

УДК 504.5:665.8(282)
DOI: 10.7868/S25000640230207

НЕФТЯНЫЕ КОМПОНЕНТЫ В ВОДЕ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ РЕКИ ТЕМЕРНИК

© 2023 г. Т.О. Барабашин¹, В.С. Экилик¹, Л.Ф. Павленко¹, Г.В. Скрыпник¹

Аннотация. В р. Темерник в пределах г. Ростова-на-Дону в воде и донных отложениях отмечен высокий уровень загрязнения нефтепродуктами и полициклическими ароматическими углеводородами. Наиболее загрязнены участки реки в районе рынка «Темерник», Змиевской балки, Ботанического сада Южного федерального университета, автовокзала и устья. Превышение ПДК нефтепродуктов обнаружено более чем в 80 % проанализированных проб воды. Кратность превышения ПДК в воде варьировала от 0,4 до 82,8 раза. В подавляющем большинстве проанализированных проб воды р. Темерник результаты люминесцентного метода в 1,3–13 раз превышали результаты инфракрасного метода, что свидетельствует о накоплении стойких к процессам деградации люминесцирующих полициклических ароматических углеводородов. Полученные данные свидетельствуют о хроническом характере нефтяного загрязнения воды р. Темерник на участке от рынка «Темерник» до устья. В донных отложениях реки концентрации нефтепродуктов варьировали от сотых долей (0,04 г/кг) до аномально высоких значений (200 г/кг сухой массы). Согласно усредненным данным, полученным в различные сезоны 2018–2020 гг., по увеличению нефтяного загрязнения донных отложений участка р. Темерник располагаются в следующем порядке: Ростовское море, Верхнее водохранилище, Верхнее водохранилище 2, Камышеваха, Нижнее водохранилище, Сурб Хач, автовокзал, рынок «Темерник», Змиевская балка, Ботанический сад, устье.

Концентрации суммы полициклических ароматических углеводородов в воде различных участков р. Темерник менялись в пределах 91,6–505,6 нг/л, в донных отложениях – 277,6–2939 мкг/кг сухой массы. Максимальные их концентрации в воде и в донных отложениях обнаружены в районе автовокзала. Превышения предельно допустимой концентрации нафталина (4000 нг/л) и бенз(а)пирена (10 нг/л) в исследованных пробах воды не обнаружено. В составе полициклических ароматических углеводородов в воде доминировал нафталин, в донных отложениях – флуорантен.

Ключевые слова: Темерник, вода, донные отложения, загрязнение, нефтепродукты, полициклические ароматические углеводороды.

PETROLEUM COMPONENTS IN WATER AND BOTTOM SEDIMENTS OF THE TEMERNIK RIVER

T.O. Barabashin¹, V.S. Ekilik¹, L.F. Pavlenko¹, G.V. Skrypnik¹

Abstract. Along the Temernik River within the city of Rostov-on-Don, a high level of contamination with petroleum products and polycyclic aromatic hydrocarbons was noted in the water and bottom sediments. The most polluted sections of the river are in the area of the “Temernik” market, the Zmievskaia Hollow, the Botanical Garden of the Southern Federal University, the bus station and the mouth of the Temernik River. Excess of the MPC of petroleum products was detected in more than 80% of the analyzed water samples. The multiplicity of the maximum permissible concentration in water varied from 0.4 to 82.8 times. In the vast majority of the analyzed water samples of the Temernik River, the results of the luminescent method were 1.3–13 times higher than the results of the infrared method, which indicates the accumulation of luminescent

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, Азово-Черноморский филиал (Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Azov-Black Sea Branch, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21в, e-mail: timbar@bk.ru

polycyclic aromatic hydrocarbons resistant to degradation processes. The obtained data indicate the chronic nature of oil pollution of the Temernik River water in the area from the Temernik market to the mouth. In the bottom sediments of the river, the concentrations of petroleum products varied from hundredths – 0.04 g/kg to abnormally high values – 200 g/kg of dry weight. According to the averaged data obtained in various seasons 2018–2020, according to the increase in oil pollution of bottom sediments, the Temernik River sections are arranged in the following order: Rostov reservoir, Upper reservoir, Upper reservoir 2, Kamyshevakha, Lower reservoir, Surb Khach, bus station, “Temernik” market, Zmievsкая beam, Botanical Garden, estuary. The concentrations of the amount of polycyclic aromatic hydrocarbons in the water of various sections of the Temernik River varied in the range of 91.6–505.6 ng/l, in bottom sediments – 277.6–2939 micrograms/kg of dry weight. The maximum concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons in water and in bottom sediments were found in the area of the bus station. The excess of the maximum permissible concentration of naphthalene (4000 ng/l) and benz(a)pyrene (10 ng/l) was not detected in the water samples studied. Naphthalene dominated in the composition of polycyclic aromatic hydrocarbons in water, fluoranthene dominated in bottom sediments.

Keywords: Temernik River, water, bottom sediments, pollution, petroleum products, polycyclic aromatic hydrocarbons.

ВВЕДЕНИЕ

Постоянно увеличивающаяся урбанизация территорий России приводит к тому, что все большая часть населения живет в городах. Эта тенденция влечет за собой увеличение загрязнений речных русел, протекающих в границах практически всех городских агломераций. Развитие промышленности и инфраструктуры урбанизированных терри-

торий создает постоянно возрастающую нагрузку на все экологические системы. Во многих областях около 60 % питьевой воды не соответствует санитарным нормам. Образование отходов значительно опережает процессы их утилизации и переработки. Наиболее подвержены антропогенной нагрузке реки в пределах крупных мегаполисов [1; 2].

По мере развития г. Ростова-на-Дону растет антропогенная нагрузка на р. Темерник, ухудшаются физико-химические свойства воды, такие как прозрачность, цветность, появляется неприятный запах. Продукты распада водорослей приводят к недостатку кислорода, что зачастую является причиной гибели водных биологических ресурсов. Все это оказывает негативное влияние на состояние речного бассейна, препятствуя стоку воды и нарушая естественный промывной режим во время паводков. Согласно многолетним данным биотестирования, уровень токсичности реки характеризуется как чрезвычайно токсичный, причем донные отложения более токсичны, чем вода. На всем протяжении реки токсичность неоднородна, наиболее загрязненными являются зоны в пределах г. Ростова-на-Дону [3].

В настоящей работе приведены результаты исследований, проведенных в различные сезоны 2018–2020 гг., по загрязнению воды и донных отложений р. Темерник приоритетными токсикантами: нефтепродуктами, полициклическими ароматическими углеводородами.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Пробы отбирали на 11 участках реки: балка Камышеваха, находящаяся за пределами города (в ка-

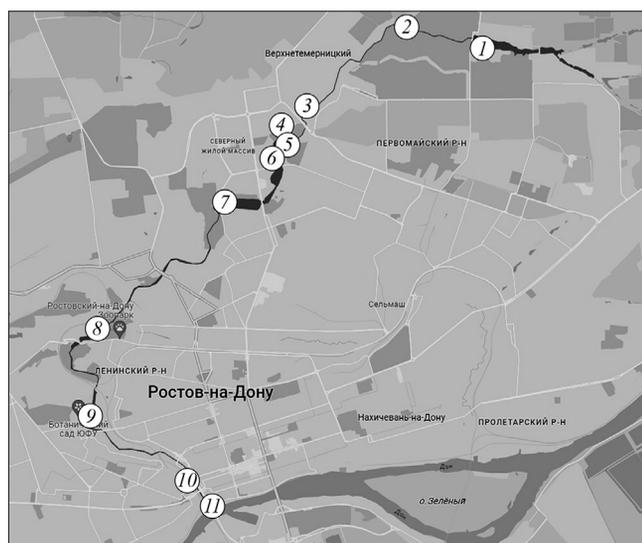


Рис. 1. Точки отбора проб воды и донных отложений р. Темерник: 1 – Ростовской море, 2 – Камышеваха, 3 – рынок «Темерник», 4 – Сурб Хач, 5 – Верхнее водохранилище, 6 – Верхнее водохранилище 2, 7 – Нижнее водохранилище, 8 – Змиевская балка, 9 – Ботанический сад Южного федерального университета, 10 – автовокзал, 11 – устье.

Fig. 1. Sampling points of water and bottom sediments of the Temernik River: 1 – Rostov reservoir, 2 – Kamyshevakha, 3 – “Temernik” market, 4 – Surb Khach, 5 – Upper reservoir, 6 – Upper reservoir 2, 7 – Lower reservoir, 8 – Zmievsкая beam, 9 – Botanical Garden of the Southern Federal University, 10 – bus station, 11 – estuary.

честве контрольной точки), каскад водохранилищ (Ростовское море, Верхнее и Нижнее водохранилища), река в районе рынка «Темерник», в районе церкви Сурб Хач, Змиевской балки, Ботанического сада Южного федерального университета, автовокзала и устье р. Темерник (рис. 1).

Для оценки загрязнения р. Темерник в различные сезоны 2018–2020 гг. отобрано и проанализировано 154 пробы воды и 110 проб донных отложений. Всего выполнено 1320 элементоопределений в воде и донных отложениях.

Определение нефтепродуктов, полициклических ароматических углеводородов в воде и донных отложениях проводили с помощью метрологически аттестованных методик [4], используемых для мониторинговых исследований водоемов в зоне ответственности Азово-Черноморского филиала Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии [5].

Содержание нефтепродуктов определяли ИК-спектрофотометрическим методом с использованием ИК-спектрофотометра IR-270-50 (фирма «Hitachi», Япония) и люминесцентным методом с использова-

нием спектрофлуорофотометра RF-5301 PC (фирма «Shimadzu», Япония). Для построения градуировочных графиков применяли унифицированную стандартную смесь, содержащую гексадекан, изоктан, бензол и флуорантен [6].

Определение индивидуальных полициклических ароматических углеводородов проводили согласно методике, основанной на экстракции этих соединений из воды и донных отложений гексаном, очистке экстрактов в тонком слое оксида алюминия и определении их количества методом обращенно-фазной высокоэффективной жидкостной хроматографии. В работе использовали жидкостный хроматограф Beta-10 PLUS (фирма «ЕСОМ», Чехия), снабженный колонкой с обращенной фазой C_{18} и люминесцентным детектором RF-5301 PC (фирма «Shimadzu», Япония).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Нефть и нефтепродукты относятся к приоритетным и распространенным веществам, загрязняющим водоемы, поэтому определение компонентов

Таблица 1. Концентрации нефтепродуктов в воде р. Темерник в различные сезоны 2018–2020 гг., мг/л
Table 1. Concentrations of petroleum products in the Temernik River water in various seasons of 2018–2020, mg/l

Точка отбора Sampling point	Зима / Winter			Весна / Spring		Лето / Summer		Осень / Autumn	
	2018	2019	2020	2018	2019	2018	2019	2018	2019
Ростовское море Rostov reservoir	0,03	0,09	0,12	0,04	0,03	0,02	0,04	0,04	0,04
Камышеваха Kamyshevakha	0,02	0,03	0,03	0,05	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02
Рынок «Темерник» “Temernik” market	0,69	0,44	0,35	0,22	0,13	0,90	0,58	1,04	1,04
Сурб Хач Surb Khach	1,22	1,33	0,97	0,92	0,74	0,23	0,37	0,29	0,29
Верхнее водохранилище Upper reservoir	0,94	0,10	0,19	0,51	0,72	0,08	0,11	0,49	0,49
Верхнее водохранилище 2 Upper reservoir 2	0,76	0,52	0,64	0,54	0,62	0,08	0,31	0,48	0,52
Нижнее водохранилище Lower reservoir	0,18	0,15	0,12	0,24	0,29	0,08	0,09	0,08	0,12
Змиевская балка Zmievskaaya hollow	5,77	0,62	0,48	1,54	0,86	0,64	0,43	1,36	1,07
Ботанический сад Botanical Garden	3,35	0,72	0,79	1,46	1,49	0,35	0,48	1,62	1,74
Автовокзал Bus station	1,37	0,51	0,55	1,94	1,82	0,52	0,49	1,74	1,86
Устье Mouth	2,92	0,58	0,65	1,12	1,12	0,33	0,33	1,48	6,79

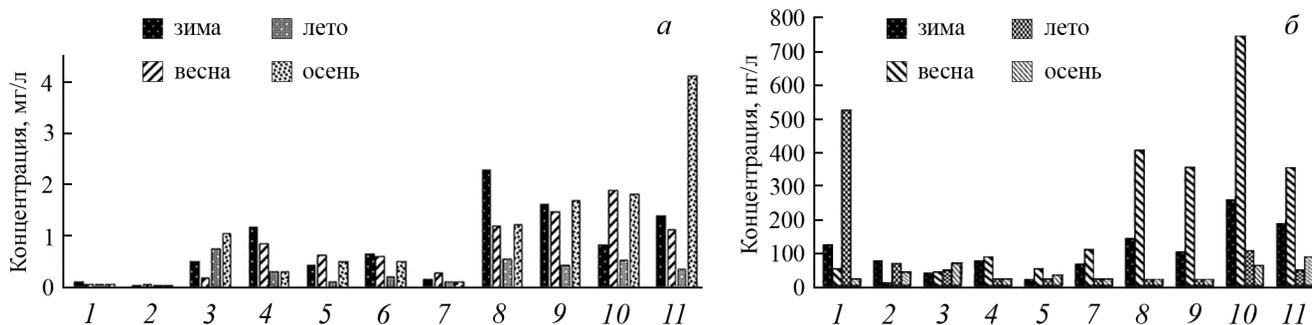


Рис. 2. Средние концентрации нефтепродуктов (а) и нафталина (б) в воде различных участков р. Темерник в разные сезоны 2018–2020 гг. 1 – Ростовской море, 2 – Камышеваха, 3 – рынок «Темерник», 4 – Сурб Хач, 5 – Верхнее водохранилище, 6 – Верхнее водохранилище 2, 7 – Нижнее водохранилище, 8 – Змиевская балка, 9 – Ботанический сад Южного федерального университета, 10 – автовокзал, 11 – устье.

Fig. 2. Average concentrations of oil products (a) and naphthalene (b) in the water of various sections of the Temernik River in different seasons 2018–2020: 1 – Rostov reservoir, 2 – Kamyshevakha, 3 – “Temernik” market, 4 – Surb Khach, 5 – Upper reservoir, 6 – Upper reservoir 2, 7 – Lower reservoir, 8 – Zmievskaia beam, 9 – Botanical Garden of the Southern Federal University, 10 – bus station, 11 – estuary.

нефтяного загрязнения в воде и донных отложениях – один из наиболее важных факторов оценки качества водных экосистем. Оценка нефтяного загрязнения включена в перечень приоритетных показателей, подлежащих систематическому на-

блюдению и контролю в рамках национальных и международных программ по защите окружающей среды [7].

Концентрации нефтепродуктов в воде р. Темерник в различные сезоны 2018–2020 гг. менялись

Таблица 2. Среднее содержание нефтепродуктов в донных отложениях р. Темерник в различные сезоны 2018–2020 гг., г/кг сухой массы
Table 2. Mean concentrations of the content of petroleum products in the bottom sediments of the Temernik River in various seasons of 2018–2020, g/kg of dry weight

Точка отбора Sampling point	Зима / Winter			Весна / Spring		Лето / Summer		Осень / Autumn	
	2018	2019	2020	2018	2019	2018	2019	2018	2019
Ростовское море Rostov reservoir	0,64	2,13	4,02	3,56	4,48	8,89	7,85	4,25	4,05
Камышеваха Kamyshevakha	32,37	10,31	12,51	1,19	7,54	1,92	2,14	2,04	2,09
Рынок «Темерник» “Temernik” market	54,88	94,49	93,32	54,51	47,88	9,60	18,43	23,41	37,92
Сурб Хач Surb Khach	6,52	101,14	94,54	14,47	15,61	30,43	39,52	15,74	18,04
Верхнее водохранилище Upper reservoir	1,41	8,98	10,22	7,51	7,62	3,78	6,21	8,21	5,99
Верхнее водохранилище 2 Upper reservoir 2	0,04	2,56	3,87	11,8	1,99	16,94	6,51	17,13	9,45
Нижнее водохранилище Lower reservoir	53,04	30,14	27,83	5,16	16,64	23,02	24,04	21,93	20,34
Змиевская балка Zmievskaia hollow	63,33	87,41	79,68	36,04	42,03	70,62	64,31	54,44	58,72
Ботанический сад Botanical Garden	27,62	82,24	82,04	35,93	64,61	82,24	71,03	71,52	72,02
Автовокзал Bus station	14,94	57,54	148,77	17,43	12,62	26,14	36,22	26,03	27,83
Устье Mouth	130,11	200,23	174,12	28,43	42,11	124,16	97,84	128,24	152,18

в очень широком диапазоне – от 0,02 до 6,79 мг/л (табл. 1).

Согласно усредненным данным на разных участках реки четкой зависимости уровня нефтяного загрязнения воды реки от сезона наблюдений не отмечается (рис. 2а). В 2018 г. прослеживалась четкая тенденция к увеличению концентраций от верховьев к устьевой зоне во все времена года, особенно зимой. В целом же наиболее высокий уровень загрязнения зафиксирован на 4 участках – Змиевская балка, Ботанический сад, автовокзал и устье реки. При этом более сильное загрязнение на этих участках фиксируется в разные сезоны. Максимальное загрязнение за все время исследований наблюдалось осенью 2019 г. в воде устьевого участка реки (6,79 мг/л) и зимой 2018 г. на участке реки в Змиевской балке (5,77 мг/л) (табл. 1).

Превышение ПДК нефтепродуктов для рыбохозяйственных водоемов (0,05 мг/л) обнаружено более чем в 80 % проанализированных проб воды. Кратность превышения ПДК в воде варьировала от 0,4 до 82,8, составив в среднем минимальные значения (0,6–0,9) в воде Ростовского моря и ручья Камышеваха. Превышение ПДК нефтепродуктов в воде реки в среднем в 10 раз отмечено в районе рынка «Темерник», церкви Сурб Хач, в Нижнем и Верхнем водохранилищах, в районе Змиевской балки, в 25–26 раз – в районе Ботанического сада и автовокзала и в 35 раз – в устье реки.

В подавляющем большинстве проб воды р. Темерник, проанализированных двумя разными методами, результаты люминесцентного метода в 1,3–13 раз превышали результаты инфракрасного метода, что свидетельствует о накоплении стойких к процессам деградации люминесцирующих полициклических ароматических углеводородов. Полученные данные свидетельствуют о хроническом характере нефтяного загрязнения воды р. Темерник на участке от рынка «Темерник» до устья.

В донных отложениях реки средние концентрации нефтепродуктов варьировали от сотых долей (0,04 г/кг) до аномально высоких значений (200,23 г/кг сухой массы) (табл. 2).

Сезонной зависимости накопления нефтепродуктов в донных отложениях на протяжении всей реки не отмечено. Обнаруженное в донных отложениях содержание нефтепродуктов на всех исследуемых участках реки в различные сезоны наблюдений (зима, весна, лето, осень) в период 2018–2020 гг. менялось в очень широких пределах (табл. 3).

Согласно усредненным данным, полученным за весь период наблюдений, по увеличению неф-

Таблица 3. Диапазон и среднее содержание нефтепродуктов в донных отложениях различных участков р. Темерник в 2018–2020 гг.

Table 3. Range and average content of petroleum products in bottom sediments of various sections of the Temernik River in 2018–2020

Точка отбора Sampling point	Содержание нефтепродуктов, г/кг сухой массы / The content of petroleum products, g/kg dry weight	
	диапазон range	среднее average
Ростовское море Rostov reservoir	0,64–8,89	4,43
Камышеваха Kamyshevakha	1,19–32,37	8,01
Рынок «Темерник» “Temernik” market	9,60–94,49	48,27
Сурб Хач Surb Khach	6,52–101,14	37,33
Верхнее водохранилище Upper reservoir	1,41–10,22	6,66
Верхнее водохранилище 2 Upper reservoir 2	0,04–17,13	7,81
Нижнее водохранилище Lower reservoir	5,16–53,04	24,68
Змиевская балка Zmievskaia hollow	36,04–87,41	61,84
Ботанический сад Botanical Garden	27,62–82,24	65,47
Автовокзал Bus station	12,62–148,77	40,84
Устье Mouth	42,11–200,23	119,71

тяного загрязнения донных отложений участки р. Темерник располагаются в следующем порядке: Ростовское море, Верхнее водохранилище, Верхнее водохранилище 2, Камышеваха, Нижнее водохранилище, Сурб Хач, автовокзал, рынок «Темерник», Змиевская балка, Ботанический сад, устье. Повышенное накопление нефтепродуктов в донных отложениях реки отмечается на проточных участках, а более низкие значения – в широких зарегулированных акваториях водохранилищ. Вероятно, это связано с бактериальной трансформацией углеводородов в донных отложениях на участках с отсутствием течения.

Полученные данные свидетельствуют об аномально высоком нефтяном загрязнении воды и донных отложений р. Темерник на протяжении от рынка «Темерник» до устья. Российские нормати-

Таблица 4. Средние значения концентраций нафталина (Н) и бенз(а)пирена (БаП) в воде р. Темерник в различные сезоны наблюдений в 2018–2020 гг., нг/л**Table 4.** Mean concentrations of naphthalene (N) and benz(a)pyrene (BaP) in the water of the Temernik River in different observation seasons in 2018–2020, ng/l

Точка отбора Sampling point	Зима / Winter		Весна / Spring		Лето / Summer		Осень / Autumn	
	Н N	БаП BaP	Н N	БаП BaP	Н N	БаП BaP	Н N	БаП BaP
Ростовское море Rostov reservoir	121,12	0,53	50,14	0,35	520,21	3,61	<20	0,38
Камышеваха Kamyshevakha	73,14	0,59	<20	0,06	66,12	0,18	40,23	0,09
Рынок «Темерник» “Temernik” market	38,15	0,65	40,17	0,52	45,22	0,21	66,14	0,37
Сурб Хач Surb Khach	75,16	1,23	86,21	0,41	<20	1,59	<20	0,25
Верхнее водохранилище Upper reservoir	20,24	0,38	50,18	1,92	<20	0,59	32,13	0,35
Нижнее водохранилище Lower reservoir	63,24	0,25	106,16	0,39	<20	0,29	<20	0,22
Змиевская балка Zmievskaaya beam	140,11	0,76	400,24	0,22	<20	0,41	<20	0,12
Ботанический сад Botanical Garden	100,17	0,78	350,24	1,74	<20	1,08	<20	0,11
Автовокзал Bus station	254,15	1,62	740,31	2,68	105,18	0,45	60,25	0,08
Устье Mouth	185,32	1,00	350,28	6,23	45,13	1,02	86,23	0,85

вы для оценки загрязненности донных отложений в настоящее время отсутствуют. В соответствии с нормативом, утвержденным в качестве регионального для Ханты-Мансийского автономного округа [8], уровень загрязнения 98 % проанализированных донных отложений р. Темерник относится к критическому (>1,00 г/кг сухой массы), для которого может быть характерно полное отсутствие гидробионтов.

Полициклические ароматические углеводороды относятся к наиболее опасным загрязняющим веществам, многие из которых обладают мутагенными и канцерогенными свойствами, и они так же, как и нефтепродукты, включены в перечень приоритетных показателей качества водных объектов.

В воде концентрации суммы полициклических ароматических углеводородов на различных участках менялись в пределах 91,63–505,61 нг/л, в донных отложениях – 277,64–2939,33 мкг/кг сухой массы (табл. 4). Максимальные концентрации полициклических ароматических углеводородов в воде и в донных отложениях обнаружены в районе автовокзала. Превышения предельно допустимой концентрации нафталина (4000 нг/л) и бенз(а)пире-

на (10 нг/л) в исследуемых пробах воды не обнаружено [9]. Для остальных полициклических ароматических углеводородов ПДК не установлены. На наиболее загрязненных участках реки (Змиевская балка, Ботанический сад, автовокзал, устье) более высокие концентрации обнаружены в зимний и весенний периоды.

Концентрации нафталина и бенз(а)пирена в воде реки в целом не имели выраженной зависимости от сезона, но на ряде участков проявлялась определенная закономерность (табл. 4).

Ниже родника Сурб Хач на всех станциях отбора проб концентрация нафталина увеличивалась от зимы к весне, а затем снижалась в летний и осенний сезоны, достигая максимума именно весной. В это время года отмечаются таяние остатков снежного покрова и выраженные осадки, что повышает интенсивность попадания неочищенных ливневых сточных вод в р. Темерник. Более высокие концентрации нафталина в воде связаны с его достаточно высокой растворимостью по сравнению с другими полициклическими ароматическими углеводородами. Например, растворимость нафталина в воде почти в 8000 раз выше, чем бенз(а)пирена [10].

Также следует отметить увеличение концентрации нафталина во все сезоны 2018–2020 гг. на станциях ниже Верхнего и Нижнего водохранилищ (рис. 2б). Сходная картина сезонных изменений наблюдается и для бенз(а)пирена, но его концентрации значительно меньше, и увеличение концентраций заметно выражено лишь ниже Змиевкой балки.

Превышение допустимого уровня суммы полициклических ароматических углеводородов в донных отложениях (1000 нг/г) [11] в 2–3 раза обнаружено в районе Ботанического сада и автовокзала (табл. 5).

В составе полициклических ароматических углеводородов в воде реки наиболее высокая доля приходилась на нафталин, в донных отложениях – на флуорантен (рис. 3). Высокие концентрации флуорантена могут быть связаны как с нефтяными, так и пирогенными источниками, но, согласно индексу пирогенности (флуорантен/флуорантен + пирен), составившему более 0,5, в донных отложениях реки преобладают соединения пирогенного происхождения [12].

ВЫВОДЫ

Исходя из полученных материалов, следует, что р. Темерник загрязнена нефтепродуктами и полициклическими ароматическими углеводородами на всем протяжении в пределах г. Ростова-на-Дону. Наиболее загрязнены участки в районе рынка «Темерник», Змиевской балки, Ботанического сада Южного федерального университета, автовокзала и устье реки. Увеличение концентраций токсикантов к устьевой зоне указывает на увеличение числа источников поступления загрязнений. Кроме того, отмечено снижение концентраций нефтепродуктов в водохранилищах, что может свидетельствовать о высоком уровне потенциала самоочищения реки на этих участках.

Превышение ПДК нефтепродуктов обнаружено более чем в 80 % проанализированных проб воды. Кратность превышения ПДК в воде варьировала от 0,4 до 82,8. Соотношение алифатических и ароматических углеводородов свидетельствует о хроническом характере нефтяного загрязнения воды р. Темерник. В донных отложениях реки концентрации нефтепродуктов варьировали от сотых долей (0,04 г/кг) до аномально высоких значений (200 г/кг сухой массы). В составе полициклических ароматических углеводородов в воде доминировал нафталин, в донных отложениях – флуорантен.

Таблица 5. Концентрации суммы полициклических ароматических углеводородов, идентифицированных в донных отложениях различных участков р. Темерник, зима 2018 г.

Table 5. Concentrations of the sum of polycyclic aromatic hydrocarbons, identified in bottom sediments of various sections of the Temernik River, winter 2018

Точки отбора Selection point	Сумма полициклических ароматических углеводородов, мкг/кг сухой массы / The amount of polycyclic aromatic hydrocarbons, µg/kg of dry weight
Ростовское море Rostov reservoir	383,26
Камышеваха Kamyshevakha	277,64
рынок Темерник Temernik market	1271,25
Сурб Хач Surb Khach	1005,32
Верхнее водохранилище Upper reservoir	297,64
Нижнее водохранилище Lower reservoir	1111,25
Змиевская балка Zmievskaia hollow	743,13
Ботанический сад Botanical Garden	2276,27
Автовокзал Bus station	2939,33
Устье Mouth	808,31

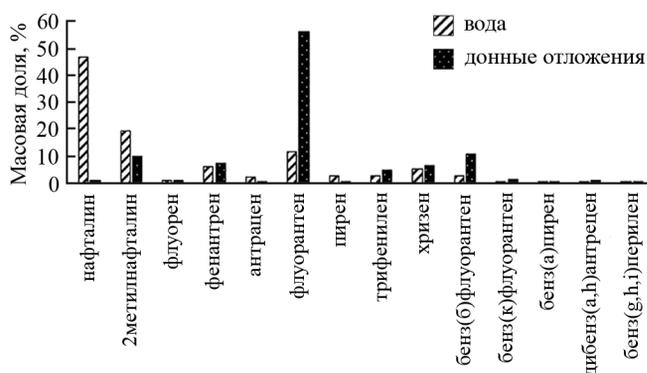


Рис. 3. Массовые доли индивидуальных полициклических ароматических углеводородов в воде и донных отложениях р. Темерник по усредненным данным наблюдений 2018–2020 гг.

Fig. 3. Mass fractions of individual polycyclic aromatic hydrocarbons in the water and bottom sediments of the Temernik River according to the average data of observations 2018–2020.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

REFERENCES

1. Прядко М.П., Голёусов П.В. 2011. Особенности трансформации гидрохимического режима функционирования малых городских рек. *Проблемы региональной экологии*. 2: 36–40.
2. Никаноров А.М., Хоружая Т.А., Минина Л.И., Миронова Т.В. 2009. Влияние мегаполиса на качество воды большой реки (на примере г. Ростов-на-Дону). *Вестник Южного научно-го центра*. 5(4): 62–70.
3. Бакаева Е.Н., Тарадайко М.Н., Игнатова Н.А., Запорожцева А.Ю. 2020. Динамика качества воды реки Темерник с учетом степеней токсичности по набору биотестов. *Водные биоресурсы и среда обитания*. 3(3): 25–35. doi: 10.47921/2619-1024_2020_3_3_25
4. *Практическое руководство по химическому анализу элементов водных экосистем. Приоритетные токсиканты в воде, донных отложениях, гидробионтах*. 2018. Ростов н/Д, Мини Тайп: 436 с.
5. Барабашин Т.О., Кораблина И.В., Павленко Л.Ф., Скрыпник Г.В., Короткова Л.И. 2018. Методическое обеспечение мониторинга загрязнения водных объектов Азово-Черноморского бассейна. *Водные биоресурсы и среда обитания*. 1(3–4): 9–27. doi: 10.47921/2619-1024_2018_1_3-4_9
6. Павленко Л.Ф., Анохина Н.С., Корпакова И.Г., Темердашев З.А. 2010. О выборе стандартных смесей при определении «углеводородного индекса» в водных объектах методами инфракрасной и люминесцентной спектроскопии. *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*. 76(4): 71–74.
7. *AMAP Assessment 2002: Persistent Organic Pollutants in the Arctic*. 2004. Oslo, Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP): xvi + 310 p.
8. Темердашев З.А., Павленко Л.Ф., Корпакова И.Г., Ермакова Я.С. 2018. Аналитические аспекты определения суммарного содержания и дифференциации антропогенных и биогенных углеводородов в водных экосистемах. *Журнал аналитической химии*. 73(12): 887–896. doi: 10.1134/S0044450218120095
9. Михайлова Л.В. 2008. Регламентация нефти в донных отложениях (ДО) сибирских водоемов. *Фундаментальные исследования*. 2: 96–97.
10. Ровинский Ф.Я., Теплицкая Т.А., Алексеева Т.А. 1988. *Фоновый мониторинг полициклических ароматических углеводородов*. Л., Гидрометеиздат: 224 с.
11. *Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2012*. 2013. М., Наука: 200 с.
12. Хаустов А.П., Редина М.М. 2017. Геохимические маркеры на основе соотношений концентраций ПАУ в нефти и нефтезагрязненных объектах. *Геохимия*. 1: 57–67. doi: 10.7868/S0016752516120049
1. Pryadko M.P., Goleusov P.V. 2011. [Features of transformation of the hydrochemical regime of functioning of small urban rivers]. *Regional Environmental Issues*. 2: 36–40. (In Russian).
2. Nikanorov A.M., Khoruzhaya T.A., Minin L.I., Mironova T.V. 2009. [The influence of megalopolis on the surface water quality (by the example of Rostov-on-Don) city]. *Vestnik Yuzhnogo nauchnogo tsentra*. 5(4): 62–70. (In Russian).
3. Bakaeva E.N., Taradayko M.N., Ignatova N.A., Zaporozhtseva A.Yu. 2020. [Dynamics of the water quality in the Temernik River considering the toxicity levels based on the data of the biotest battery]. *Aquatic Bioresources & Environment*. 3(3): 25–35. (In Russian). doi: 10.47921/2619-1024_2020_3_3_25
4. *Prakticheskoe rukovodstvo po khimicheskomu analizu elementov vodnykh ekosistem. Prioritetnye toksikanty v vode, donnykh otlozheniyakh, gidrobiontakh*. [Practical guide to chemical analysis of elements of aquatic ecosystems. Priority toxicants in water, sediments, hydrobionts]. 2018. Rostov-on-Don, Mini Type: 436 p. (In Russian).
5. Barabashin T.O., Korablina I.V., Pavlenko L.F., Skrypnik G.V., Korotkova L.I. 2018. [Methodological support of pollution monitoring of the Azov and Black seas water bodies]. *Aquatic Bioresources & Environment*. 1(3–4): 9–27. doi: 10.47921/2619-1024_2018_1_3-4_9
6. Pavlenko L.F., Anokhina N.S., Korpakova I.G., Temerdashev Z.A. 2010. [On the choice of standard mixtures in determining the “hydrocarbon index” in water bodies by infrared and luminescent spectroscopy]. *Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov*. 76(4): 71–74. (In Russian).
7. *AMAP Assessment 2002: Persistent Organic Pollutants in the Arctic*. 2004. Oslo, Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP): xvi + 310 p.
8. Temerdashev Z.A., Pavlenko L.F., Korpakova I.G., Ermakova Ya.S. 2018. Analytical aspects of the determination of the total concentration and differentiation of anthropogenic and biogenic hydrocarbons in aquatic ecosystems. *Journal of Analytical Chemistry*. 73(12): 1137–1145. doi: 10.1134/S1061934818120092
9. Mikhaylova L.V. 2008. [Regulation of oil in bottom sediments of Siberian reservoirs]. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2: 96–97. (In Russian).
10. Rovinskiy F.Ya., Teplitskaya T.A., Alekseeva T.A. 1988. *Fonovyy monitoring politsiklicheskikh aromaticheskikh uglevododorodov*. [Background monitoring of polycyclic aromatic hydrocarbons]. Leningrad, Gidrometeoizdat: 224 p. (In Russian).
11. *Kachestvo morskikh vod po gidrokhimicheskim pokazatelyam. Ezhegodnik 2012*. [Marine water pollution. Annual Report 2012]. 2013. Moscow, Nauka: 200 p. (In Russian).
12. Khaustov A.P., Redina M.M. 2017. [Geochemical markers based on the ratios of PAH concentrations in oil and oil-contaminated objects]. *Geochemistry International*. 55(1): 98–107. doi: 10.1134/S0016702916120041

Поступила 24.03.2023