DOI 10.15593/2409-5125/2018.02.08

УДК 504, 62

**М.Ю. Андрианова, Е.А. Бондаренко, А.С. Михайлова,
Н.И. Немчинова, Е.Н. Романова**

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТОЧНЫХ ВОД ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Загрязнение поверхностных вод происходит в результате сброса городских стоков в водные объекты. Их оперативное выявление возможно с помощью различных методов экспресс-контроля. Для изучения информативности оптических экспресс-методов проанализированы характеристики сточной воды (из канализационных колодцев Политехнического университета), речных вод (Невы, незагрязненной части Охты и Харвази) и водопроводной воды (СПб) по следующим параметрам: ХПК, БПК₅, содержание общего органического углерода (ТОС), общего азота; оптическая плотность при 254 нм (D_{254}), относительный параметр $SUVA_{254}$; интенсивность флуоресценции (I) при длине волны возбуждения 230 и 270 нм, длинах волн регистрации 300, 320, 350, 420 нм. Наибольшие значения D_{254} и концентрации органических примесей (оцениваемые по ХПК, БПК₅, ТОС) в сточных водах отмечаются для проб с большим содержанием хозяйственно-бытовых стоков (корпуса со столовой, общежитием), наименьшие – для стоков гаража, автомойки, учебных корпусов и спорткомплекса. Для сточных вод D_{254} может быть ниже или выше, чем для речных вод в зависимости от концентрации органических примесей. При 300–350 нм I для проб сточных вод с высоким ТОС (от 24 до 121 мг/л) была выше, чем в изученных речных водах, что делает этот параметр информативным для экспресс-анализа. Соотношение между I белкового типа (300–350 нм) и I гуминового типа (420 нм) отличается еще большей информативностью, поскольку оно в сточных водах (независимо от ТОС) выше, чем в речной воде.

Ключевые слова: сточные воды, поверхностные воды, органические примеси воды, $SUVA_{254}$, флуоресценция, мониторинг.

Введение. В городах России актуальна проблема загрязнения поверхностных вод. Одной из ее причин является сброс сточных вод в водные объекты. В Санкт-Петербурге около 98 % сточных вод поступает в канализацию и направляется на очистку. Ведется строительство новых коллекторов, что позволит канализовать стоки со всей территории города, тем самым ликвидировать прямые выпуски стоков в водные объекты и, следовательно, улучшить экологическую ситуацию в Неве и ее притоках [1–3].

Оптические характеристики сточных вод политехнического университета / М.Ю. Андрианова, Е.А. Бондаренко, А.С. Михайлова, Н.И. Немчинова, Е.Н. Романова // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2018. – № 2. – С. 110–123. DOI: 10.15593/2409-5125/2018.02.08

Andrianova M., Bondarenko E., Mihajlova A., Nemchinova N., Romanova E. Optical characteristics of polytechnic university's wastewater. PNRPU. Applied ecology. Urban development. 2018. No. 2. Pp. 110-123. DOI: 10.15593/2409-5125/2018.02.08

Однако невозможно полностью устранить риск загрязнения городских водотоков. Возможны аварии на очистных сооружениях и несанкционированные сбросы от предприятий [2]. Также не исключены ошибочные или намеренные подключения бытовой канализации новостроек к ливневой канализации или дренажным трубам [4, 5], имеющим прямые выпуски в реки.

Качество воды в водотоках города контролируется в нескольких створах, отборы проб проводятся несколько раз в год, обычно не чаще одного раза в месяц согласно РД 52.24.309–2011. Очевидно, что такая периодичность контроля недостаточна для своевременного выявления загрязнений и принятия управленческих решений. В настоящее время предлагается повысить оперативность мониторинга водных объектов, в том числе за счет совершенствования лабораторно-аналитической базы, внедрения автоматизированных средств контроля, более широкого использования мобильных гидрохимических лабораторий [6]. В такой ситуации востребованы будут методы экспресс-анализа.

Существует ряд параметров для экспрессной оценки качества воды, изменение которых свидетельствует о загрязнении городскими сточными водами. Так, увеличение удельной электропроводности во многих случаях служит признаком загрязнения, поскольку содержание главных ионов (натрия, калия, кальция, магния, хлоридов, сульфатов, гидрокарбонатов) в сточных водах часто выше, чем в речных [7, 8]. Повышенные концентрации ионов аммония указывают на недавнее фекальное загрязнение, нитратов – на давнее [4, 9]. Кроме соединений азота, бытовые стоки содержат органические примеси, которые могут регистрироваться на портативных анализаторах общего органического углерода, датчиках цветности и мутности воды. Следует отметить, что на взвешенные примеси (которые увеличивают мутность воды) в бытовых стоках приходится около половины всего органического вещества [2, 4]. Присутствие главным образом растворенных органических примесей может оцениваться не только по цветности воды, но и по ее оптической плотности при 254 нм [10]. Флуориметрические показатели также дают возможность выявить органические примеси воды, позволяя отличить вещества техногенного характера от растворенного органического вещества природных вод [11–13].

Внедрение автоматических датчиков контроля качества в Санкт-Петербурге началось с 2002 г., когда был введен в эксплуатацию опытный образец автоматической станции непрерывного экологического мониторинга «АСНЭМ-1», разработанный в НИЦЭБ РАН [14]. Станция измеряла цветность, мутность, pH, удельную электропроводность и температуру

воды в Неве. В городе эксплуатируется несколько автоматических станций мониторинга, измеряющих концентрации фосфатов, нитритов, нитратов, аммония, растворенного кислорода, а также pH и мутность воды [14, 15]. Однако в настоящее время спектр возможных экспресс-методов контроля качества воды далеко не исчерпан.

Цель данной работы состояла в характеристике сточных вод по оптическим параметрам и сопоставлении их с известными параметрами для поверхностных вод Санкт-Петербурга. Результаты сравнения могут использоваться в экспресс-мониторинге качества воды.

В работе исследовали следующие оптические параметры:

1) спектры оптической плотности воды, а также относительный показатель $SUVA_{254}$, который является мерой ароматичности растворенного органического вещества [10];

2) интенсивность флуоресценции воды в диапазоне длин волн регистрации 220–650 нм.

Объекты исследования. Пробы сточных вод были отобраны в апреле и октябре 2017 г. из внутренних канализационных колодцев территории Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. Сточные воды поступали от жилых и учебных корпусов (корпус ИМОП с общежитием, административными помещениями и учебными аудиториями, спорткомплекс с бассейном) и технических объектов (автомойка, гараж), один из колодцев (проба № 6) был затоплен водой (грунтовой и дождевой) и бытовых сточных вод на момент отбора не содержал. Пробы № 1–3 были отобраны в апреле 2017 г., пробы № 4–9 – в октябре 2017 г.

Бутили с пробами хранили в холодильнике при +4 °C в вертикальном положении в течение не более 2 дней перед химическим и спектральным анализом. Пробы для анализа на ХПК и БПК₅ до анализа хранили в замороженном состоянии.

Пробы невиской и водопроводной воды были отобраны в апреле 2013 г. на Северной водопроводной станции из водозабора и после очистки на станции.

Четыре пробы воды из рек Охты (приток Невы) и одна проба из реки Харвази были отобраны в сентябре 2013 г. Места отбора располагались вблизи впадения Харвази в Охту, где вода не была подвержена загрязнению сточными водами от населенных пунктов, судя по другим показателям [16].

Методы анализа. Перед анализом пробы размораживали (при необходимости) и отстаивали не менее 2 ч. После этого в воде определяли концентрацию общего органического углерода (TOC), общего неорганического углерода (IC), общего азота (TN) на анализаторе TOC-Lvpr с приставками TNM-L и ASI-L (Shimadzu, Japan). Погрешность измерения составляла ±15 %.

Для отстаиванных проб воды определяли ХПК по ПНД Ф 14.1:2:4.190–2003 термореактором (НПФ «Люмэкс», Россия) и фотометрическим окончанием на приборе Флюорат-02-3М (НПФ «Люмэкс», Россия) [11], погрешность измерения составляла $\pm 30\%$ в области до 30 мгО/л, $\pm 15\%$ в области от 75 до 300 мгО/л. БПК₅ определяли по ПНД Ф 14.1:2:3:4.123–97 [13], погрешность измерения составила $\pm 30\%$ в области до 10 мгО₂/л, $\pm 15\%$ в области от 10 до 150 мгО₂/л. Для выборочных проб также определяли ХПК и БПК₅ после перемешивания (без отстаивания).

Спектры оптической плотности (D) для отстаиванных проб воды получали на спектрофотометре СФ-56 (ОКБ «Спектр», Россия). Показатель $SUVA_{254}$ вычисляли по формуле из работы [10]:

$$SUVA_{254} = D_{254,1\text{см}} / \text{ТОС, мг/л}$$

где $D_{254,1\text{см}}$ – оптическая плотность пробы при длине волны 254 нм, измеренная в кювете с длиной оптического пути 1 см; ТОС – концентрация общего органического углерода в пробе, мг/л.

Спектры флуоресценции для отстаиванных проб воды получали на спектрофлуориметре RF-5301pc (Shimadzu, Japan) при длинах возбуждения 230 и 270 нм, в диапазоне длин волн регистрации 220–650 нм. Данные для пробы воды, разведенной в 10 раз дистиллированной водой, представлены с вычетом сигнала последней. Интенсивность флуоресценции обозначается символами $I_{\text{ex,em}}$, где I – интенсивность сигнала, ex – длина волны возбуждения (нм), em – длина волны флуоресценции (нм). Коррекция I на первичный и вторичный внутренние фильтры не проводилась.

Результаты и обсуждение. Основные результаты химического анализа проб воды представлены в табл. 1. Наибольшими значениями ХПК и БПК₅ отличаются пробы № 2 и 3, для которых выполнены измерения не только в пробах после отстаивания, но и в исходных (перемешанных) пробах (см. табл. 1).

Наибольшее значение БПК₅ (137 мгО₂/л) зарегистрировано в пробе № 3. Оно не превышает 300 мгО₂/л, что является максимально допустимым значением для сточных вод, поступающих в централизованные системы водоотведения (согласно Постановлению Правительства РФ от 3 ноября 2016 г. № 1134) [17].

Соотношение ХПК/БПК₅ почти во всех пробах выше, чем рекомендуемое для очистных сооружений значение 2,5 [9], однако при приеме сточных вод в городскую канализацию это соотношение нормируется только при БПК₅ > 500 мгО₂/л [9]. В целом значение БПК₅ и ХПК в большинстве проб соответствуют средним данным по станциям аэрации Санкт-Петербурга (ХПК = 320 мгО/л, БПК₅ = 150 мгО₂/л) [3].

Таблица 1
Результаты химического анализа отстоянных проб воды (в скобках приведены значения для проб без отстаивания)

№ п/п	Точки отбора проб	ТОС, мг/л	ТОС 0,375	IC, мг/л	TN, мг/л	ХПК, мгО ₂ /л	БПК ₅ , мгО ₂ /л	ХПК БПК ₅
1	Гараж	6,3	17	39	9,8	27 (52)	3,5 (8)	7,7 (6,5)
2	ИМОП	101	269	3,1	1,8	239 (354)	50 (72)	4,8 (4,9)
3	Уч. городок (столовая 4 корпус) внутренний колодец	121	323	50	43	334 (572)	99 (137)	3,4 (4,2)
4	102-й колодец общесплавной выпуск (проба 1 окт.)	89	237	114	124	203	75,8	2,7
5	От спорткомплекса колледжа (Светлановский пр., 1) (проба 2 окт.)	24	64	79	40	61	9,3	6,6
6	Химкорпус общесплавной затопленный колодец (проба 3 окт.)	0,1	0,3	147	19	18	1,86	9,7
7	74-й колодец ТВН (проба 4 окт.)	75	200	107	108	179	69	2,6
8	Бытовая канализация ТВН (ул. Гжатская, 27) (проба 6 окт.)	1,4	3,7	117	44	31	10,9	2,8
9	Автомойка 72-й колодец (ул. Гидротехников, 6) (проба б/н окт.)	2,0	5,3	30	1,8	14	16,5	0,9
10	Нева	16-17	42-44	7,4-7,8	0,4-0,5	—	—	—
11	Харвази	39	103	5,1	0,5	—	—	—
12	Охта	19-27	50-72	2,7-7,0	0,4-0,5	—	—	—
13	Водопровод	8-10	21-26	6,0-6,4	0,4-0,5	—	—	—

Результат приблизительной оценки ХПК (в мгО/л) по значениям ТОС (в мг/л) по известной формуле $\text{ХПК} = \text{ТОС}/0,375$ [10] также приведен в табл. 1 (столбец ТОС/0,375). Видно, что для растворенных примесей сточных вод расчетные значения близки к измеренным (столбец ХПК), хотя в пробах с низким ТОС расчет дает заниженные значения, не учитывая иные примеси, окисляемые в реакции с бихроматом калия.

По данным табл. 1 можно заключить, что среди отобранных сточных вод есть как пробы с низким содержанием растворенных органических примесей (ТОС от 0,1 до 6,3 мг/л, БПК₅ от 2 до 16,5 мгО₂/л, ХПК от 14 до 31 мгО/л), так и с высоким содержанием (ТОС от 24 до 121 мг/л, БПК₅ от 9,3 до 99 мгО₂/л, ХПК от 61 до 334 мгО/л). Эти группы проб отличаются и по оптическим характеристикам (табл. 2).

Примеры спектров оптической плотности воды даны на рис. 1. Видно, что оптическая плотность воды монотонно понижается при увеличении длины волны. В спектрах некоторых проб сточной воды дополнительно видна полоса поглощения при 260–290 нм, характерная для белков [18].

Рис. 1. Спектры оптической плотности выборочных проб воды

В табл. 2 приведены значения оптической плотности при 254 нм, которые используются для оценки содержания растворенных органических примесей воды [10], а также расчета относительного параметра SUVA_{254} . Пробы сточных вод с низким содержанием органических примесей (до 6,3 мгТОС/л, № 1, 6, 8, 9) в нашем случае имеют и наиболее низкие значения D_{254} (в неразбавленных пробах от 0,14 до 0,23). Благодаря этому в них

Таблица 2

Оптические характеристики отстаивных проб воды

№ п/п	D ₂₅₄ (неразб.)	D _{254, 1см} (разб. в 10 раз)	SUV/A ₂₅₄ , (мг·ТОС·м) ⁻¹	Неразбавленные пробы						
				I _{230, 300}	I _{230, 320}	I _{230, 350}	I _{230, 420}	I _{270, 320}	I _{270, 350}	I _{270, 420}
1	0,234	0,033	5,23	117	98	196	222	41	61	125
2	0,870	0,094	0,93	265	289	303	136	127	133	77
3	>2,6	0,265	2,19	327	410	481	188	306	388	152
4	0,969	0,085	0,96	213	323	380	270	147	189	156
5	0,339	0,035	1,48	201	246	358	320	97	123	183
6	0,144	0,013	128	36	39	96	153	28	54	151
7	0,665	0,050	0,67	383	505	592	239	209	252	154
8	0,216	0,023	17,2	80	112	202	275	48	82	161
9	0,153	0,016	7,83	72	132	412	273	53	100	181
10	0,30–0,32	(0,032)	1,9–2,0	11	17	37	163	–	–	–
11	(2,0)	0,20	5,1	75	138	204	608	51	72	313
12	(0,7–1,1)	0,07–0,11	3,6–4,0	58–93	91–155	142–248	263–525	34–58	48–82	131–272
13	0,07–0,11	–	0,84–1,1	7	11	19	53	–	–	–

получаются высокие значения $SUVA_{254}$ – более $5,2 \text{ (мгТОС} \cdot \text{м)}^{-1}$, причем самое высокое значение в пробе № 6 обусловлено почти полным отсутствием органических примесей и может быть исключено из рассмотрения. В пробах сточной воды со сравнительно высоким содержанием органических примесей (№ 2–5 и 7, ТОС от 24 до 121 мг/л) значения D_{254} выше (в неразведенных пробах 0,34–2,7), а $SUVA_{254}$ составляла от 0,67 до 2,19.

Пробы из Охты и Харвази (ТОС от 19 до 39 мг/л) имеют значения D_{254} выше, чем у невиской воды (0,30–0,32 в невиской воде, 0,7–1,1 в Охте, 2,0 в Харвази). Только в одной из проб сточных вод (№ 3 от 4-го корпуса) значение D_{254} больше, чем в Харвази и остальных изученных речных водах. Превышение более чем на 20 % по D_{254} над невиской водой не наблюдается в пробах сточных вод с низким ТОС (до 24 мг/л, это пробы № 1, 5, 8, 9), над водой Охты – ни в одной пробе сточных вод (хотя содержание органических примесей в воде Охты и Харвази ниже, чем для некоторых проб сточных вод).

Таким образом, сброс сточных вод в реки может приводить к увеличению, уменьшению или сохранению на приблизительно том же уровне параметра D_{254} , так что нельзя в общем случае однозначно сказать о наличии загрязнения речной воды по изменению этого параметра (что не мешает при наличии данных по D_{254} речной воды делать предварительные оценки). Результаты согласуются с данными работ [18, 19], где было показано, что для Охты в черте города и в районе новостроек загрязнение сточными водами от жилой застройки приводит к снижению D_{254} . Возможно, что аналогичная ситуация будет наблюдаться не только в реках, но и в озерах Северо-Запада и Карелии, воды которых богаты природными органическими примесями [21, 22].

Для природных вод $SUVA_{254}$ обычно находится в диапазоне от 1,0 до 6,0 $(\text{мгТОС} \cdot \text{м)}^{-1}$ [10]. Для проб из верховьев Охты и лесной реки Харвази $SUVA_{254}$ находится ближе к верхней границе этого диапазона и составляет от 3,6 до 5,6 $(\text{мгТОС} \cdot \text{м)}^{-1}$. Для проб воды из Невы $SUVA_{254}$ находится ближе к нижней границе и составляет 1,9–2,0 $(\text{мгТОС} \cdot \text{м)}^{-1}$. Такое различие может объясняться предварительным нахождением невиской воды в Ладожском озере, где происходит разрушение ароматических группировок почвенных органических веществ в результате контакта с кислородом, облучения солнечным светом, микробного разложения примесей.

Водопроводная вода характеризуется самыми низкими значениями $SUVA_{254}$ (от 0,8 до 1,1 $(\text{мгТОС} \cdot \text{м)}^{-1}$). Примерно двукратное снижение $SUVA_{254}$ невиской воды в результате водоподготовки связано с окислительным действием дезинфектантов, разрушающих ароматические группировки органических примесей воды.

Спектры флуоресценции воды имеют вид, типичный для сточных вод [23, 24] (рис. 2). Флуоресценция белкового типа наблюдаются при 280–380 нм, в отдельных пробах она интенсивнее, чем флуоресценция гуминового типа. При возбуждении на 230 нм максимумы флуоресценции регистрируются около 290, 320, 340–350, 370 нм (белкового типа), 420–440 нм (гуминового типа). Флуоресценция белкового типа наблюдается и при длине волны возбуждения 270 нм. Максимум на спектре может быть не выражен на фоне флуоресценции гуминового типа (в пробах № 1, 8, 9) или находиться около 330–350 нм. При возбуждении на 270 нм максимум флуоресценции гуминового типа сдвинут в длинноволновую область и наблюдается при 440–460 нм.

Рис. 2. Спектры флуоресценции выборочных проб сточной воды (номера линий совпадают с номерами проб в табл. 1 и 2)

Значения I для отдельных длин волн вблизи максимумов представлены в табл. 2. Из данных видно типичное соотношение для сточных и речных вод [23, 24] между I белкового типа (регистрируемого при 300–350 нм) и гуминового типа (при 420 нм). В незагрязненной речной воде, как и ожидалось, преобладает флуоресценция гуминового типа; I белкового типа составляет от 10 до 50 % от I гуминового типа. В воде из канализационных колодцев (кроме пробы № 6) I белкового типа составляет от 30 до 260 % от I гуминового типа. Проба № 6 имеет значения промежуточные между сточными и речными водами. Хотя органических примесей проба практически не содержит, нельзя однозначно сказать, что она образована только ливневыми или дренажными водами (а не сточными), из-за заметного содержания общего азота (19 мг/л). Но из рассмотрения оптических и флуоресцентных свойств эту пробу можно исключить.

Сравнивая абсолютные значения I , можно сказать следующее. Превышение I сточных вод (кроме пробы № 6) над I речных вод наблюдается:

1) для невской воды – в области флуоресценции белкового типа для всех проб, кроме № 6; в области гуминового типа – для всех проб, кроме № 6 и проб от корпусов, где есть столовая и ожидаются хозяйственно-бытовые стоки (пробы стоков от ИМОП и 4-го корпуса под № 2 и 3);

2) для воды Харвази и Охты – в области флуоресценции белкового типа заметное превышение (более чем на 20 %) наблюдается для части проб сточных вод. Превышения более чем на 20 % не обнаруживается в пробе № 6, а также пробах № 1 (гараж), 8 (ТВН) и 9 (автомойка) с низким содержанием ТОС. В области гуминового типа флуоресценция речной воды имеет I , равную или большую, чем у изученных сточных вод.

Таким образом, увеличение интенсивности флуоресценции в большинстве случаев является маркером загрязнения, однако более информативным было бы использование соотношения интенсивностей флуоресценции белкового и гуминового типа.

Выводы. Проанализированы пробы сточных вод от разных зданий и построек СПбПУ. В отстоянных пробах ХПК составляло от 14 до 334 мгО/л, БПК₅ от 9 до 99 мгО₂/л, ТОС от 0,1 до 212 мг/л, IC от 3 до 117 мг/л, TN от 2 до 124 мг/л; оптическая плотность при 254 нм составила от 0,15 до 2,7.

Оценка ХПК по значениям ТОС по формуле $\text{ХПК} = \text{ТОС}/0,375$ показала, что расчетные значения близки к измеренным, однако в пробах с низким ТОС расчет дает заниженные значения.

Пробы сточных вод с низким содержанием органических примесей (до 6,3 мгТОС/л) имеют и наиболее низкие значения D_{254} (от 0,14 до 0,23). Благодаря этому в них получаются высокие значения SUVA_{254} – более 5,2 (мгТОС·м)⁻¹. В пробах сточной воды со сравнительно высоким содержанием органических примесей (ТОС от 24 до 121 мг/л) значения D_{254} выше (в неразведенных пробах 0,34 – 2,7), а SUVA_{254} составляет от 0,67 до 2,19 (мгТОС·м)⁻¹.

Пробы из незагрязненных частей рек Охта и Харвази (ТОС от 19 до 39 мг/л) имеют значения D_{254} выше, чем у невской воды (0,30–0,32 в невской воде; 0,7–1,1 в Охте; 2,0 в Харвази). Из данных видно, что сброс сточных вод в изученные реки может приводить к увеличению, уменьшению или сохранению на приблизительно том же уровне параметра D_{254} , так что нельзя в общем случае однозначно сказать о наличии загрязнения речной воды по изменению этого параметра (что не мешает при наличии данных по D_{254} речной воды делать предварительные оценки).

В незагрязненной речной воде преобладает флуоресценция гуминового типа; интенсивность флуоресценции белкового типа составляет (при 300–

350 нм) от 10 до 50 % от интенсивности гуминового типа (при 420 нм). В сточной воде интенсивность флуоресценции белкового типа выше и составляет от 30 до 260 % от интенсивности гуминового типа. Увеличение интенсивности флуоресценции в большинстве случаев является маркером загрязнения. Однако более информативным для выявления загрязнений было бы использование соотношения интенсивностей флуоресценции белкового и гуминового типа.

Библиографический список

1. В Петербурге принята Схема водоснабжения и водоотведения города // Официальный сайт Администрации Санкт-Петербурга. – URL: <http://gov.spb.ru/gov/otrasl/ingen/news/42235/> (дата обращения: 20.05.2016)
2. Голубев Д.А., Сорокин Н.Д. Глава 2. Качество вод водотоков Санкт-Петербурга // Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2011 году. – СПб., 2012. – С. 27.
3. Водоканал Санкт-Петербурга. Перспективные проекты. Прекращение сброса неочищенных сточных вод [Электронный ресурс]. – URL: http://www.vodokanal.spb.ru/kanalizovanie/perspektivnye_proekty/ (дата обращения 01.10.2013).
4. Отведение и очистка сточных вод Санкт-Петербурга / Ф.В. Кармазинов [и др.]. – СПб.: Новый журнал, 2002. – 674 с.
5. Областной комитет по ЖКХ: Новое девяткино подключат к Петербургскому Водоканалу // Фон-танка.ру: интернет-газета. – URL: <http://www.fontanka.ru/2014/11/17/169/> (дата обращения: 02.11.2015).
6. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Нева. Кн. 6. Перечень мероприятий по достижению целевого состояния речного бассейна [Электронный ресурс]. – 2015. – 72 с. – URL: http://www.nord-westwater.ru/upload/information_system_18/3/2/8/item_32845/information_items_property_7379.pdf (дата обращения: 10.12.2017).
7. Effects of Urban Sewage on Dissolved Oxygen, Dissolved Organic Inorganic and Organic Carbon, and Electrical Conductivity of Small Streams Along Graduate of Urbanization in the Piracicaba River basin / M. Daniel, A. Monteneblo, M. Bernardes, J. Ometto, P. DeCamargo, A. Krusche, M. Ballester, R. Victoria, L. Martinelli // Water, Air, and Soil Pollution. – 2002. – P. 189–206.
8. Sousa D.N.R. de et al. Electrical conductivity and emerging contaminant as markers of surface freshwater contamination by wastewater // Science of the Total Environment, 2014. – Vol. 484, № 1. – P. 19–26.
9. Wastewater engineering: treatment and reuse / G. Tchobanoglous, F.L. Burton, H.D. Stensel – Metcalf and Eddy Inc., 2003. – 1819 p.
10. Evaluation of specific ultraviolet absorbance as an indicator of the chemical composition and reactivity of dissolved organic carbon. / Weishaar J.L. [et al.] // Environmental Science and Technology. – 2003. – Vol. 37, № 20. – P. 4702–4708.
11. Hudson N., Baker A., Reynolds D. Fluorescence analysis of dissolved organic matter in natural, waste and polluted waters – a review // River Research and Applications. – 2007 – Vol. 23 (6). – P. 631–649.
12. Photoluminescent characteristics of urban stream in Saint-Petersburg / M.Ju. Andrianova, E.A. Bondarenko, A.N. Chusov, N.M. Gavrilova // Proceedings of XVI International Symposium on Luminescence Spectrometry – Rhodes, Greece, 2014.
13. Обнаружение загрязнений Муриноского ручья сточными водами методом флуориметрии / М.Ю. Андрианова, Е.А. Бондаренко, В.А. Старков, А.Н. Чусов. // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2014. – №9(24). – С. 26–38.
14. Автоматическая система контроля качества воды на водопроводной станции. Патент на полезную модель RU 69 256 U1 / Кармазинов Ф.В., Кинебас А.К., Донченко В.К., Махнев П.П., Холдкович С.В., Бекренев А.В., Иванов А.В.; опубл. 10.12.2007; Бюл. № 34.

15. Казаков А. Система государственного экологического мониторинга поверхностных вод в Санкт-Петербурге // Окружающая среда Санкт-Петербурга. – 2016. – № 2 (2). – С. 40–42.
16. Андрианова М.Ю., Бондаренко Е.А. Changing of Cations Concentrations in Waters of Polluted Urban River // Matec Web of Conferences- 2016. International scientific conference Week of Science in SPbPU – Civil Engineering (SPbWOSCE-2015). С. 01–06.
17. О вопросах осуществления холодного водоснабжения и водоотведения. [Электронный ресурс]: Постановление Правительства Рос. федерации от 3 ноября 2016 г. № 1134 – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_206904/ (дата обращения: 10.12.2017).
18. Пермяков Е.А. Метод собственной люминесценции белка. – М., Наука, 2003. – 189 с.
19. Ильина Х.В., Макшанова Е.Д., Бондаренко Е.А. Изменение оптической плотности и электропроводности в водах реки Охты // Сб. материалов XXII Международного Биос-форума и Молодежной Биос- олимпиады. – СПб.: Любавич, 2017. – С. 134–138.
20. Ильина Х.В., Гаврилова Н.М., Бондаренко Е.А., Андрианова М.Ю., Чусов А.Н. Экспресс-методы изучения вод загрязненных пригородных водотоков // Инженерно-строительный журнал. – 2017. – № 8(76). – С. 240–254.
21. Ватин Н.И., Чечевичкин В.Н., Чечевичкин А.В. Особенности очистки воды из р. Вуокса в летний период // Инженерно-строительный журнал. – 2010. – № 2. – С. 23–26.
22. Ресурсы поверхностных вод СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – Т. 2. Карелия и Северо-запад. – Ч. 1. – 527 с.
23. Henderson R.K. et al. Fluorescence as a potential monitoring tool for recycled water systems: A review // Water Res. 2009. – Т. 43. – № 4. – P. 863–881.
24. Carstea E.M., Bridgeman J., Baker A., Reynolds D.M. Fluorescence spectroscopy for wastewater monitoring: A review. Water Research, 2016. – № 95. – P. 205–219.

References

1. Ofitsialnyy sayt Administratsii Sankt-Peterburga. V Peterburge prinyata Skhema vodosnabzheniya i vodootvedeniya goroda. URL: <http://gov.spb.ru/gov/otrasl/ingen/news/42235/> (accessed 20 March 2016).
2. Golubev D.A., Sorokin N.D. Glava 2. Kachestvo vod vodotokov Sankt-Peterburga (2012) Okhrana okruzhayushchey sredy, prirodopolzovaniye i obespecheniye ekologicheskoy bezopasnosti v Sankt-Peterburge v 2011 godu. S.-Peterburg, pp. 27.
3. Vodokanal Sankt-Peterburga. Perspektivnyye proyekty. Prekrashcheniye sbrosa neochishchennykh stochnykh vod [elektronnyy resurs]. URL: http://www.vodokanal.spb.ru/kanalizovanie/perspektivnyye_proekty/ (accessed 01 Oktober 2013).
4. Karmazinov F.V. et al. Otvedeniye i ochistka stochnykh vod Sankt-Peterburga. SPb: Novyy zhurnal, 2002, 674 p.
5. Internet-gazeta Fontanka.ru. Oblastnoy komitet po ZhKKh: Novodevyatkinu podklyuchat k Peterburgskomu Vodokanalu. URL: <http://www.fontanka.ru/2014/11/17/169/> (accessed 02 November 2015).
6. Skhema kompleksnogo ispolzovaniya i okhrany vodnykh ob'yektov basseyna reki Neva. Kniga 6. Perechen meropriyatiy po dostizheniyu tselevogo sostoyaniya rechnogo basseyna. 2015. 72 p. URL: http://www.nord-west-water.ru/upload/information_system_18/3/2/8/item_32845/information_items_property_7379.pdf (accessed 10 December 2017).
7. Daniel M., Monteneblo A., Bernardes M., Ometto J., DeCamargo P., Krusche A., Ballester M., Victoria R., Martinelli L. Effects of Urban Sewage on Dissolved Oxygen, Dissolved Organic Inorganic and Organic Carbon, and Electrical Conductivity of Small Streams Along Graduate of Urbanization in the Piracicaba River basin. Water, Air, and Soil Pollution, 2002, pp. 189-206.
7. Hudson N., Baker A., Reynolds D. Fluorescence analysis of dissolved organic matter in natural, waste and polluted waters – a review. River Research and Applications, 2007, vol. 23 (6), pp. 631-649.
8. Sousa D.N.R. de et al. Electrical conductivity and emerging contaminant as markers of surface freshwater contamination by wastewater // Science of the Total Environment, 2014, vol. 484, no. 1, pp. 19-26.
9. Wastewater engineering: treatment and reuse / G. Tchobanoglous, F.L. Burton, H.D. Stensel – Metcalf and Eddy Inc., 2003, 1819 p.

10. Weishaar J.L. et al. Evaluation of specific ultraviolet absorbance as an indicator of the chemical composition and reactivity of dissolved organic carbon. *Environmental Science and Technology*, 2003, vol. 37, no. 20, p. 4702-4708
11. Hudson N., Baker A., Reynolds D. Fluorescence analysis of dissolved organic matter in natural, waste and polluted waters – a review. *River Research and Applications*. 2007, vol. 23 (6), pp. 631-649.
12. Andrianova M.Ju., Bondarenko E.A., Chusov A.N., Gavrilova N.M. Photoluminescent characteristics of urban stream in Saint-Petersburg. *Proceedings of XVI International Symposium on Luminescence Spectrometry*, Rhodes, Greece, 2014.
13. Andrianova M.Yu., Bondarenko Ye.A., Starkov V.A., Chusov A.N. Obnaruzheniye zagryazneniy Murinskogo ruchya stochnymi vodami metodom fluorimetrii. *Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy*, 2014, no. 9(24), pp. 26-38.
14. Karmazinov F.V., Kinebas A.K., Donchenko V.K., Makhnev P.P., Kholodkevich S.V., Bekrenev A.V., Ivanov A.V. Avtomaticheskaya sistema kontrolya kachestva vody na vodoprovodnoy stantsii. Patent na poleznyuyu model RU 69 256 U1, opublikovano 10.12.2007 Byul. № 34.
15. Kazakov A. Sistema gosudarstvennogo ekologicheskogo monitoringa poverkhnostnykh vod v Sankt-Peterburge // *Okruzhayushchaya sreda Sankt-Peterburga*, 2016, no. 2 (2), pp. 40-42.
16. Andrianova M.Yu., Bondarenko Ye.A. Changing of Cations Concentrations in Waters of Polluted Urban River, *Matec Web of Conferences*- 2016. International scientific conference Week of Science in SPbPU – Civil Engineering (SPbWOSCE-2015), pp. 01-06.
17. Pravitelstvo Rossiyskoy federatsii. Postanovleniye ot 3 noyabrya 2016 g. N 1134 O voprosakh osushchestvleniya kholodnogo vodosnabzheniya i vodootvedeniya. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_206904/ (accessed 10 December 2017).
18. Permyakov Ye.A. Metod sobstvennoy lyuminestsentsii belka. M., Nauka, 2003, 189 p.
19. Ilina Kh.V., Makshanova Ye.D., Bondarenko Ye.A. Izmeneniye opticheskoy plotnosti i elektroprovodnosti v vodakh reki Okhty. *Sbornik materialov XXII Mezhdunarodnogo Bios-foruma i Molodezhnoy Bios- olimpiady*. SPb.: SPbNTs RAN, VVM; SPb.: Lyubavich, 2017, pp. 134-138.
20. Il'ina Kh.V., Gavrilova N.M., Bondarenko E.A., Andrianova M.Ju., Chusov A.N. Express-techniques of polluted suburban stream waters study. *Magazine of Civil Engineering*, 2017, no. 8, pp. 241-254
21. Vatin N.I., Chechevichkin V.N., Chechevichkin A.V. Osobennosti ochistki vody iz r. Vuoksa v letniy period // *Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal*, 2010, no. 2, pp. 23-26.
22. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. Tom 2. Kareliya i Severo-zapad. chast 1.: L.: Gidrometeoizdat, 1972, 527 p.
23. Henderson R.K. et al. Fluorescence as a potential monitoring tool for recycled water systems: A review // *Water Res.* 2009, vol. 43, no. 4, pp. 863-881.
24. Carstea E.M., Bridgeman J., Baker A., Reynolds D.M. Fluorescence spectroscopy for wastewater monitoring: A review. *Water Research*, 2016, no. 95, pp. 205-219.

Получено 11.04.2018

**M. Andrianova, E. Bondarenko, A. Mihajlova,
N. Nemchinova, E. Romanova**

OPTICAL CHARACTERISTICS OF POLYTECHNIC UNIVERSITY'S WASTEWATER

Different express-methods are used to reveal pollution of surface waters with wastewaters. In order to investigate informativeness of optical express-methods the following parameters have been studied in wastewater samples from SPbPU and river waters: COD, BOD₅, TOC, IC, TN, optical density at 254 nm (D₂₅₄) and SUVA₂₅₄; fluorescence intensity at excitation wavelength 230 or 270 nm, emission

wavelength 300, 320, 350, 420 nm. The highest values of D254 and organic matter concentration (esteemed by COD, BOD₅, TOC) in wastewater were in samples with high amount of household wastewater (taken in buildings with canteen, dormitory), the smallest – in those taken in garage, car washing site, academic and sport buildings. D254 in wastewater can be higher or lower than in river waters depending on TOC. At 300–350 nm I for wastewater with high TOC (24–121 mg/L) was higher than in river water. This makes it possible to use this parameter for express water quality control. The ration between I at 300–350 nm (protein-like fluorescence) and I at 420 nm (humic-like fluorescence) is even more informative because it is higher in wastewater regardless of whether TOC is high or not than in river water.

Keywords: wastewater, sewage, surface waters, organic matter, SUVA₂₅₄, fluorescence, monitoring.

Андрианова Мария Юрьевна (Санкт-Петербург, Россия) – канд. техн. наук, доцент кафедры «Гражданское строительство и прикладная экология», Инженерно-строительный институт, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (195251, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29, e-mail: maandrianova@yandex.ru).

Бондаренко Екатерина Анатольевна (Санкт-Петербург, Россия) – ассистент кафедры «Гражданское строительство и прикладная экология», Инженерно-строительный институт, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (195251, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29, e-mail: ekaterina_bondarenko_a@inbox.ru).

Михайлова Анастасия Сергеевна (Санкт-Петербург, Россия) – магистрант кафедры «Гражданское строительство и прикладная экология», Инженерно-строительный институт, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (195251, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29, e-mail: mixailova_nastia@mail.ru).

Немчинова Надежда Ивановна (Санкт-Петербург, Россия) – зав. лабораторией кафедры «Гражданское строительство и прикладная экология», Инженерно-строительный институт, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (195251, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29, e-mail: nemchinovan@ya.ru).

Романова Елена Николаевна (Санкт-Петербург, Россия) – руководитель Эколого-аналитической лаборатории РГГМУ (192007, г. Санкт-Петербург, Воронежская ул., 79, e-mail: lab-him@gpa-spb.ru).

Andrianova Maria (St. Petersburg, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Department of Civil Engineering and Applied Ecology, Civil Engineering Institute, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (195251, St. Petersburg, Politechnicheskaya str., 29).

Bondarenko Ekaterina (St. Petersburg, Russian Federation) – Assistant, Department of Civil Engineering and Applied Ecology, Civil Engineering Institute, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (195251, St. Petersburg, Politechnicheskaya str., 29).

Mihajlova Anastasia (St. Petersburg, Russian Federation) – Student, Department of Civil Engineering Institute, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (195251, St. Petersburg, Politechnicheskaya str., 29).

Nemchinova Nadezhda (St. Petersburg, Russian Federation) – Head of laboratory, Department of Civil Engineering Institute, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (195251, St. Petersburg, Politechnicheskaya str., 29).

Romanova Elena (St. Petersburg, Russian Federation) – Director of Environmental analytical laboratory RSHU (192007, St. Petersburg, Voronezhskaja str., 29).