E-mail: \* mitrofanova.ek@mail.ru, \*\* nsheiner@mail.ru

Sediments in 11 watercourses of the central areas of Saint-Petersburg featuring varying degrees of anthropogenic impact were studied. The characteristics of sedimentation that were determined included their rates, the amounts of accumulated sediments, the properties of bottom sediments, and their chemical composition, in particular, organic carbon and oil hydrocarbons contents. Watercourses experiencing the greatest anthropogenic impact were identified and ranked by the degree of their environmental ill-being based on the concentrations and amount of accumulated oil hydrocarbons in sediments.

**Keywords:** water systems, bottom sediments, anthropogenic sediment formation, oil hydrocarbons.

### Введение

На протяжении всей истории Санкт-Петербурга (Ленинграда) городские реки и каналы служили приемниками коммунально-бытовых и промышленных стоков. В настоящее время водотоки Санкт-Петербурга являют собой пример техногенного режима функционирования, проявляющегося в крайне низком качестве воды, доминировании процессов техногенного осадконакопления (техноседиментогенеза), деградации водных биоценозов и утрате самоочищающей способности. В основном техногенные условия развития водных систем сложились в 50-е гг. прошлого века в связи с ростом численности населения города и развитием промышленного производства. Только в последнее время часть стоков, сбрасываемых в реки, была переведена в городской коллектор, что вместе с сокращением промышленного производства за последние 20 лет привело к определенному снижению техногенной нагрузки.

На 2009 г. по Санкт-Петербургу на государственном учете состояло 311 объектов-водопользователей. Общий забор свежей воды из водных объектов города измерялся величиной 1267,7 млн м<sup>3</sup>, а сброс (без учета ливневых стоков) составил 1232,3 млн м<sup>3</sup>, из них загрязненных вод (без очистки и недостаточно

очищенных) – 382,4 млн м<sup>3</sup>, то есть 31% (в 1999 г. эта величина составляла 36%). Сброс ливневых вод достигал 219,6 млн м<sup>3</sup> [6]. В табл. 1 приведены некоторые показатели, характеризующие водопользование в Санкт-Петербурге в период с 1999 по 2009 г.

В течение всего рассматриваемого периода наблюдалась тенденция к снижению объемов использования природных вод: потребление сократилось на 13% (по сравнению с 1999 г.), сбросы сточных вод без очистки – на 5%. Необходимо отметить, что основной вклад как в забор природных вод, так и в сбросы вносит жилищно-коммунальное хозяйство (73 и 75% соответственно). Таким образом, снижение объема сточных вод происходило за счет уменьшения водоотведения ЖКХ в связи с развитием канализационной сети города; кроме того, сокращались сбросы промышленных предприятий машиностроения и металлообработки (с 425,7 до 305,3 млн м<sup>3</sup>).

При рассмотрении поступления различных загрязняющих веществ со сточными водами наибольший интерес в рамках данной работы представляют нефтепродукты. На рис. 1 приведена динамика сброса нефтепродуктов в поверхностные воды в Санкт-Петербурге в 1990–2009 гг.

Табл. 1

Показатели водопользования в Санкт-Петербурге с 1980 по 2009 г., млн м<sup>3</sup> (по данным [6, 7])

Показатели	1980	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Забрано из поверхностных водных объектов, в том числе ЖКХ*	1934	1446,4	1418,5	1411,3	1392,9	1404,8	1361,9	1386	1391,3	1353	1311,6	1267,7
Сброшено сточных вод, в том числе ЖКХ		1206,6	1180,1	1167,2	1137,9	1148,5	1109,5	1094,6	1086,9	1033,7	980,9	924,8
Сброшено сточных вод без очистки, в том числе ЖКХ	979	505,8	459,66	444,8	424,5	433,3	400,3	435,3	468,8	432,4	443,3	382,4
Сброшено ливневых стоков без очистки		80,08	127,9	122,5	102,4	125,8	–	100,2	82,9	79,6	95,4	92,4

\* Жилищно-коммунальное хозяйство.

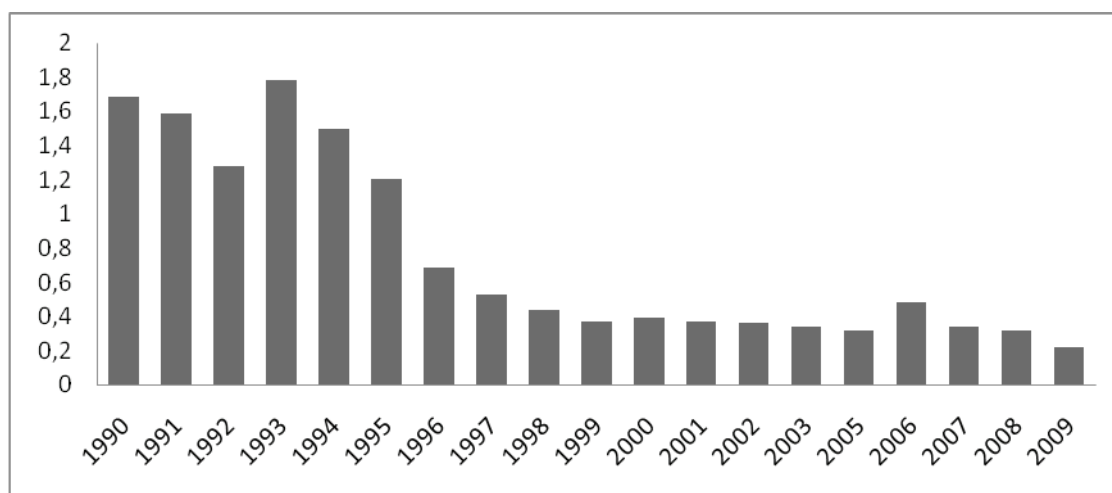


Рис. 1. Поступление нефтепродуктов со сточными водами в водные объекты Санкт-Петербурга, тыс. т (по данным [6, 7])

Можно отметить, что сброс нефтепродуктов в Санкт-Петербурге в течение всего рассматриваемого периода, за исключением 1993–1994 гг., постоянно снижался и к 2009 г. достиг 220 т. За 20 лет он уменьшился почти в 8 раз. В соответствии с приведенными данными основным источником поступления нефтяных углеводородов служит жилищно-коммунальное хозяйство: до 80% и более, причем это соотношение с небольшими колебаниями сохраняется на протяжении 30 лет (с 1980 г.). Около половины (в разные годы от 30 до 55%) нефтепродуктов поступает в поверхностные воды с ливневыми стоками за счет водоотведения ЖКХ.

В 2013 г. сотрудники кафедры геоэкологии и природопользования СПбГУ обследовали донные осадки одиннадцати водотоков города (рис. 2) общей протяженностью более 45 км (табл. 2). Все они протекают в центральной части города и являются неотъемлемой составляющей его историко-архитектурного облика. Вместе с тем, сброс коммунально-бытовых, ливневых и промышленных сточных вод приводит к их существенному загрязнению. Целью настоящей работы является изучение разреза донных отложений, определение их состава, особенностей осадконакопления и уровня загрязнения нефтяными углеводородами.

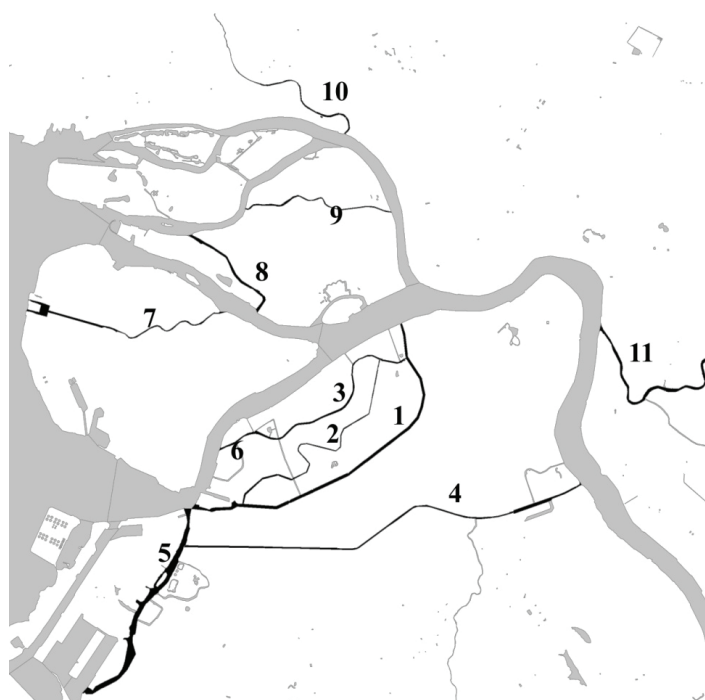
### Методика исследований

В ходе полевых изысканий было взято 148 проб донных осадков на 119 станциях пробоотбора. Пробы отбирались сапропелевым буром, позволяющим взять колонку донных осадков на всю мощность современного слоя отложений (более 2 м).

Определение массовой доли нефтепродуктов в воздушно-сухих пробах донных отложений производилось на приборе «ФЛЮОРАТ-02-Панорама» флюориметрическим методом (ПНД Ф 16.1:2.21-98) с экстракцией нефтепродуктов гексаном (C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>) и последующим измерением концентрации нефтепродуктов в экстракте.

Органический углерод (C<sub>орг</sub>) измерялся методом И.В. Тюрина [5]. Определение C<sub>орг</sub> и массовой доли нефтепродуктов производилось в учебно-научной лаборатории геоэкологического мониторинга Института наук о земле СПбГУ.

Минералогический состав донных осадков (5 проб) изучался рентгенодифракционным анализом в рентгеновской лаборатории кафедры кристаллографии Института наук о Земле СПбГУ.



**Рис. 2.** Исследованные водотоки: 1 – р. Фонтанка; 2 – канал Грибоедова; 3 – р. Мойка; 4 – Обводный канал; 5 – р. Екатерингофка, 6 – р. Пряжка; 7 – р. Смоленка; 8 – р. Ждановка; 9 – р. Карповка; 10 – р. Черная Речка; 11 – р. Охта

Табл. 2

Характеристика водных объектов и объемы полевых изысканий

Водоток (участок водотока)	Число проб	Морфометрические характеристики, м			Средне- многолетний расход (Q), млн м <sup>3</sup> /год	Объем сточных вод (V), тыс. м <sup>3</sup> /год	Степень разбавления (Q/V)
		Длина	Ширина	Глубина			
Р. Екатерингофка (от Рижского пр. до устья р. Ольховки)	14	2100	90–280	4,0–5,0	946,1	41340,0	22,9
Р. Ждановка	6	2160	35–50	2,2–4,0	441,5	2030	217,5
Канал Грибоедова	20	5000	20–30	2,5–3,0	104,1	н. д.	н. д.
Р. Карповка	17	3000	20	1,5–2,9	78,8	6070	13,0
Р. Мойка	15	4670	20–40	2,1–3,2	346,9	470,0	738,1
Обводный канал	10	8080	20–43	1,8–3,8	473,0	23170,0	20,4
Р. Охта (от Ириновского пр. до устья)	20	5960	30–60	1,0–5,5	227,1	19408,3	11,7
Р. Пряжка	3	1320	25–30	1,0–2,5	126,1	н. д.	н. д.
Р. Смоленка (от истока до ул. Наличной)	17	2600	20–35	1,0–3,0	94,6	н. д.	н. д.
Р. Фонтанка	15	6700	50–60	3,0	693,8	180	3854
Р. Черная Речка (от Коломяжского путепровода до устья)	11	1960	20–25	1,0–3,0	3,2	938	3,8

Примечание: н. д. – нет данных.

### Результаты и их обсуждение

Санкт-Петербург расположен в зоне сочленения Балтийского щита, являющегося кристаллическим фундаментом, и Русской плиты, сложенной древними осадочными породами. Четвертичные образования представлены архейско-раннепротерозойскими (2,5 млрд лет назад) метаморфическими и интрузивными комплексами (нижний структурный этаж) и

породами вендско-фанерозойского (550 млн лет назад) чехла (верхний структурный этаж). С поверхности в пределах города они перекрыты четвертичными образованиями, крайне неоднородными по генезису и литологическому составу. Их средняя мощность составляет 20–30 м [1]. На исследуемой территории в верхней части четвертичных отложений залегают нижнеголоценовые (11 тыс. лет назад) озерно-морские

отложения разного состава, образовавшиеся в период литориновой и последующих трансгрессий. Они представлены пластичными суглинками серого (зеленовато-серого) цвета. При пробоотборе эти отложения были вскрыты в р. Фонтанка, Мойка, Карповка, каналах Грибоедова и Обводном.

В целом за голоценовое время в водотоках сформировался однотипный фациально-генетический комплекс осадков. Опорный разрез отложений представлен тремя литолого-стратиграфическими комплексами (ЛСК) [4]. В нижней части залегают мягкопластичные суглинки озерно-морского происхождения (ЛСК-1), характеризующие ранний среднеголоценовый этап развития территории. На них сформировались аллювиальные осадки (ЛСК-2), состоящие преимущественно из гравийных средне- и мелкозернистых песков с включениями алевритопелитовых фракций и ракушечника. Вскрытая мощность комплекса достигает 0,8 м и более. Он отвечает периоду развития водотоков при отсутствии или низком уровне техногенных нагрузок. Третий комплекс (ЛСК-3), залегающий на поверхности, отражает индустриальный период развития района. Это текучие илы черного или темно-серого цвета с растительным детритом, запахом нефти и продуктов химических реакций, сформировавшиеся в последние десятилетия в условиях техногенеза. Максимальная установленная мощность этих отложений достигает более 2 м.

Техногенный комплекс осадков в разных водотоках неоднороден и зависит от степени нагрузки и источников загрязнения: иными словами, соотношения коммунально-бытовых, ливневых и промышленных вод. В водных объектах, которые служат приемником промышленных стоков, в ЛСК-3 выделяются два слоя. Оба представлены миктитами – смесью песчаных, алевритовых и пелитовых частиц. В каналах (Грибоедова и Обводном) и р. Мойка и Фонтанка в верхнем комплексе преобладают алеврито-пелитовые фракции, в нижнем – песчаные. В Обводном канале выражен слой (мощностью до 0,6 м) илистых разнозернистых песков черного цвета, насыщенных нефтепродуктами. В других изученных реках гранулометрический состав по разрезу меняется мало, а преобладающими фракциями выступают алевриты и пелиты. Отложения ЛСК 3-1 характеризуются черным цветом, выраженным загрязнением нефтепродуктами, большим количеством мусора и растительных остатков. Осадки ЛСК 3-2 имеют темно-серый до черного цвет с растительными остатками, но с меньшей степенью загрязнения нефтяными углеводородами. В целом современные осадки – текучие, имеют творожистую консистенцию, с высокой степенью насыщения биогазами, типичен полужидкий, флоккулированный верхний слой. В некоторых водотоках в ЛСК 3-1 встречаются прослойки алевритопелитовых разнозернистых песков с большим количеством нефтяных углеводородов.

В канале Грибоедова, реках Мойка, Фонтанка, Карповка, а также на некоторых участках р. Охта и Ждановка в нижней части ЛСК 3-1 установлен слой осадков, с большим количеством ракушечного материала, насыщенного нефтепродуктами. Можно предположить, что развитие техногенного осадконакопления, начало которого мы относим к послевоенному периоду (конец 40-х – начало 50-х гг. прошлого

века), было положено массовым сбросом предприятиями без всякой очистки сточных вод, насыщенных нефтепродуктами. Это привело к загрязнению углеводородами верхнего аллювиального слоя осадков и гибели брюхоногих и двустворчатых моллюсков, распространенных в это время на дне водотоков.

Другой особенностью осадков, которая не отмечалась ранее, является то, что во многих водотоках повсеместно или на отдельных участках самый поверхностный слой (0–3 см) имеет зеленовато-серый цвет, свидетельствующий об устойчивых окислительных условиях в придонных водах. Это позволяет говорить о более благоприятных экологических условиях, сложившихся в последнее время в водотоках города в связи со снижением объемов сброса, прежде всего, легкоокисляемых органических веществ. Развитие окислительных условий в верхнем слое осадков имеет широкое распространение в р. Ждановка, Фонтанка, более локально встречается в р. Мойка, Пряжка, Карповка, Смоленка и канале Грибоедова.

Рентгенодифракционный анализ пяти проб донных осадков показал, что во всех образцах присутствуют следующие фазы – кварц, анортит, мусковит, клинохлор, актинолит и каолинит. Состав основных минеральных фаз идентичен для всех изученных водотоков (р. Фонтанка, Мойка, Охта и Екатерингофка). Кроме того, не выявлено заметных изменений минералогического состава по разрезу осадков.

Литодинамические характеристики водотоков (общий объем накопленных современных осадков, скорости осадконакопления, поток абсолютных масс), раскрывающие динамические показатели осадконакопления, позволяют ранжировать их по выраженности процессов техноседиментогенеза [3], то есть уровню общих техногенных нагрузок, испытываемых водотоками (табл. 3). При этом необходимо отметить, что в предыдущие годы в ряде водотоков проводились дноочистные работы (особенно это коснулось Обводного канала, где за три последних года более чем на 2/3 его протяженности были почти полностью выбраны техногенные илы), поэтому объемы современных осадков даны по состоянию на 2013 г.

Общий объем современных техногенных осадков, аккумулированных в исследованных водотоках центральной части Санкт-Петербурга, составляет более 806 тыс. м<sup>3</sup>. Из этого количества три четверти величины сосредоточено в четырех водотоках: р. Екатерингофка, Охта, Мойка и в Обводном канале. При этом р. Екатерингофка является безусловным лидером по количеству накопленных техногенных илов (217,5 тыс. м<sup>3</sup>).

Скорости осадконакопления в р. Екатерингофка, Охта, Мойка и Обводном канале соответствуют критериям развития процессов техноседиментогенеза (более 1 см/год). Особенно это выражено для Обводного канала и р. Екатерингофки, где даже средние значения скоростей достигают 1,8–2,4 см/год. В р. Фонтанка и Карповка скорости осадконакопления 1 см/год и более зафиксированы на отдельных участках акватории. В остальных водотоках значения средних скоростей седиментации близки к величине 0,5 см/год. Следует подчеркнуть, что скорость осадконакопления влияет на физико-механические свойства отложений: чем она выше, тем большей влажностью и текучестью, но меньшим объемным весом характеризуются осадки [4, 8].

## Литодинамические показатели в пределах изученных акваторий рек и каналов Санкт-Петербурга

Водоток	Общий объем современных осадков, м <sup>3</sup>	Скорости осадконакопления, см/год (максимальные/средние)	Среднее значение потока абсолютных масс, кг/м <sup>2</sup> · год
Р. Екатерингофка	217450	4,0/1,8	16,4
Р. Ждановка	13160	0,40/0,24	2,1
Канал Грибоедова	37162	0,9/0,55	4,5
Р. Карповка	20900	1,0/0,58	4,8
Р. Мойка	82590	2,2/1,0	8,0
Обводный канал	152575	3,0/2,4	20,4
Р. Охта	161470	3,3/1,1	9,3
Р. Пряжка	13365	0,70/0,53	4,3
Р. Смоленка	19080	0,90/0,50	4,0
Р. Фонтанка	74965	2,0/0,53	4,5
Р. Черная Речка	13550	0,80/0,54	4,8

Поток абсолютных масс в пределах города, который отражает количество твердого материала, осаждающегося на единице площади поверхности дна в течение года, свидетельствует об уровне техногенной нагрузки на водный объект. Природные показатели для устьевых участков рек составляют величину менее 2,5 кг/м<sup>2</sup> · год, а критерием выраженного техногенеза служит значение более 11,0 кг/м<sup>2</sup> · год [3]. Полученные результаты для изученных водотоков позволяют по этому показателю выделить среди них три группы (см. табл. 3). Первая и самая многочисленная группа: р. Фонтанка, Пряжка, Смоленка, Черная Речка, Карповка и канал Грибоедова – характеризуется значением потока абсолютных масс 4,0–4,8 кг/м<sup>2</sup> · год. Эти водотоки полностью или большей частью протекают в районах сплошной городской застройки при отсутствии или небольшом количестве промышленных сбросов. Основными источниками поступления техногенного материала служат ливневые воды, сброс снега на лед, на некоторых водотоках – коммунально-бытовые стоки. Водотоки этой группы по показателю потока абсолютных масс можно отнести к водным объектам с природно-техногенным режимом осадконакопления.

Ко второй группе относятся р. Мойка и Охта, значения потока абсолютных масс которых близки к 10 кг/м<sup>2</sup> · год. Мойка по условиям береговой инфраструктуры близка к первой группе, однако в нижнем течении большую роль играют промышленные сточные воды. В р. Охта, напротив, основное значение имеют промышленные сбросы, а сток с городской застройки относительно невелик. Реки Мойка и Охта соответствуют переходным показателям от природно-техногенного к техногенному режиму осадконакопления. При этом в нижнем течении рек отчетливо выражены процессы техноседиментогенеза.

Третья группа включает Обводный канал и р. Екатерингофку, имеющих экстремально высокие значения показателя (более 16 кг/м<sup>2</sup> · год), что свидетельствует об устойчивом режиме техноседиментогенеза по всей изученной длине водотоков. При этом в Обводный канал до последнего времени сбрасывались в большом объеме воды промышленных предприятий,

коммунально-бытовой сферы и ливневые. В р. Екатерингофка поступало и поступает значительное количество промышленных стоков.

Особняком по величине потока абсолютных масс и скорости осадконакопления стоит р. Ждановка, где в заметной степени сохраняются природные процессы дифференциации и аккумуляции осадочного материала на дне. Вероятно, решающим фактором этого является расположение водотока, на левом берегу которого находится Петровский парк.

Содержание органического углерода отражает уровень поступления органического вещества природного и антропогенного происхождения. Из приведенных значений (табл. 4) видно, что максимальные концентрации характерны для донных осадков р. Охта, Екатерингофка и Черная Речка. Вероятно, это вызвано комплексным источником органического вещества (ОВ) в осадках водотоков: промышленным и коммунально-бытовым, а также в виде листового опада и растительных остатков. При этом содержание органического вещества в этих водотоках соответствует значениям, типичным для органо-минеральных техногенных илов [3]. Окисление и последующая полимеризация ОВ приводят к образованию большого количества высокомолекулярных соединений (геополимеров) – гумусовых веществ и битумоидов – и изменению цвета донных осадков на темно-серый и черный, что и наблюдается в отложениях всех изученных водотоков. Свой вклад вносят и нефтяные углеводороды, усиливая темный тон осадков. Вниз по разрезу отложений содержание  $C_{орг}$  во всех водотоках, за исключением р. Фонтанки, увеличивается. Большое количество ОВ разнообразного состава обуславливает формирование органо-минеральных комплексов металлов, что влияет на формы их нахождения в осадках и в составе иловых вод.

Концентрация нефтяных углеводородов (НУ) в донных осадках изученных водотоков центральной части города на 1–3 порядка превышает природный фон (74 мг/кг), в качестве которого принято содержание в озерно-морских отложениях, вскрытых при опробовании осадков р. Фонтанка. В табл. 4 приведены данные по содержанию НУ в поверхностном

**Содержание органического углерода ( $C_{орг}$ ) и нефтяных углеводородов (НУ) в донных осадках рек и каналов центральной части Санкт-Петербурга**

Водоток	Среднее содержание $C_{орг}$ , %	Содержание НУ в поверхностном слое, мг/кг		Накопленное количество НУ, т
		Среднее	Диапазон	
Р. Екатерингофка	9,5	10955	4114–31786	2107
Р. Ждановка	3,0	1837	347–3379	18,4
Канал Грибоедова	6,4	1761	326–2996	61,1
Р. Карповка	4,7	4331	1133–14847	81,7
Р. Мойка	6,0	1611	224–3430	100,4
Обводный канал	5,3	7476	1943–17937	903
Р. Охта	13,2	5117	629–8573	563
Р. Пряжка	3,6	2268	1940–2775	26,6
Р. Смоленка	6,6	5596	657–27773	204
Р. Фонтанка	2,9	6279	947–26 313	342
Р. Черная Речка	9,7	9304	1431–18016	132,6

слое осадков [2]. На отдельных участках водотоков концентрация нефтяных углеводородов достигает 3,0% от сухого вещества осадка. Такой уровень загрязнения исключает всякие формы жизни на дне, кроме бактериальной, и вызывает вторичное загрязнение воды [3]. В разрезе осадков содержание еще выше. Так, максимальная концентрация, составляющая 3,9%, была установлена в р. Черная речка на глубине 0,4 м от поверхности дна.

Исследования содержания нефтяных углеводородов по разрезу донных отложений водотоков показали их относительную стабильность только в трех реках: Охта, Ждановка и Фонтанка. В остальных водотоках установлено значительное уменьшение концентраций в самом верхнем слое по сравнению с нижележащими современными осадками: в Обводном канале, р. Карповка и Мойка – в 3 раза, в р. Екатерингофка – в 2 раза, в р. Черная Речка – в 4, р. Смоленка – в 5–17, канале Грибоедова – в 2–5 раз. Это служит доказательством снижения уровня техногенных нагрузок на водные объекты центральной части города в последние годы и подтверждает статистические данные по сбросу НУ (см. рис. 1).

Накопленное количество нефтяных углеводородов в водотоках центральной части города представляет собой очень значительную величину. В изученных акваториях она составляет более 4,5 тыс. т. Чуть менее половины этого объема сосредоточено в р. Екатерингофке. Большое количество нефтепродуктов находится в Обводном канале (по состоянию на 2013 г.) и р. Охта. В целом же в исследованных водотоках, если выражаться образно, накоплен объем, соответствующий 68 железнодорожным цистернам.

### Выводы

Проведенные исследования донных осадков водотоков центральной части Санкт-Петербурга позволяют сделать следующие выводы.

1. Литодинамические показатели осадконакопления (скорость осадконакопления и величина потока абсолютных масс) в изученных реках и каналах свидетельствуют, что в последние десятилетия в р. Ека-

терингофке, Обводном канале, а также нижнем течении р. Охта и Мойка уровень антропогенного воздействия превысил самоочищающую способность этих водотоков, и процессы осадкообразования развивались в режиме техноседиментогенеза. В остальных водных объектах такой процесс отмечается лишь на отдельных участках, приуроченных к местам сброса промышленных и коммунально-бытовых вод. В минимальной степени это явление затронуло р. Ждановка, Смоленка и Пряжка.

2. Процессы техноседиментогенеза привели к накоплению большого количества загрязненных донных отложений (техногенных илов), общий объем которых в изученных водотоках составил более 800 тыс. т. При этом 3/4 этого количества сосредоточено в четырех водотоках: р. Екатерингофка, Охта, Мойка и в Обводном канале. В последнем в настоящее время проводятся дноочистные работы.

3. Крайне неблагоприятная обстановка сложилась с загрязнением донных отложений нефтяными углеводородами. В некоторых местах их концентрация достигает 1–4% на сухое вещество осадка. Накопленное количество этого поллютанта в водотоках центральной части города составляет более 4,5 тыс. т, что соответствует объему 68 железнодорожных цистерн. Из этого количества около половины сосредоточено в р. Екатерингофка.

4. По концентрации в донных осадках и количеству накопленных в них нефтепродуктов можно составить оценочный ряд по степени экологического неблагополучия изученных рек и каналов: Екатерингофка > Обводный канал > Черная Речка > Фонтанка > Охта > Смоленка > Карповка > Мойка > Пряжка > Канал Грибоедова > Ждановка.

5. Снижение скорости осадконакопления и появление окисленного верхнего слоя в донных отложениях некоторых водотоков, а также уменьшение содержания нефтяных углеводородов в поверхностном слое осадков по сравнению с нижележащими позволяют говорить о падении уровня техногенной нагрузки на водотоки центральной части Санкт-Петербурга в последние годы.

## Литература

1. Геология и геоморфология Балтийского моря. Сводная объяснительная записка к геологическим картам масштаба 1:500000. – Л. : Недра, 1991. – 419 с.
2. Митрофанова Е.С., Опекунов А.Ю. Оценка загрязнения донных отложений рек и каналов Санкт-Петербурга нефтяными углеводородами // Материалы III научно-практической конференции «Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы (молодые в науке)» г. Воронеж, 20–22 ноября 2013 г. – Воронеж : Цифровая полиграфия, 2013. – С. 116–119.
3. Опекунов А.Ю. Экологическая седиментология: Учебное пособие. – СПб. : Изд-во СПбГУ, 2012. – 224 с.
4. Опекунов А.Ю., Мануйлов С.Ф., Шахвердов В.А., Чураков А.В., Куринный Н.А. Состав и свойства донных отложений р. Мойки и Обводного канала Санкт-Петербурга // Вестник СПбГУ. Сер. 7. – 2012. – Вып. 2. – С. 65–80.
5. Опекунова М.Г., Арестова И.Ю., Елсукова Е.Ю. Методы физико-химического анализа почв и растений: Методические указания. – СПб. : Изд-во СПбГУ, 2002. – 70 с.
6. Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2009 году / Ред.: Д.А. Голубев, Н.Д. Сорокин. – СПб., 2009. – 440 с.
7. Экологическая обстановка в Санкт-Петербурге: Аналитический обзор за 25 лет / Ред.: Д.А. Голубев, Н.Д. Сорокин. – СПб. : ФормаТ, 2004. – 784 с.
8. Янин Е.П. Техногенные речные илы (вещественный состав, геохимические особенности, экологическая оценка) // Экологическая экспертиза. – 2013. – № 1. – С. 2–196.

