УДК 504.5.665.6(262.5)

# КОМПОНЕНТЫ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ВОДЕ И ДОННЫХ ОСАДКАХ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ РОССИЙСКОГО ПРИЧЕРНОМОРЬЯ

© 2022 г. Л. Ф. Павленко<sup>1,</sup> \*, Т. О. Барабашин<sup>1</sup>, С. В. Жукова<sup>1</sup>, И. В. Кораблина<sup>1</sup>, Н. С. Анохина<sup>1</sup>, Т. Л. Клименко<sup>1</sup>, В. С. Экилик<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБНУ "Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии", Азово-Черноморский филиал, Ростов-на-Дону, Россия

> \*e-mail: pavlenko.lili@yandex.ru Поступила в редакцию 03.07.2020 г. После доработки 22.10.2020 г. Принята к публикации 25.08.2021 г.

Приведены результаты исследований нефтяного загрязнения (по сумме углеводородов и смолистых веществ) водной толщи и донных осадков северо-восточной части Черного моря в весенний и осенний периоды. Установлено, что уровень нефтяного загрязнения водной толщи моря в среднем снизился по сравнению с результатами наблюдений 2001–2010 гг., но в некоторых районах остается еще довольно высоким. К наиболее загрязненным районам относятся: Керченское предпроливье и участки моря между городами Анапа–Геленджик, где в составе н-алканов доминируют нефтяные гомологи. Загрязнение донных осадков прибрежной акватории моря в период 2016–2020 гг. находится на более высоком уровне, чем в 2001–2010 гг. Наряду с углеводородами нефтяного происхождения в донных осадках присутствуют терригенные углеводороды. Повышенное загрязнение донных осадков отмечается в районе Абрау-Дюрсо, Южной Озереевки, Архипо-Осиповки. С учетом гранулометрического состава (по кратности средней характерной концентрации) донные осадки Керченского предпроливья также относятся к районам повышенного загрязнения.

Ключевые слова: Черное море, северо-восточная часть, углеводороды, смолистые вещества, н-алканы **DOI:** 10.31857/S0030157422010129

### **ВВЕДЕНИЕ**

Повсеместное распространение в водных объектах компонентов нефти и нефтепродуктов (НП), активное участие их в протекающих физико-химических и биохимических процессах, взаимодействие с водными организмами, обуславливает важную роль наблюдений за содержанием нефтяных компонентов при оценке состояния морских экосистем. В связи с этим нефть и нефтепродукты включены в перечень приоритетных показателей, подлежащих систематическому наблюдению и контролю в рамках национальных и международных программ по защите окружающей среды [18, 24, 25, 30].

Российский шельф Черного моря имеет важное рыбохозяйственное значение, являясь районом нереста, нагула и промысла многих ценных видов рыб, а также местом миграции и зимовки азовской хамсы. Кроме того, развитие марикультуры в прибрежных районах также вызывает необходимость повышенного контроля за качеством среды обитания гидробионтов в местах расположения таких хозяйств. Не стоит забывать также и о значительной рекреационной роли черноморского побережья.

Следует отметить, что Черное море занимает одно из главных мест в Мировом океане по объемам танкерной транспортировки нефти и нефтепродуктов. В Российском Причерноморье насчитывается около 30 крупных портов и нефтяных терминалов, осуществляющих перегрузку на крупнотоннажные танкеры. В настоящее время объемы перегрузок составляют не менее 150 млн т/год [23]. Через порт Новороссийск ежегодно переправляется 32 млн. т нефти. Планируется повышение мощности Каспийского трубопроводного консорциума (КТК) до 67 млн т/год, а общий экспорт нефти через черноморские порты России и других стран может приблизиться к уровню 200-250 млн т/год [4]. По данным спутникового мониторинга российского черноморского сектора, проводимого НИЦ "Планета", в море постоянно фиксируются разливы нефтепродуктов, сбрасываемых с судов, проходящих через акваторию [11, 13].

Потенциал нефтегазоносности глубоководной шельфовой зоны Черного моря, согласно литера-



Рис. 1. Карта расположения стандартной сетки станций отбора проб воды и донных отложений в северо-восточной части Черного моря.

турным данным, может быть сопоставим с Каспийским морем. Объем потенциальных запасов для российского сектора моря составляет 0.4-1.6 млрд т нефтяного эквивалента, а для всей акватории Черного моря 4.5–5.5 млрд т нефтяного эквивалента [3, 5]. Большая часть ресурсов черноморского шельфа сосредоточена в северо-восточной части моря, которая охватывает Керченско-Таманский шельф и глубоководную Черноморскую впадину. Следует отметить также, что, помимо судовых выбросов, большая часть которых фиксируется с апреля по сентябрь на судовых путях по направлениям Стамбул-Керчь, Стамбул-Новороссийск и Стамбул-Одесса, в Черном море есть и естественные выходы нефтяных углеводородов (УВ), которые сосредоточены в районе Грузии и Турции [1, 7, 28, 29]. Залежи газогидратов приурочены к грязевым вулканам, расположенным на восточном склоне Туапсинского прогиба, протянувшимся вдоль Краснодарского края [22].

С целью определения загрязненности северовосточной части Черного моря проведено изучение углеводородов и смолистых веществ в воде и донных осадках (ДО) в весенний и осенний периоды 2016—2020 гг.

# МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследований нефтяного загрязнения северо-восточной части Черного моря послужили пробы воды и ДО, полученные в различные сезоны 2016—2020 гг. во время проведения комплексных океанографических экспедиций (рис. 1). Пробы воды с 3-х горизонтов водной толщи (0.5 м, 10 м, придонный или на глубине 200 м) отбирались в прибрежном районе моря (от Керченского предпроливья до г. Адлер) и на глубоководных станциях по разрезу от мыса м. Утриш, гг. Новороссийск, Геленджик, Туапсе и Сочи, пос. Ново-Михайловка и Лазаревское.

Содержание НП в воде и ДО оценивали по сумме основных нефтяных компонентов – алифатических УВ и смолистых веществ (СВ), которые при хроническом нефтяном загрязнении могут накапливаться из-за устойчивости к процессам деградации [16].

Выделение НП из воды проводили экстракцией четыреххлористым углеродом, из ДО – после-

Год	Сезон	Диапазон	Среднее	Стандартное отклонение	Доверительный интервал*
2016	Весна	0.021-0.051	0.022	0.004	±0.002
	Осень	0.022-0.101	0.031	0.010	$\pm 0.005$
2017	Весна	0.020-0.302	0.142	0.030	±0.014
	Осень	0.020-0.121	0.041	0.012	$\pm 0.006$
2018	Весна	0.021-0.472	0.072	0.046	±0.022
	Осень	0.020-0.411	0.052	0.035	$\pm 0.017$
2019	Весна	0.021-0.232	0.051	0.023	±0.011
	Осень	0.020-0.162	0.032	0.013	$\pm 0.006$
2020	Весна	0.020-0.103	0.041	0.019	$\pm 0.005$
	Осень	0.021-0.391	0.062	0.045	$\pm 0.020$

**Таблица 1.** Характеристика нефтяного загрязнения (по сумме концентраций УВ и СВ) водной толщи Черного моря в различные сезоны 2016—2020 гг., мг/л

\* доверительная вероятность P = 95%.

довательно ацетоном и хлороформом. Хроматографическое отделение от мешающих веществ и разделение на УВ и СВ осуществляли в тонком слое оксида алюминия III степени активности в системе растворителей гексан : четыреххлористый углерод : уксусная кислота, взятых в соотношении 70 : 30 : 2. Определение количества УВ проводилось комбинированным спектрофотометрическим методом, основанном на измерении поглощения их элюатов последовательно в инфракрасной (по сумме поглощения при v =  $= 2926 \text{ см}^{-1}$  и v  $= 2956 \text{ см}^{-1}$ ) и ультрафиолетовой (при  $\lambda = 270$  нм) областях спектра. Это позволяет учитывать, как ароматическую, так и парафиново-нафтеновую фракции независимо от их соотношения в исследуемой пробе. Определение СВ проводилось люминесцентным методом, основанном на измерении люминесценции при  $\lambda_{\text{люм}} =$ = 445-450 нм и  $\lambda_{возб}$  = 390-395 нм. Методики определения н-алканов основаны на их извлечении из воды экстракцией гексаном, донных отложений - последовательной экстракцией ацетоном и н-гексаном. Идентификацию и количественное определение индивидуальных н-алканов проводили на газовом хроматографе "Кристалл 2000М" с пламенно-ионизационным детектором и капиллярной хроматографической колонкой 30 м × × 0.25 мм, заполненной фазой NB 1701 (фирма "Хроматэк", Россия). Определение УВ, СВ и н-алканов проводилось в соответствии с методиками, зарегистрированными в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений [2, 19].

Динамические характеристики водных масс определяли с помощью зондирующего комплекса "Вектор-2" [6].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты показали, что в период весенних и осенних наблюдений 2016-2020 гг. концентрации УВ + СВ в пробах воды акватории у северо-восточного побережья Черного моря варьировали в диапазоне <0.02-0.47 мг/л. Концентрации СВ за рассматриваемый период в 70% проанализированных проб волы нахолились ниже предела определения (<0.005 мг/л). В остальных пробах на долю СВ приходилось 10-30% от суммы нефтяных компонентов. Наиболее высокая доля СВ отмечалась в водной толще Керченского предпроливья, в районе Южной Озереевки, Архипо-Осиповки, Лазаревского и Головинки. В различные годы средние концентрации суммы УВ и СВ в водной среде исследуемой акватории весной составляли 0.02-0.14 мг/л, осенью -0.03-0.06 мг/л (табл. 1).

В весенний период 2020 г. в северо-восточной части Черного моря в составе нефтяных компонентов обнаружены только УВ, концентрации СВ находились ниже предела определения. Концентрации УВ изменялись от <0.02 до 0.10 мг/л, в 11 пробах воды концентрации УВ превышали 0.05 мг/л в 1.2-2.0 раза. Весной максимальная концентрация (0.10 мг/л) обнаружена в придонном слое в районе п. Джубга. В осенний период уровень УВ увеличился и концентрации УВ выше 0.05 мг/л были отмечены уже в 20-ти пробах на всех горизонтах на большей части исследуемой акватории. Максимальная концентрация (0.50 мг/л) обнаружена в поверхностном слое у побережья Абраусского полуострова. Высокая концентрация (0.39 мг/л) обнаружена в поверхностном слое глубоководного района по разрезу Абраусского полуострова (рис. 2).



**Рис. 2.** Распределение суммарных концентраций (мг/л) углеводородов на различных горизонтах водной толщи северо-восточной части Черного моря в весенний и осенний периоды 2020 г. На поверхностных горизонтах векторами показаны направления течений (длина векторов пропорциональна скорости течений – см/с).



Рис. 3. Состав н-алканов в воде некоторых районов северо-восточной части Черного моря, сентябрь 2020 г.

Как весной, так и осенью, в прибрежных водах формировались компенсационные течения, имеющие вектор, отличный от основного Черноморского течения. В поверхностном горизонте, основной перенос водных масс компенсационными течениями в прибрежном районе кавказского сектора Черного моря был направлен на юго-восток акватории, что дает основание предполагать возможность поступления загрязняющих веществ в этом направлении (рис. 2).

В воде прибрежных районов моря, где обнаружены наиболее высокие концентрации УВ, установлено плавное распределение гомологов в составе н-алканов (рис. 3), характерное для нефтяных УВ [14, 20].

На разрезе г. Геленджик-море на глубине 200 м зафиксированы УВ нефтяного происхождения, а по разрезу от Ново-Михайловки — преобладали УВ с четным числом углеродных атомов (рис. 4). Повышенные концентрации четных н-алканов чаще фиксируются в летний период и могут быть продуктами микробной трансформации УВ [15, 31].

Концентрации суммы УВ и СВ в ДО прибрежной акватории моря весной 2020 г. менялись в пределах <0.02–0.98 г/кг, осенью – максимальная концентрация увеличилась до 1.28 г/кг сухого осадка. На долю СВ приходилось 20.5–37.5% от суммы УВ и СВ. Наиболее высокие концентрации УВ + СВ обнаружены в районе Абраусского полуострова, Южной Озереевки, Архипо-Осиповки и Сочи (рис. 5).

В ДО с высокой концентрацией УВ + CB состав н-алканов характеризовался преобладанием высокомолекулярных нечетных н-алканов  $C_{27}-C_{31}$ ,

что свидетельствует о присутствии в пробах терригенных УВ и интенсивной их деградации при переходе из водной толщи в ДО (рис. 6).

Анализ массива данных за 2016—2020 гг. показал, что в поверхностном слое вод наиболее высокие концентрации УВ весной и осенью чаще фиксируются в прибрежном районе Абраусского полуострова, повышенные концентрации (более 0.05 мг/л) отмечаются на глубоководных станциях по разрезу от Цемесской бухты (порт Новороссийск). На глубине 10 м более высокие концентрации УВ фиксируются в Керченском предпроливье и на участке Лазаревское—Адлер, в придонном слое — на участке Анапа—Новороссийск.

В Керченском предпроливье концентрации УВ в отдельных пробах воды достигали 0.23 мг/л. Основными источниками нефтяного загрязнения в этом районе являются судоходство, якорная стоянка, где происходит перегрузка нефти и нефтепродуктов с малых наливных судов на крупнотоннажные танкеры и строительство у мыса Железный Рог терминалов по перегрузке зерна, сжиженных углеводородных газов и крупногабаритных и тяжеловесных грузов. Вдоль кавказского побережья наиболее высокое загрязнение (0.50 мг/л) отмечалось на участке Анапа-Новороссийск. Основной вклад в загрязнение в этом районе вносит нефтяной терминал КТК, который по статистическим данным 2001-2005 гг. занимал пятое место в мире по объему экспортируемой нефти [27]. Значительный вклад в загрязнение этой акватории вносит и судоходство, т.к. на этом участке проходит судовой путь к самому крупному порту России — Новороссийску. Согласно данным спутниковой съемки, за пять лет в Российской части



Рис. 4. Состав н-алканов в воде (горизонт 200 м) глубоководных станций северо-восточной части Черного моря, сентябрь 2020 г.



**Рис. 5.** Распределение суммарных концентраций (г/кг сухого осадка) углеводородов и смолистых веществ в донных осадках северо-восточной части Черного моря в весенний и осенний периоды 2020 г.



Рис. 6. Состав н-алканов в донных осадках у побережья северо-восточной части Черного моря, сентябрь 2020 г.

Год	Сезон	Диапазон	Среднее	Стандартное отклонение	Доверительный интервал*
2016	Весна	0.02-1.67	0.51	0.47	±0.24
	Осень	0.02 - 1.40	0.55	0.45	±0.23
2017	Весна	0.04-2.84	0.61	0.73	±0.37
2017	Осень	0.02-0.95	0.25	0.28	$\pm 0.14$
2019	Весна	0.02-0.50	0.16	0.17	±0.09
2018	Осень	0.02 - 0.87	0.22	0.23	±0.12
2010	Весна	0.02-0.95	0.29	0.23	±0.12
2019	Осень	0.03-1.89	0.29	0.45	$\pm 0.23$
2020	Весна	0.02-0.98	0.34	0.32	±0.11
2020	Осень	0.02-1.28	0.36	0.38	$\pm 0.07$

Таблица 2. Характеристика нефтяного загрязнения (по сумме концентраций УВ и СВ) донных осадков Черного моря в различные сезоны 2016-2020 гг., г/кг сухого осадка

\* доверительная вероятность P = 95%.

Черного моря зафиксировано более 300 случаев судовых сбросов, большое количество из которых произошло на участке Анапа-Новороссийск [11]. На участке Геленджик-Туапсе максимальное загрязнение воды УВ достигало 3.8 ПДК. Основным источником загрязнения здесь является судоходная трасса к порту Туапсе. Кроме того, данный участок является крупным рекреационным центром с большим наплывом туристов, в связи с чем в прибрежной зоне существенным источником нефтяного загрязнения являются многочисленные прогулочные катера, водные аттракционы и др. К основному источнику нефтяного загрязнения на участке Лазаревское-Адлер, также, как и на участке Геленджик-Туапсе, в прибрежной зоне моря относится эксплуатация маломерных и пассажирских судов. Максимальное загрязнение достигало здесь 2.8 ПДК.

В глубоководном районе северо-восточной части Черного моря в поверхностном слое, на глубине 10 и 200 м максимальные концентрации суммы УВ и СВ составляли 0.12-0.23 мг/л. Кроме возможных сбросов с судов, высокие концентрации на достаточно большом расстоянии от берега связаны с гидродинамикой вод в прибрежной акватории шельфа Черного моря, для которой характерно образование присклоновых антициклонических вихрей, удерживающих загрязнение в прибрежных водах [21].

Концентрации УВ, превышающие ПДК (0.05 мг/л), в различные периоды наблюдений 2016-2020 гг. обнаружены в 110-ти из 510-ти проанализированных проб воды. По сравнению с наблюдениями 2001-2010 гг., когда среднегодовые концентрации НП в водной толще составляли 0.09-0.13 мг/л [17], в последние годы загрязнение моря в среднем снизилось до уровня менее 0.05 мг/л. Снижение уровня нефтяного загрязне-

ния прибрежных кавказских вод отмечено также в опубликованном ежегоднике ГОИНа за 2018 г., и работах отечественных и зарубежных авторов [8, 14, 26, 32]. Такая динамика изменений косвенно отражает особенности экспорта Российской нефти и нефтепродуктов, а также структурные изменения в распределении этого экспорта, когда роль портовых терминалов на Черном море постепенно снижается, а возрастает роль Дальневосточных и Балтийских портов [12].

В весенний и осенний периоды 2016-2020 гг. диапазон обнаруженных концентраций суммы УВ и СВ в ДО находился в пределах <0.02-2.84 г/кг сухого осадка. СВ обнаружены во всех проанализированных пробах ДО. Доля СВ в ДО составляла 20-70% от суммы нефтяных компонентов. Наиболее высокая доля СВ обнаружена в ДО тех же районов моря, где и в воде отмечено накопление стойких к процессам трансформации смол и асфальтенов (район Южной Озереевки, Архипо-Осиповки, Лазаревской и Головинки). В среднем концентрации суммы УВ и СВ в ДО в различные сезоны 2016-2020 гг. составляли 0.16-0.61 г/кг (табл. 2).

В отличие от водной толщи, загрязнение ДО в период 2016-2020 гг. по сравнению с предыдущим периодом (2001–2010 гг.) [17] увеличилось в среднем с 0.28 до 0.48 г/кг сухого осадка. Накопление нефтяного загрязнения в ДО обусловлено присутствием в них уже трансформированных компонентов, стойких к процессам деградации. В некоторых пробах загрязнение ДО находилось выше 1 г/кг. При такой концентрации по литературным данным возможны проявления летальных эффектов для донных биоценозов [18]. Максимальное нефтяное загрязнение в большинстве случаев отмечалось в ДО в районе Южной Озереевки, Архипо-Осиповки (участок Геленджик-Ту-

Vuoctov vong	Весенни	й период	Осенний период	
участок моря	диапазон	среднее	диапазон	среднее
Керченское предпроливье	2.2-6.4	4.6	1.0-3.0	2.2
Разрез от м. Железный Рог	0.2-1.0	0.4	0.2-0.6	0.3
Разрез ст. Благовещенская	0.2-3.2	1.4	0.4-5.6	2.2
Разрез Анапы	0.8-1.5	1.2	0.7-2.3	1.4
Разрез п.Абрау-Дюрсо	1.7-4.9	2.8	2.2-7.0	4.9
Разрез п. Южная Озереевка	1.0-56.8	15.8	1.2-37.8	13.4
Большой Сочи	0.1-1.65	0.4	0.2-0.6	0.2
Разрез Туапсе	0.1-2.1	1.14	0.1-4.0	1.4
Разрез п. Джубга	1.0-2.0	1.5	0.9-2.0	1.4
Разрез п. Архипо-Осиповка	1.1-4.2	2.8	0.8-3.5	1.9
Разрез Геленджик	0.9-2.8	1.6	0.6-3.7	1.8
Разрез п. Лазаревское	0.3–2.4	1.2	0.2-1.8	0.8

**Таблица 3.** Значения кратности СХК в донных осадках различных районов Черного моря в весенний и осенний периоды 2016—2020 гг.

апсе) и на выходе из Цемесской бухты (участок Анапа-Новороссийск). В Керченском предпроливье, где уровень нефтяного загрязнения водной толщи довольно высок, содержание изучаемых соединений в ДО оказалось ниже, чем в других прибрежных районах. Это обусловлено преобладанием в предпроливье крупнодисперсных осадков, представленных в основном песком и ракушечником, обладающих низкой адсорбционной способностью.

Сравнительная оценка загрязненности различных районов моря, выявление источников повышенного антропогенного воздействия возможны только при нивелировании различий, связанных с гранулометрическим составом ДО сравниваемых районов. Сравнение содержания загрязняющих веществ в песке, где они невелики, с илистыми донными осадками, содержащими вещества в количествах на порядок выше будет некорректно.

Для нивелирования типов донных осадков при интерпретации результатов показателей их качества, предложено использовать среднюю характерную концентрацию (СХК) приоритетных загрязняющих веществ в различных типах донных осадков [9]. Гранулометрический состав ДО Черного моря меняется от крупнодисперсной песчано-ракушечной до мелкодисперсной илистой составляющей и может быть разделен на 4 типа. Для расчета СХК использовались данные Аналитического центра Азово-Черноморского филиала ФГБНУ "ВНИРО", полученные в период 2011– 2016 гг. по содержанию суммы УВ и СВ в ДО 4-х типов прибрежной акватории моря по методике, описанной в [10]. На основании результатов анализа ДО Черного моря, полученных в период 2011—2016 гг. установлены средние концентрации суммы УВ и СВ, характерные для различных типов ДО [9]:

 для І-го типа (ракушечник, песчано-ракушечник) – 0.05 г/кг;

— ІІ-го типа (песчано-ракушечник с примесью ила) — 0.20 г/кг;

— III-го типа (крупноалевритовый ил) — 0.40 г/кг;

– IV-го типа (алевритовый ил) – 0.50 г/кг сухого осадка.

В зависимости от полученного соотношения концентрации суммы УВ + СВ и СХК, называемого кратностью СХК, можно делать выводы о характере загрязнения. При свежем поступлении нефти или нефтепродуктов в донные отложения кратность СХК > 1, при хроническом загрязнении (присутствуют уже трансформированные компоненты нефтяного загрязнения) — кратность СХК < 1 [10].

Значения кратности СХК для ДО, полученные в весенний и осенний периоды 2016—2020 гг. менялись в очень широком диапазоне — от 0.2 до 56.8 (табл. 3).

Согласно полученным данным, повышенному поступлению нефтяного загрязнения подвержены ДО в прибрежных районах пос. Южная Озереевка (потенциальное влияние КТК), пос. Абрау-Дюрсо (перенос загрязнения от КТК с основным Черноморским течением), в Керченском предпроливье (влияние якорной стоянки судов).

### выводы

За период весенних и осенних наблюдений 2016–2020 гг. концентрации суммы УВ и СВ в отдельных пробах воды акватории северо-восточного побережья Черного моря варьировали в диапазоне – от <0.02 до 0.47 мг/л, а средние величины весной составляли 0.02–0.08 мг/л, осенью – 0.03–0.04 мг/л. Доля СВ в отдельных случаях достигала 30% от суммы, а в составе н-алканов преобладали нефтяные гомологи. Наиболее высокие концентрации отмечаются на участке Анапа–Новороссийск.

В ДО концентрации суммы УВ и СВ во время весенних и осенних наблюдений 2016–2020 гг. находились в пределах <0.02–2.84 г/кг, при средних значениях – 0.16–0.61 г/кг сухой массы. Доля СВ в донных отложениях моря колебалась в диапазоне 30–70% от суммы. Максимальное загрязнение ДО, так же, как и водной толщи, обнаружено в весенний период 2017 г. Повышенное содержание суммы УВ и СВ характерно для тонкодисперсных ДО (>0.50 г/кг) пос. Архипо-Осиповка, г. Туапсе и г. Сочи.

Сравнение результатов определения суммы УВ и СВ по кратности СХК, учитывающей гранулометрический состав донных отложений, показало, что наиболее загрязнены ДО в прибрежных районах поселков Южная Озереевка, Абрау-Дюрсо, и в Керченском предпроливье.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Барабашин Т.О., Павленко Л.Ф., Кораблина И.В. Факторы влияния транспортировки нефти на экологическое состояние водных объектов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2020. № 1. С. 7–13.
- Барабашин Т.О., Кораблина И.В., Павленко Л.Ф. Методическое обеспечение мониторинга загрязнения водных объектов Азово-Черноморского бассейна // Водные биоресурсы и среда обитания. 2018. Т. 1. № 3–4. С. 9–27.
- Борисов В.М., Осетрова Н.В., Пономаренко В.П. Влияние разработки морских месторождений нефти и газа на биоресурсы Баренцева моря: Методические рекомендации по оценке ущерба рыбному хозяйству. М.: Экономика и информатика, 2001. 272 с.
- 4. Воробьев В.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И. Предупреждение и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов. М.: Ин-октаво, 2005. 368 с.
- 5. Виноградова О.К. Наступление на Черное море // Политика и управление. 2011. № 9. С. 70–74.
- 6. Жукова С.В., Шишкин В.М., Подмарева Т.И. и др. Особенности формирования режима течений Темрюкского залива Азовского моря в летний период 2008–2014 гг. // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2016. №2. С. 13–20.

- Иванов А.Ю., Кучейко А.А., Филимонова Н.А. и др. Пространственно-временное распределение пленочных загрязнений в Черном и Каспийском морях по данным космической радиолокации: сравнительный анализ // Исследование Земли из космоса. 2017. № 2. С. 13–25.
- Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2018 / Под ред. А.Н. Коршенко. М.: Наука, 2019. 190 с.
- Кленкин А.А., Корпакова И.Г., Павленко Л.Ф. и др. Экосистема Азовского моря: антропогенное загрязнение. Краснодар: ФГУП АзНИИРХ, 2007. 324 с.
- 10. Кленкин А.А., Агапов С.А. Динамика распределения нефтепродуктов в воде и донных отложениях Азовского и Черного морей после аварии судов в Керченском проливе // Водные ресурсы. 2011. Том 38. № 2. С. 214–222.
- 11. Лаврова О.Ю., Митягина М.И. Спутниковый мониторинг пленочных загрязнений поверхности черного моря // Исследование земли из космоса, 2012, № 3, С. 48–65.
- Мирошина Е.А., Петренко М.Т., Зимнова В.А. Динамика развития сырьевого экспорта РФ с 2016 по 2020 год на примере сырой нефти // Молодой ученый. 2020. №20 (310). С. 438–442. URL: https://moluch.ru/archive/310/70230.
- 13. Митягина М.И., Лаврова О.Ю., Бочарова Т.Ю. Спутниковый мониторинг нефтяных загрязнений морской поверхности // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 5. С. 130–149.
- Немировская И.А. Уровни и генезис углеводородов в прибрежных районах российского сектора Черного моря // Труды ГОИН. 2019. №220. С. 221–243.
- Немировская И.А., Завьялов П.О., Коновалов Б.В. и др. Содержание и состав углеводородов в воде и осадках в районе Керченского пролива // Докл. РАН. Науки о Земле. 2020. Т. 492. № 1. С. 118–123.
- Павленко Л.Ф., Ларин А.А., Скороход И.А. и др. Особенности установления компонентного состава нефтяного загрязнения экосистем Азовского и Черного морей // Экологический вестник научных центров ЧЭС. 2012. № 4. С. 46–52.
- Павленко Л.Ф., Скрыпник Г.В., Клименко Т.Л. и др. Современный уровень загрязнения Черного моря нефтяными компонентами // Труды АзНИИРХ (результаты рыбохозяйственных исследований в Азово-Черноморском бассейне). Ростов-на-Дону: ФГБНУ "АзНИИРХ", 2017. С. 196–202.
- Патин С.А. Нефтяные разливы и их воздействие на морскую среду и биоресурсы. М.: ВНИРО, 2008. 507 с.
- Практическое руководство по химическому анализу элементов водных экосистем. Приоритетные токсиканты в воде, донных отложениях, гидробионтах. / Под ред. Т.О. Барабашина. Ростов-на-Дону: Мини Тайп, 2018. 436 с.
- 20. Темердашев З.А., Павленко Л.Ф., Корпакова И.Г. и др. Генезис углеводородов в воде и донных отложениях Азовского и Черного морей // Экологическая химия. 2017. Т. 26. № 2. С. 101–108.

ОКЕАНОЛОГИЯ том 62 № 1 2022

- Техногенное загрязнение и процессы естественного самоочищения Прикавказской зоны Черного моря / Под ред. И.Ф. Глумова и др. М.: Недра, 1996. 502 с.
- Шнюков Е.Ф., Коболев В.П. Грязевулканические залежи газогидратов метана в Черном море // Геологія і корисні копалини Світового океану. 2018. № 1. С. 5–34.
- Энергетический бюллетень. Развитие транспортировки нефти. Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации. Выпуск июнь 2020. 62 с.
- AMAP (Arctic Monitoring and Assessment Programme). AMAP Assessment 2002: Persistent organic pollution in the Arctic. Oslo: AMAP. 2007. 57 p.
- Carls M.G., Marty G.D., Hose J.E. Synthesis of the toxicological impacts of the Exxon Valdez oil spill on Pacific herring (Clupea pallasi) in Prince William Sound, Alaska, U.S.A. // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 2002. Vol. 59. P. 153–172.
- Balcioğlu E.B., Gönülal O., Güreşen S.O. et al. Comparison and origins of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the entrance and the exit of the Turkish Straits System (TSS) // Marine pollution bulletin. 2018. V. 136. P. 33–37.

- 27. *ITOPF* (International Tanker Owners Pollution Federation Limited). Use of GIS for assessing the changing risk of oil spills from tankers. London: ITOPF, 2007. 10 p.
- Kuzanova I., Lashkauri M. Riverine Input of Pollutants from Georgia in the Black Sea Basin. // In: Cagatay N. (Ed.) Proceedings of IOC/BSRC Workshop on Black Sea Fluxes. Paris: UNESCO, 2000. Workshop Report № 145. P. 85–88.
- Mityagina M., Lavrova O. Satellite Survey of Inner Seas: Oil Pollution in the Black and Caspian Seas // Remote Sensing. 2016. V. 8. P. 875. https://doi.org/10.3390/rs8100875
- NAS (National Academy of Sciences). Oil in the Sea III: Inputs, Fates, and Effects. National Research Council. Washington, D.C.: The National Academies Press, 2003. 265 p.
- Nishimura M., Beker E.W. Possible origin of n-alkanes with remarkable even-to-odd predominance in recent marine sediments // Geochim. Cosmochim Acta. 1986. V. 50. № 2. P. 299–305.
- Balkıs N., Aksu A., Erşan M.S. Petroleum hydrocarbon contamination of the Southern Black Sea Shelf, Turkey // Environmental Science and Pollution Research. 2012. V. 19. P. 592–599.

# Components of Oil Pollution in Water and Bottom Sediments of the North-Eastern Part of the Russian Black Sea Region

L. F. Pavlenko<sup>*a*, #</sup>, T. O. Barabashin<sup>*a*</sup>, S. V. Zhukova<sup>*a*</sup>, I. V. Korablina<sup>*a*</sup>, N. S. Anohina<sup>*a*</sup>, T. L. Klimenko<sup>*a*</sup>, V. S. Ekilik<sup>*a*</sup>

<sup>a</sup>All-Russian Scientific Research Institute Fisheries and Oceanography, Azov-Black Sea Branch, Rostov-on-Don, Russia <sup>#</sup>e-mail: pavlenko.lili@yandex.ru

The results of studies of oil pollution (by the sum of hydrocarbons and resinous substances) of the water column and bottom sediments of the north-eastern part of the Black Sea in the spring and autumn periods are presented. It is established that the level of oil pollution of the sea water column has decreased on average in comparison with the results of observations in 2001–2010, but in some areas it remains quite high. The most polluted areas are: the Kerch pre-Strait and the section of the sea between the cities of Anapa-Gelendzhik, where the composition of n-alkanes is dominated by oil homologs. Pollution of bottom sediments in the coastal sea area in the period 2016–2020 is at a higher level than in 2001–2010. Along with petroleum-derived hydrocarbons, terrigenous hydrocarbons are present in the bottom sediments. Increased pollution of bottom sediments is observed in the area of Abrau-Durso, Southern Ozereevka, and Arkhipo-Osipovka. Taking into account the granulometric composition (according to the multiplicity of SHK), the bottom sediments of the Kerch pre-Strait also belong to the areas of increased pollution.

Keywords: Black Sea, north-eastern part, hydrocarbons, resinous substances, n-alkanes