

УДК 504.5:665.8(282)

DOI 10.23683/0321-3005-2017-3-1-91-99

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ЭКОСИСТЕМЫ НИЖНЕГО ДОНА НЕФТЯНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ И ПОЛИАРОМАТИЧЕСКИМИ УГЛЕВОДОРОДАМИ

© 2017 г. Л.Ф. Павленко¹, Т.Л. Клименко¹, Н.С. Анохина¹, Г.В. Скрыпник¹,
В.С. Экилик¹, Т.В. Воотинова¹, М.В. Севостьянова¹

¹Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, Ростов-на-Дону, Россия

POLLUTION OF THE ECOSYSTEM OF THE LOWER DON BY OIL COMPONENTS AND POLYAROMATIC HYDROCARBONS

L.F. Pavlenko¹, T.L. Klimenko¹, N.S. Anokhina¹, G.V. Skrypnik¹,
V.S. Ekilik¹, T.V. Votina¹, M.V. Sevostyanova¹

¹Azov Sea Research Fisheries Institute, Rostov-on-Don, Russia

Павленко Лилия Фёдоровна – кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник, лаборатория аналитического контроля водных экосистем, Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, ул. Береговая, 21в, г. Ростов-на-Дону, 344002, Россия, e-mail: riasfp@aanet.ru

Liliya F. Pavlenko - Candidate of Chemistry, Leading Researcher, Laboratory of Analytical Control of Water Ecosystems, Azov Sea Research Fisheries Institute, Beregovaya St., 21v, Rostov-on-Don, 344002, Russia, e-mail: riasfp@aanet.ru

Клименко Татьяна Леонидовна – старший научный сотрудник, лаборатория аналитического контроля водных экосистем, Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, ул. Береговая, 21в, г. Ростов-на-Дону, 344002, Россия, e-mail: riasfp@aanet.ru

Tatyana L. Klimenko - Senior Researcher, Laboratory of Analytical Control of Water Ecosystems, Azov Sea Research Fisheries Institute, Beregovaya St., 21v, Rostov-on-Don, 344002, Russia, e-mail: riasfp@aanet.ru

Анохина Наталья Сергеевна – старший научный сотрудник, лаборатория аналитического контроля водных экосистем, Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, ул. Береговая, 21в, г. Ростов-на-Дону, 344002, Россия, e-mail: riasfp@aanet.ru

Natalya S. Anokhina - Senior Researcher, Laboratory of Analytical Control of Water Ecosystems, Azov Sea Research Fisheries Institute, Beregovaya St., 21v, Rostov-on-Don, 344002, Russia, e-mail: riasfp@aanet.ru

Скрыпник Галина Васильевна – кандидат химических наук, старший научный сотрудник, лаборатория аналитического контроля водных экосистем, Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, ул. Береговая, 21в, г. Ростов-на-Дону, 344002, Россия, e-mail: riasfp@aanet.ru

Galina V. Skrypnik - Candidate of Chemistry, Senior Researcher, Laboratory of Analytical Control of Water Ecosystems, Azov Sea Research Fisheries Institute, Beregovaya St., 21v, Rostov-on-Don, 344002, Russia, e-mail: riasfp@aanet.ru

Экилик Виктория Сергеевна – младший научный сотрудник, лаборатория аналитического контроля водных экосистем, Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, ул. Береговая, 21в, г. Ростов-на-Дону, 344002, Россия, e-mail: riasfp@aanet.ru

Viktoria S. Ekilik - Junior Researcher, Laboratory of Analytical Control of Water Ecosystems, Azov Sea Research Fisheries Institute, Beregovaya St., 21v, Rostov-on-Don, 344002, Russia, e-mail: riasfp@aanet.ru

Воотинова Татьяна Владимировна – младший научный сотрудник, лаборатория аналитического контроля водных экосистем, Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, ул. Береговая, 21в, г. Ростов-на-Дону, 344002, Россия, e-mail: vtv1507@mail.ru

Tatyana V. Votina - Junior Researcher, Laboratory of Analytical Control of Water Ecosystems, Azov Sea Research Fisheries Institute, Beregovaya St., 21v, Rostov-on-Don, 344002, Russia, e-mail: vtv1507@mail.ru

Севостьянова Марина Викторовна – кандидат биологических наук, заведующая лабораторией аналитического контроля водных экосистем, Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, ул. Береговая, 21в, г. Ростов-на-Дону, 344002, Россия, e-mail: sevmar@yandex.ru

Marina V. Sevostyanova - Candidate of Biological Sciences, Head of Laboratory of Analytical Control of Water Ecosystems, Azov Sea Research Fisheries Institute, Beregovaya St., 21v, Rostov-on-Don, 344002, Russia, e-mail: sevmar@yandex.ru

По результатам многолетних наблюдений наиболее загрязненными участками р. Дон в нижнем его течении (от устья р. Сал до впадения в Таганрогский залив) являются устье протоки Аксай, ниже устья р. Темерник, ниже рукава Каланча, гирла Мокрая Каланча и Большая Кутерьма. В 2015–2016 гг. концентрации нефтепродуктов на этих участках менялись в воде от 0,02 до 0,34 мг/л, в донных отложениях – от 0,12 до аномально высокого значения – 15,23 г/кг сухой массы. На долю смолистых веществ в отдельных пробах воды приходилось 15–25 %, донных отложений – 26–80 % от суммы нефтяных компонентов. Нефтяное загрязнение воды и донных отложений Нижнего Дона носит хронический характер, о чем свидетельствуют «горбы» неразделенных нафтенно-ароматических соединений на хроматограммах углеводов. В донных отложениях присутствуют также остатки высших водных растений, для которых характерны довольно интенсивные пики нечетных высокомолекулярных *n*-алканов C₂₅, C₂₇, C₂₉. По результатам исследований 2015–2016 гг. суммарные концентрации идентифицированных полиароматических углеводородов (ПАУ) в воде наиболее загрязненных участков Нижнего Дона варьировали в пределах 7,9–228 нг/л, в донных отложениях – 223–2500 мкг/кг сухой массы. В воде и донных отложениях р. Дон максимальное загрязнение полиаренами обнаружено ниже устья р. Темерник. Основную массовую долю в составе обнаруженных ПАУ в воде составляли 2-метилнафталин и нафталин, в донных отложениях – хризен, флуорантен и бенз(б)флуорантен.

Ключевые слова: Нижний Дон, загрязнение, вода, донные отложения, углеводороды, генезис, смолы, асфальтены, полиарены.

The observations conducted over many years in the lower part of the Don river, namely, from the mouth of the river Sal to its inflow into the Taganrog Bay, have shown that the most contaminated sites are the following: the mouth of the Aksay stream, below the mouth of the river Temernik, below the Kalancha arm, and the delta arms Mokraya Kalancha and Bolshaya Kuterna. In 2015-2016, the concentration of oil products on these sites varied in water from 0.02 to 0.34 mg/l, and in sediments from 0.12 to abnormally high values as 15.23 g/kg dry weight. The share of resinous substances of the whole amount of the oil components constituted 15-25% in water samples and 26-80 % in sediments. Oil pollution of water and bottom sediments of the Lower Don is chronic, as evidenced by the "humps" of unresolved naphthene-aromatic compounds in the chromatograms of hydrocarbons. In the sediments there are also found remains of higher aquatic plants, which are characterized by fairly intense peaks of odd high molecular weight *n*-alkanes (C₂₅, C₂₇ and C₂₉). According to the results of studies conducted in 2015-2016 the total concentration of polyaromatic hydrocarbons (PAHs) identified in water of the most polluted sites of the Lower Don ranged from 7.9 to 228 ng/l, and from 223 to 2500 µg/kg dry weight in bottom sediments. Maximum pollution of water and sediments by polyarenes was discovered below the mouth of the river Temernik. The main mass fraction in the PAHs was presented in water by 2-methylnaphthalene and naphthalene, and in sediments by chrysene, fluoranthene and benzo(b)fluoranthene.

Keywords: Lower Don, pollution, water, sediment, hydrocarbons, genesis, resins, asphaltenes, polyarenes.

В связи с глобальным загрязнением нефтью и нефтепродуктами (НП) всех без исключения пресных и морских водных объектов и отрицательным влиянием многих компонентов нефтяного загрязнения на водные биологические ресурсы нефть и НП являются обязательными показателями состояния водных экосистем, подлежащих систематическому наблюдению и контролю в рамках различных национальных и международных программ по защите окружающей среды. Мониторинг уровня нефтяного загрязнения элементов экосистемы р. Дон на участке от выше устья р. Сал до дельты Дона проводится ежегодно с 1990 г. в различные вегетационные периоды (весной, летом и осенью). За весь период наблюдений среднегодовые концентрации НП варьировали в широком диапазоне: в воде – от 0,03 до 0,30 мг/л, в донных отложениях – от 0,49 до 1,85 г/кг сухой массы.

Основным источником поступления нефтяных компонентов в экосистему Нижнего Дона является судоходство. По итогам навигации 2014 г. объем перевозок в границах ответственности Азово-Донской

бассейновой администрации составил 14 млн 276 тыс. т, в 2015 г. – 8 млн 705 тыс. т грузов. В общем грузопотоке доля НП, в основном мазута и дизельного топлива, составляет 62,6 % [1]. Существенную долю в загрязнение р. Дон вносят сбросы сточных вод и ливневые стоки [2].

Материалы и методы исследований

Для оценки загрязнения Нижнего Дона нефтяными компонентами (углеводородами, в том числе полициклическими ароматическими и смолистыми веществами) использованы результаты анализа проб воды и донных отложений, отобранных выше, ниже и в устьях р. Сал и Маныч, впадающих в р. Дон, в местах выпуска сточных вод г. Ростов-на-Дону и Азов, в устье р. Дон, рукаве Каланча, гирлах Мокрая Каланча и Большая Кутерьма весной, летом и осенью 2015 и 2016 гг. (рис. 1).

Пробы воды отбирались по фарватеру с поверхностного горизонта (глубина 0,5 м), донных отложений – с верхнего двухсантиметрового слоя.

не превышали ПДК (0,05 мг/л), варьируя в пределах 0,03–0,04 мг/л. Низкое нефтяное загрязнение воды р. Дон зафиксировано также сотрудниками Южного научного центра в 2012 г. [3].

Частота встречаемости проб воды, в которых концентрации НП превышали ПДК, менялась в различные годы от 10 до 28 % от общего числа исследованных проб. В 2014 г. частота встречаемости проб с превышением ПДК была максимальной за последние 5 лет наблюдений. Согласно методике комплексной оценки по классификации воды водных объектов с использованием значений повторяемости случаев загрязненности и кратности превышения ПДК [4], загрязненность воды р. Дон в 2012–2014 и 2016 гг. можно классифицировать как неустойчивую низкого уровня, в 2015 г. – как единичную низкого уровня (табл. 1).

По результатам многолетних наблюдений наиболее загрязненными участками р. Дон являются устье протоки Аксай, ниже устья р. Темерник, ниже рукава Каланча, гирла Мокрая Каланча и Большая Кутерьма. В 2015–2016 гг. концентрации НП на этих участках менялись в широком диапазоне – от 0,02 до 0,34 мг/л (табл. 2). На долю смолистых веществ в отдельных пробах воды приходилось от 15 до 25 % от суммы нефтяных компонентов.

В 2015 г. высокая концентрация НП, превысившая ПДК в 6,8 раза, обнаружена летом ниже устья р. Темерник. В 2016 г. максимальная концентрация НП в воде, превысившая ПДК в 2 раза, была зафиксирована летом в гирле Мокрая Каланча и осенью – ниже рукава Каланча. На рис. 2 представлена типичная хроматограмма н-алканов, выделенных из воды Нижнего Дона. Такой тип хроматограммы характерен для хронического нефтяного загрязнения, о чем свидетельствует «горб» неразделенных нафтено-ароматических соединений, устойчивых к процессам деградации. На фоне «горба» отмечен гомологический ряд

Таблица 1

Характеристика нефтяного загрязнения воды Нижнего Дона в период 2012–2016 гг.
/ Characteristic of oil water pollution of the Lower Don in 2012-2016

Год	Средняя концентрация, мг/л	Диапазон концентраций, мг/л	% случаев превышения ПДК	Кратность превышения ПДК	Характеристика загрязнения
2012	0,04	0,015–0,07	17	0,8	Неустойчивая низкого уровня
2013	0,04	0,015–0,14	22	0,8	Неустойчивая низкого уровня
2014	0,04	<0,015–0,12	28	0,8	Неустойчивая низкого уровня
2015	0,03	<0,015–0,34	10	0,6	Единичная низкого уровня
2016	0,04	0,02–0,10	18	0,8	Неустойчивая низкого уровня

Таблица 2

Диапазоны и среднегодовые концентрации НП в воде наиболее загрязненных участков Нижнего Дона в различные сезоны 2015–2016 гг., мг/л
/ Ranges and average concentrations of oil products in water of the most polluted sites of the Lower Don in different seasons of 2015-2016, mg/l

Место отбора проб воды	Диапазоны		Средние	
	2015	2016	2015	2016
Дон, устье протоки Аксай	0,03–0,08	0,02–0,05	0,05	0,03
Дон, ниже устья р. Темерник	0,02–0,34	0,02–0,05	0,14	0,03
Дон, выше г. Азова	0,02–0,06	0,04–0,10	0,04	0,07
Гирло Мокрая Каланча	0,02–0,05	0,03–0,10	0,04	0,06
Гирло Большая Кутерьма	0,02–0,07	0,03–0,06	0,04	0,04

н-алканов от C₁₆ до C₃₁ в незначительных концентрациях, что подтверждает хронический характер нефтяного загрязнения [5].

За весь период наблюдений четкой среднегодовой динамики увеличения или снижения нефтяного загрязнения донных отложений исследуемого участка р. Дон не отмечено. В 2012–2016 гг. в донных отложениях Нижнего Дона среднегодовые концентрации НП менялись в пределах 0,55–0,97 г/кг, в индивидуальных пробах – от ниже предела обнаружения <0,015 г/кг до аномально высокого значения – 15,23 г/кг сухой массы (табл. 3). Относительная доля смолистых веществ в отдельных пробах донных отложений составляла 26–80 % от суммы нефтяных компонентов. В работе [6] высокая доля смолистых веществ зафиксирована в донных отложениях Нижнего Дона на акваториях, прилегающих к промышленным центрам и судходным каналам.

В 2012 г. мониторинг нефтяного загрязнения на Нижнем Дону проводился только осенью, и наиболее высокое загрязнение НП отмечено в донных отложениях устья пр. Аксай.

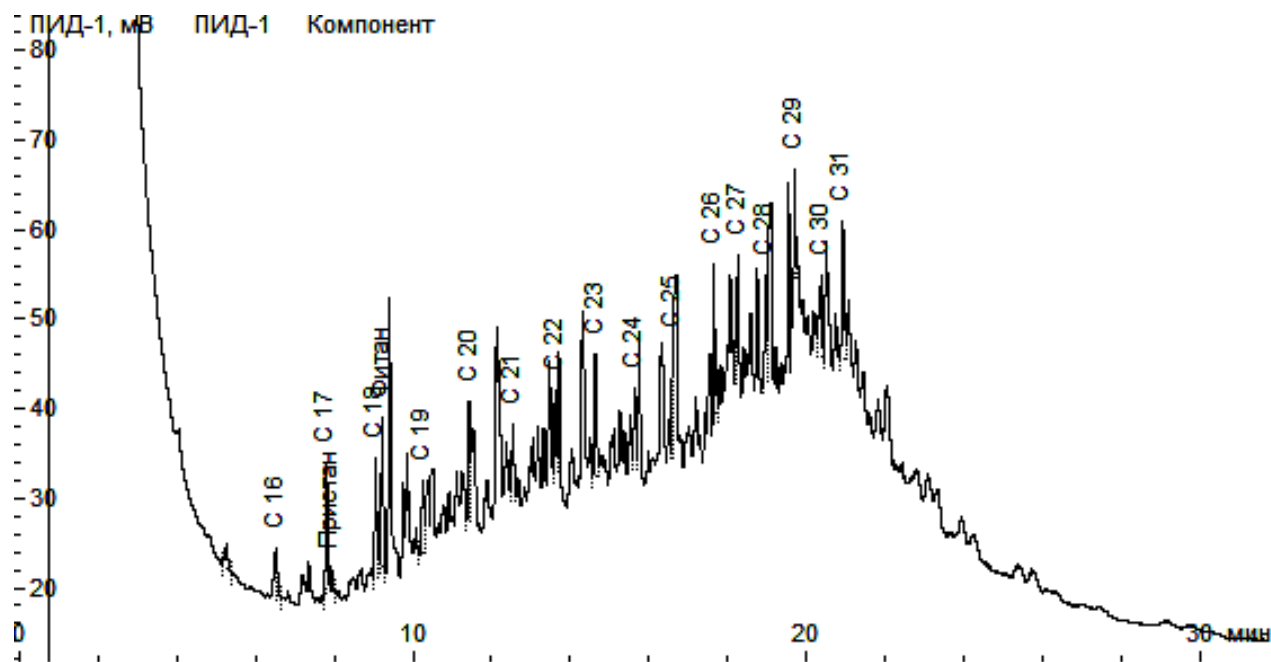


Рис. 2. Хроматограмма n-алканов, выделенных из воды Нижнего Дона, сентябрь 2016 г.
 / Fig. 2. Chromatogram of n-alkanes isolated from water of the Lower Don, September 2016

В 2013–2016 гг. максимальные концентрации НП были обнаружены в донных отложениях, отобранных в летние и осенние сезоны наблюдений ниже устья р. Темерник.

По данным многолетних наблюдений, наиболее высокие концентрации НП в донных отложениях Нижнего Дона отмечаются на тех же участках, что и для воды (табл. 4). Концентрации НП в донных отложениях наиболее загрязненных участков Нижнего Дона практически постоянно превышают величину 1 г/кг, при которой возможно проявление сублетальных эффектов для донных биоценозов [7].

Интерпретация результатов анализа донных отложений затруднена, с одной стороны, отсутствием утвержденных нормативов содержания контролируемых веществ (аналогичных ПДК для воды), а с другой – зависимостью степени их накопления от гранулометрического состава донных осадков. По классификации, предложенной специалистами Гидрохимического института для пресноводных экосистем [8], донные отложения Нижнего Дона на участке от устья р. Сал до устья протоки Аксай можно отнести к чистым (<0,1 г/кг) или слабозагрязненным (0,1–0,2 г/кг), на участке от устья протоки

Аксай до устья р. Дон – от среднезагрязненных (0,2–0,6 г/кг) до очень грязных (>1,0 г/кг). Все концентрации даны в пересчете на сухую массу.

Состав n-алканов, выделенных из донных отложений Нижнего Дона, так же как и в воде, свидетельствует о хроническом характере загрязнения осадков нефтяными компонентами (рис. 3). Помимо накопившихся стойких нафтено-ароматических соединений, выраженных на хроматограмме в виде «горба», в осадках присутствуют остатки высших водных растений, для которых характерны довольно интенсивные пики нечетных высокомолекулярных n-алканов C₂₅, C₂₇, C₂₉ [5].

Таблица 3

Динамика нефтяного загрязнения донных отложений Нижнего Дона в период 2012–2016 гг., г/кг сухой массы / Dynamics of oil pollution of bottom sediments of the Lower Don in the period 2012-2016, g/kg dry weight

Год	Средние концентрации НП	Диапазоны концентраций НП	Участок р. Дон с максимальным загрязнением донных отложений
2012	0,56	0,02–2,41	Устье протоки Аксай, осень
2013	0,94	0,02–15,23	Ниже устья р. Темерник, осень
2014	0,55	0,02–7,63	Ниже устья р. Темерник, лето
2015	0,91	<0,015–10,14	Ниже устья р. Темерник, осень
2016	0,97	0,02–5,76	Ниже устья р. Темерник, лето

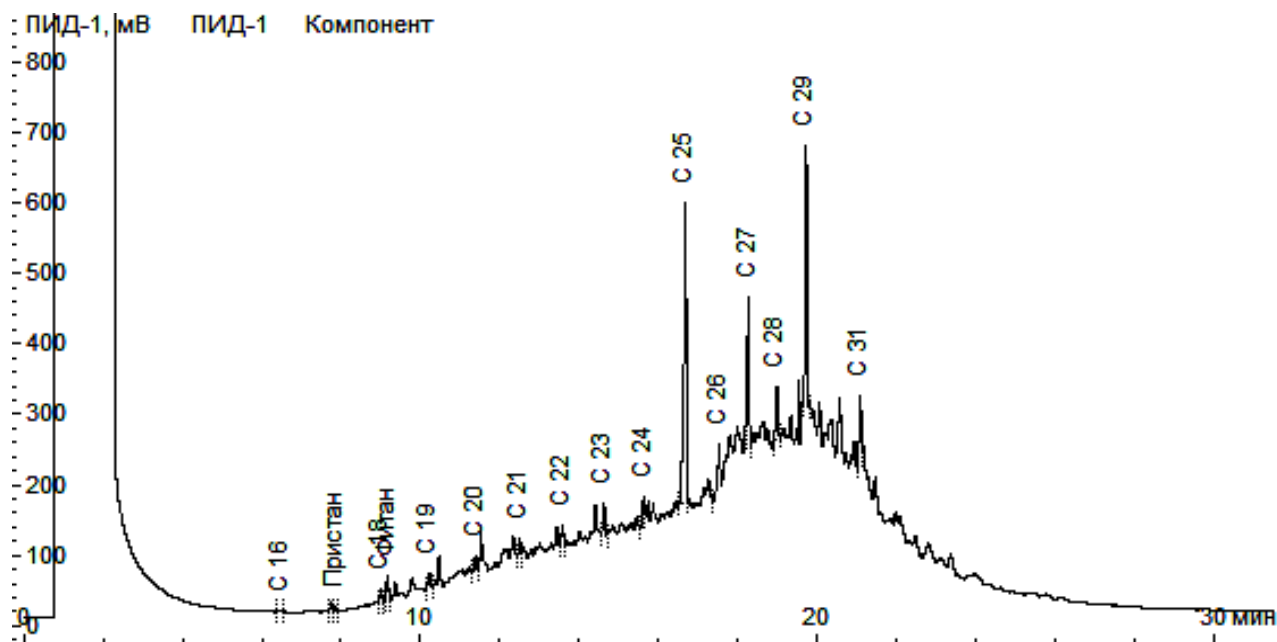


Рис. 3. Хроматограмма n-алканов, выделенных из донных отложений Нижнего Дона, сентябрь 2015 г.
 / Fig. 3. Chromatogram of n-alkanes isolated from bottom sediments of the Lower Don, September 2015

Известно, что степень накопления НП в значительной степени зависит от гранулометрического состава донных осадков. Донные осадки исследуемого участка р. Дон в зависимости от гранулометрического состава можно разделить на 4 типа: песок; песок с примесью ила; ил с примесью песка; ил [9]. Для каждого из этих типов, по результатам многолетних наблюдений АзНИИРХ, рассчитаны средние характерные концентрации (СХК) НП (табл. 5).

Таблица 4
Диапазоны и среднегодовые концентрации НП в донных осадках Нижнего Дона в различные сезоны 2015–2016 гг., г/кг сухой массы
/ Ranges and average concentrations of oil products in bottom sediments of the Lower Don in different seasons of 2015-2016, g/kg dry weight

Место отбора проб	Диапазоны концентраций НП		Среднегодовые концентрации НП	
	2015	2016	2015	2016
Дон, устье протоки Аксай	0,26–0,80	1,68–2,85	0,60	2,15
Дон, ниже устья р. Темерник	1,86–10,14	0,84–5,76	4,73	3,11
Дон, выше г. Азова	0,79–2,43	0,12–1,62	1,45	0,84
Гирло Мокрая Каланча	1,71–4,48	3,41–4,55	2,99	3,92
Гирло Большая Кутерьма	2,39–3,43	1,26–2,81	2,87	1,87

Таблица 5
Средние характерные концентрации НП для различных типов донных отложений Нижнего Дона
/ The average typical concentrations of petroleum products for various types of bottom sediments of the Lower Don

Тип донных осадков	Описание внешнего вида донных отложений	Средние характерные концентрации НП, г/кг сухой массы
1	Ракуша, ракушечная крошка. То же с примесью песка	0,09
2	Ракуша, ракушечная крошка, песок с примесью ила	0,30
3	Илистый мелкодисперсный песок светло-серый, с примесью ракуши	0,40
4	Ил светло-серый	0,90

Отношение абсолютных концентраций к средним характерным концентрациям для соответствующего типа грунта (кратность СХК) позволяет проводить сравнительную характеристику загрязненности донных отложений различных участков реки, нивелируя тип грунта, от которого в значительной степени зависит уровень накопления загрязняющих

веществ, в том числе НП [10]. На рис. 4 представлены результаты расчетов кратностей СХК для донных отложений, отобранных в различные сезоны 2015 и 2016 гг. Максимальные значения кратностей СХК независимо от сезона и года наблюдений получены для донных отложений, отобранных ниже устья р. Темерник.

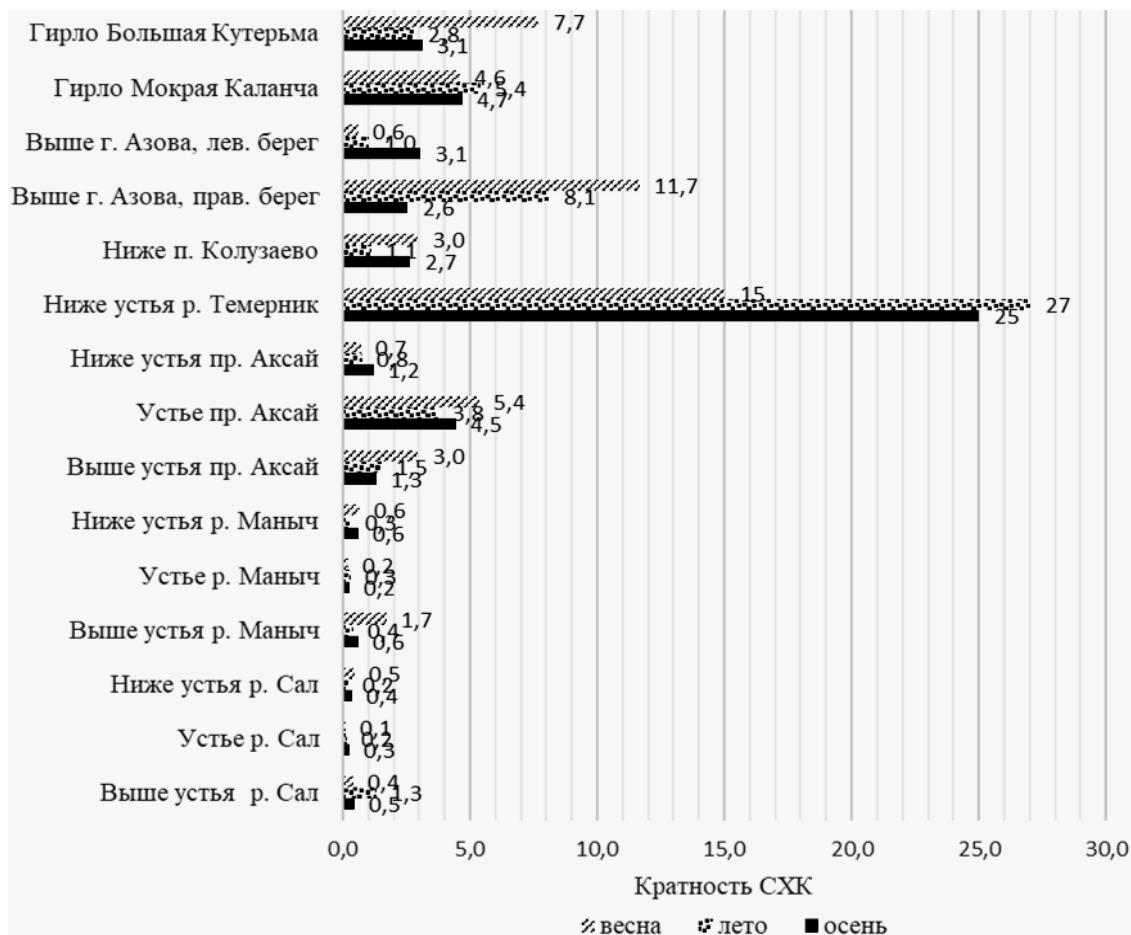


Рис. 4. Значения кратностей СХК для донных отложений р. Дон в различные сезоны 2015–2016 гг. / Fig. 4. The values of multiplicities of average concentrations for bottom sediments of the Don river in different seasons of 2015-2016

В настоящее время в объектах окружающей среды идентифицировано более 200 ПАУ. Однако определение ПАУ часто ограничивается только наиболее канцерогенным и широко распространенным из них – бенз(а)пиреном (БП), принятым в качестве индикатора на эту группу соединений. Но из-за невысокой стабильности, плохой растворимости в воде и относительно низкого содержания в источниках эмиссии БП не может служить универсальным индикатором группы ПАУ. Его обнаружение свидетельствует лишь о факте присутствия ПАУ в пробе. Ограничение определения ПАУ только БП связано с тем, что наблюдение и контроль за всей группой соединений – чрезвычайно сложная, дорогостоящая и не всегда обоснованная задача. Например, только для ПАУ с 4–6 циклами возможно наличие около 70 изомеров, и число их возрастает с включением в кольцо различных заместителей.

Поэтому большинство программ контроля состояния окружающей среды и глобального мониторинга предусматривает определение 16 приоритетных ПАУ, обладающих заметной канцерогенной ак-

тивностью и наиболее широко распространенных в различных объектах окружающей среды. В России установлены ПДК только для нафталина – 4 мкг/л (рыбохозяйственная норма) и БП – 0,005 мкг/л (санитарно-гигиеническая норма) [11]. Системы нормативов для донных отложений вообще отсутствуют, поэтому для оценки степени их загрязнения БП используют санитарно-гигиеническую ПДК для почв, равную 20 мкг/кг [12].

По результатам исследований 2015–2016 гг. в воде и донных отложениях Нижнего Дона идентифицированы нафталин, 2-метилнафталин, флуорен, фенантрен, флуорантен, пирен, трифенилен, хризен, бенз(б)флуорантен, бенз(к)флуорантен, БП, дибенз(а,һ)антрацен, бенз(ɡ,һ,і)перилен. Суммарные концентрации идентифицированных ПАУ в воде наиболее загрязненных участков Нижнего Дона менялись в широком диапазоне от 7,9 до 228 нг/л, в донных отложениях – от 223 до 2500 мкг/кг сухой массы.

В среднем в воде и донных отложениях р. Дон максимальное загрязнение полиаренами обнаружено ниже устья р. Темерник (табл. 6).

Основную массовую долю в составе обнаруженных ПАУ в воде составляли 2-метилнафталин и нафталин, в донных отложениях – хризен, флуорантен и бенз(б)флуорантен, соответственно 77 и 70 % (рис. 5). Доля канцерогенного БП в воде не превышала 0,15 %, в донных отложениях варьиро-

вала от 0,48 до 1,52 % от суммы идентифицированных ПАУ.

Превышение ПДК нафталина и БП в воде Нижнего Дона ни в одной из исследованных проб не зафиксировано. В донных отложениях концентрация БП также не превышала ПДК, принятую для почв.

Таблица 6

Концентрации суммы идентифицированных ПАУ в воде и донных отложениях наиболее загрязненных участков Нижнего Дона, 2015–2016 гг. / Concentrations of total PAHs identified in water and sediments of the most contaminated areas of the Lower Don, 2015-2016

Место отбора проб	Вода, нг/л		Донные отложения, мкг/кг сухой массы	
	Диапазоны	Средние	Диапазоны	Средние
Устье пр. Аксай	18,4–102	38,5	86,7–610	337
Ниже устья р. Темерник	13,8–228	66,7	122–2500	762
Ниже сброса сточных вод г. Ростова-на-Дону	11,5–114	34,5	22–380	195
Ниже сброса сточных вод г. Азова	11,9–117	37,8	26,3–405	284
Дон, створ нулевого километра	12,2–71,3	31,7	33,1–415	232
Гирло Мокрая Каланча	8,5–93,4	31,4	190–890	485
Гирло Большая Кутерьма	7,9–88,1	28,3	20,8–807	428

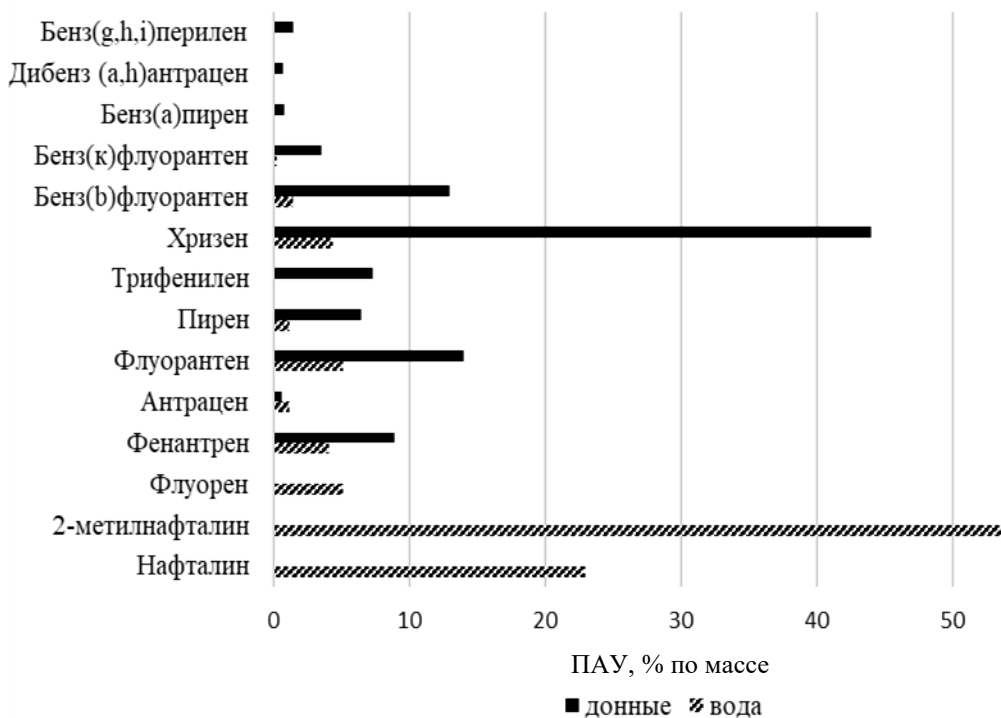


Рис. 5. Средние массовые доли индивидуальных ПАУ в воде и донных отложениях Нижнего Дона, 2015–2016 гг. / Fig. 5. Average mass fractions of individual PAHs in water and sediments of the Lower Don, 2015-2016

Литература

1. Об итогах навигации на Дону. URL: http://russ-shiping.ru/ru/dialog/interview/?parent_id=254 (дата обращения: 14.10.2016).

2. Никаноров А.М., Хоружая Т.А., Минина Л.И., Миронова Т.В. Влияние мегаполиса на качество воды большой реки (на примере г. Ростов-на-Дону) // Вестн. Южного научного центра РАН. 2009. Т. 5, № 4. С. 62–70.

3. Матишов Г.Г., Степаньян О.В., Харьковский В.М., Старцев А.В., Булышева Н.И., Семин В.В., Соьер В.Г., Кренёва К.В., Глуценко Г.Ю., Свистунова Л.Д. Особенности водной экосистемы Нижнего Дона в позднесенний период // Водные ресурсы. 2016. Т. 43, № 6. С. 620–632.

4. РД 52.24.643-2002. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям / Росгидромет. СПб. : Гидрометеоиздат, 2003 г. 55 с.

5. Немировская И.А. Углеводороды в океане (снег – лед – вода – взвесь – донные осадки). М. : Научный мир, 2004. 328 с.

6. Кузнецов А.Н., Федоров Ю.А. Нефтяные компоненты в устьевой области р. Дон и в Азовском море (результаты многолетних исследований) // Водные ресурсы. 2014. Т. 41, № 1. С. 49–59.

7. Патин С.А. Экологические проблемы освоения нефтегазовых ресурсов морского шельфа. М. : Изд-во ВНИРО, 1997. 349 с.

8. Никаноров А.М., Страдомская А.Г. Проблемы нефтяного загрязнения пресноводных экосистем. Ростов н/Д. : НОК, 2008. 222 с.

9. Кораблина И.В., Каталевский Н.И., Геворкян Ж.В., Кленкин А.А. Современная оценка содержания тяжелых металлов в донных осадках устьевого участка р. Темерник и прилегающей акватории р. Дон // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна : сб. науч. тр. (2010–2011 гг.). Ростов н/Д. : АзНИИРХ, 2011. С. 237–241.

10. Кленкин А.А., Корпакова И.Г., Павленко Л.Ф., Темердашев З.А. Экосистема Азовского моря: антропогенное загрязнение. Ростов н/Д.; Краснодар : АзНИИРХ, 2007. 324 с.

11. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. М. : Изд-во ВНИРО, 2011. 257 с.

12. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. М., 2006.

References

1. *Ob itogakh navigatsii na Donu* [On the results of navigation on the Don]. Available at: http://rus-shipping.ru/ru/dialog/interview/?parent_id=254 (accessed 14.10.2016).

2. Nikanorov A.M., Khoruzhaya T.A., Minina L.I., Mironova T.V. Vliyanie megapolisa na kachestvo vody bol'shoi reki (na primere g. Rostov-na-Donu) [Influence of a metropolis on the water quality of a large river (on the example of Rostov-on-Don)]. *Vestn. Yuzhnogo nauchnogo tsentra RAN*. 2009, vol. 5, No. 4, pp. 62-70.

3. Matishov G.G., Stepan'yan O.V., Khar'kovskii V.M., Startsev A.V., Bulysheva N.I., Semin V.V., Soier V.G.,

Krenea K.V., Glushchenko G.Yu., Svistunova L.D. Osobennosti vodnoi ekosistemy Nizhnego Dona v pozdneosennoi period [Features of the water ecosystem of the Lower Don in the late autumn period]. *Vodnye resursy*. 2016, vol. 43, No. 6, pp. 620-632.

4. RD 52.24.643-2002. *Metod kompleksnoi otsenki stepeni zagryaznennosti poverkhnostnykh vod po gidrokhimicheskim pokazatelyam* [Method for the integrated assessment of the degree of contamination of surface waters by hydrochemical indicators]. Rosgidromet. Saint Petersburg: Gidrometeoizdat, 2003, 55 p.

5. Nemirovskaya I.A. *Uglevodorody v okeane (sneg - led - voda - vzves' - donnye osadki)* [Hydrocarbons in the ocean (snow - ice - water - suspended matter - bottom sediments)]. Moscow: Nauchnyi mir, 2004, 328 p.

6. Kuznetsov A.N., Fedorov Yu.A. Neftyanye komponenty v ust'evoi oblasti r. Don i v Azovskom more (rezultaty mnogoletnikh issledovaniy) [Oil components in the estuary region of the river Don and in the Sea of Azov (the results of many years of research)]. *Vodnye resursy*. 2014, vol. 41, No. 1, pp. 49-59.

7. Patin S.A. *Ekologicheskie problemy osvoeniya neftegazovykh resursov morskogo shel'fa* [Ecological problems of development of oil and gas resources of the sea shelf]. Moscow: Izd-vo VNIRO, 1997, 349 p.

8. Nikanorov A.M., Stradomskaya A.G. *Problemy neftyanogo zagryazneniya presnovodnykh ekosistem* [Problems of oil pollution of freshwater ecosystems]. Rostov-on-Don: NOK, 2008, 222 p.

9. Korablina I.V., Katalevskii N.I., Gevorkyan Zh.V., Klenkin A.A. [A modern estimate of the content of heavy metals in the bottom sediments of the estuary of the river Temernik and adjoining water area of the river Don]. *Osnovnye problemy rybnogo khozyaistva i okhrany rybokhozyaistvennykh vodoemov Azovo-Chernomorskogo basseina* [The main problems of fisheries and protection of fishery water bodies of the Azov-Black Sea basin]. Collection of scientific papers (2010-2011 gg.). Rostov-on-Don: AzNIIRKh, 2011, pp. 237-241.

10. Klenkin A.A., Korpakova I.G., Pavlenko L.F., Temerdashev Z.A. *Ekosistema Azovskogo morya: antropogennoe zagryaznenie* [Ecosystem of the Azov Sea: anthropogenic pollution]. Rostov-on-Don; Krasnodar: AzNIIRKh, 2007, 324 p.

11. *Normativy kachestva vody vodnykh ob'ektov rybokhozyaistvennogo znacheniya, v tom chisle normativy predel'no dopustimykh kontsentratsii vrednykh veshchestv v vodakh vodnykh ob'ektov rybokhozyaistvennogo znacheniya* [Water quality standards for water bodies of fishery importance, including standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of water bodies of fishery importance]. Moscow: Izd-vo VNIRO, 2011, 257 p.

12. ГН 2.1.7.2041-06. *Predel'no dopustimye kontsentratsii (PDK) khimicheskikh veshchestv v pochve* [Maximum permissible concentration (MPC) of chemical substances in the soil]. Moscow, 2006.