

УДК 504.4.054(262.54+262.5)

DOI: 10.31040/2222-8349-2019-0-1-13-18

**ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОД КРЫМСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЧЕРНОГО И АЗОВСКОГО МОРЕЙ
НЕФТЯНЫМИ УГЛЕВОДОРОДАМИ ЗИМОЙ 2016 ГОДА**

© О.В. Соловьева, Е.А. Тихонова, О.А. Миронов

Проведено определение содержания нефтяных углеводородов в морской воде в поверхностном и придонном горизонтах вдоль крымского побережья от м. Тарханкут до Арабатской стрелки (83-й рейс научно-исследовательского судна «Профессор Водяницкий», январь–февраль 2016 г.). Полученные результаты показали неоднородность распределения нефтяного загрязнения на различных участках акватории и невысокие уровни их концентраций в целом. Содержание нефтяных углеводородов в морской воде соответствовало санитарным требованиям на большинстве участков. При этом превышение предельно-допустимой концентрации на некоторых станциях соответствовало портовым районам, также связано с черноморскими течениями, перераспределяющими загрязняющие вещества по водоему. В местах с повышенными уровнями содержания нефтепродуктов отмечается снижение их концентрации с глубиной, что свидетельствует о поверхностном поступлении и распространении данных поллютантов. Таким образом, по сравнению с данными 1995 г. отмечено снижение уровня нефтяного загрязнения побережья Крыма. Однако окончательные выводы об отсутствии угрозы со стороны данного вида загрязняющих веществ делать преждевременно. На многих участках исследуемой акватории их концентрации в настоящее время превышают установленные нормативом количества. Дальнейшее увеличение рекреационной нагрузки на крымское побережье вызывает дополнительное загрязнение поверхностных вод. Поэтому необходимо регулярно контролировать содержание нефтяных углеводородов в прибрежных акваториях.

Ключевые слова: нефтяные углеводороды, морская вода, побережье, Черное море, Азовское море.

В настоящее время проблема нефтяного загрязнения является актуальной для морских акваторий, в том числе и для крымского побережья. В последние 10 лет в результате возрастающей экономической деятельности в приморских регионах увеличилась загрязненность нефтью и нефтепродуктами вод Азовского и Черного моря [1, 2], однако уровень природоохранных мероприятий не улучшился. Достаточно остро этот вопрос обозначен для акватории Южного берега Крыма, где находятся заповедники и заказники, и идет постоянная борьба за сохранение их экологического статуса.

Известно [2, 3], что в большинстве случаев загрязнение нефтяными углеводородами (НУ) происходит за счет транспортировки нефти и нефтепродуктов танкерами (например, в Черное море ежегодно перевозится свыше 100 млн т нефти) и при добыче углеводородного сырья

(например, интенсивное изъятие углеводородов происходит в Каспийском море). Что касается крымского региона, наиболее активно эксплуатируемой водным транспортом акваторией является Азовское море и Керченский пролив, что увеличивает риск разлива нефти и нефтепродуктов при авариях. Примером такого рода катастрофы может служить разлив мазута в ноябре 2007 г. в Керченском проливе при крушении судна «Волгонефть-139» [2]. Кроме того, по некоторым данным [4] за последний период изменились источники поступления основных загрязнителей. Преобладающим загрязнением стало не промышленное, а хозяйственно-бытовое.

К сожалению, подобные процессы происходят и в крымской приморской зоне, вследствие большого количества функционирующих в ней городов и поселков городского типа

СОЛОВЬЕВА Ольга Викторовна – к.б.н., Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН, e-mail: kozl_ya_oly@mail.ru

ТИХОНОВА Елена Андреевна – к.б.н., Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН, e-mail: tihonoval@mail.ru

МИРОНОВ Олег Андреевич – к.б.н., Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН, e-mail: mironov87@gmail.com

(10 и 26 соответственно). Именно стоки хозяйственно-бытового назначения, в большинстве своем неочищенные и сливающиеся в прибрежные воды от курортных городов Южного берега Крыма, являются приоритетными источниками их загрязнения. Эксплуатация старых водопроводов и канализационных систем часто приводит к аварийным ситуациям, как например, в акватории существующего коллектора г. Ялты. По последним оценкам, в среднем с 7-и канализационных очистных сооружений, функционирующих от г. Алушты до м. Сарыч, в морскую воду сливается 43015.93 тыс. м³ биологически очищенных сточных вод. За последние 10 лет со сточными водами в этом районе ежегодно в среднем выносилось 2.4 т нефтепродуктов [4].

Таким образом, в настоящее время в большинстве случаев ненормируемая антропогенная нагрузка на побережье Крыма может приводить к необратимым преобразованиям в морской экосистеме и вызывать ухудшение показателей санитарно-биологического благополучия прибрежных вод. Вследствие этого важным является как определение фоновых характеристик экосистем акватории Крыма для сохранения их биоразнообразия, так и мониторинг концентраций основных поллютантов с целью контроля качества морской среды. Тем не менее сведения об исследованиях подобного рода в последние годы в описанном регионе отсутствуют, либо носят локальный характер и касаются акваторий отдельных бухт [5]. Более ранние оценки нефтяного загрязнения прибрежных вод Крыма относятся к 1995 г. [6]. Поэтому целью работы стало определение содержания нефтяных углеводородов в морской воде вдоль крымского побережья на различных горизонтах глубин и анализ многолетней тенденции изменения данного показателя.

Пробы морской воды отбирались батометрами во время 83-го рейса научно-исследовательского судна (НИС) «Профессор Водяницкий» (январь–февраль 2016 г.) по сетке станций (рис. 1), которые располагались вдоль крымского побережья Черного и Азовского морей.

Глубина на станциях отбора придонных вод в Черном море составляла от 25 до 87 м, Азовского (ст. 16–19) – не превышали 9–12 м, а поэтому из-за малых глубин отбор придонной воды в этом районе не проводился. Обработку собранного материала для определения НУ первично проводили на судне. Для этого в отобранные

с двух горизонтов пробы доливали для последующей экстракции тетрахлорметан (ССL₄) из расчета 20 см³ на 2 дм³. Последующие анализы проводили в лаборатории на берегу с использованием методики, разработанной в ГОИН [7]. Используемый метод основан на измерении интенсивности поглощения, обусловленного асимметричными валентными колебаниями С-Н связей метиленовых (-СН₂-) групп углеводородов в ближней ИК-области спектра при длине волны 2700–3100 см⁻¹. Методика предусматривает следующие этапы: экстракцию НУВ четыреххлористым углеродом с последующим осушением раствора натрием серноокислым; очистку экстракта пропусканием через колонку с оксидом алюминия; измерение массовой концентрации НУВ в очищенном экстракте методом инфракрасной спектроскопии; расчет массовой концентрации НУВ в пробе [8]. Измерение содержания НУ производили на фурье-спектрофотометре ФСМ-1201. Рекордное в сравнении с обычными ИК спектрометрами отношение сигнал/шум позволяет в несколько раз поднять чувствительность и количественно определять углеводороды на уровне 0.01 мг/дм³ и ниже [9]. Благодаря программному обеспечению спектрофотометра ФСМ-1201 при выходе измеряемой величины за область определения градуировочного графика, концентрация НУ рассчитывается по аппроксимирующему уравнению.

В пробах морской воды с поверхностного горизонта прослеживался существенный разброс концентрации НУ: от 0.002 до 0.131 мг/дм³ (табл. 1). Однако если нижний предел меньше предельно допустимой концентрации (ПДК = 0.05 мг/дм³) [10] в 25 раз и соответствует показателям для практически чистой воды, то верхний относится к загрязненным нефтепродуктами водам на уровне 2.6 ПДК.

Несколько повышенные концентрации НУ (порядка 0.5 ПДК) на южном берегу Крымского полуострова выявлены в районе б. Ласпи и вблизи городского коллектора г. Ялта. На остальных станциях их концентрации указывали на отсутствие нефтяного загрязнения. Восточная часть побережья Крыма и акватория Азовского моря также отмечены как незагрязненные. Следует обратить внимание, что даже в районе активного судоходства и строительства моста (на входе в Керченский пролив), в морской воде не было превышения фоновых значений. В юго-западной части акватории Азовского моря не было также зафиксировано высоких уровней НУ.

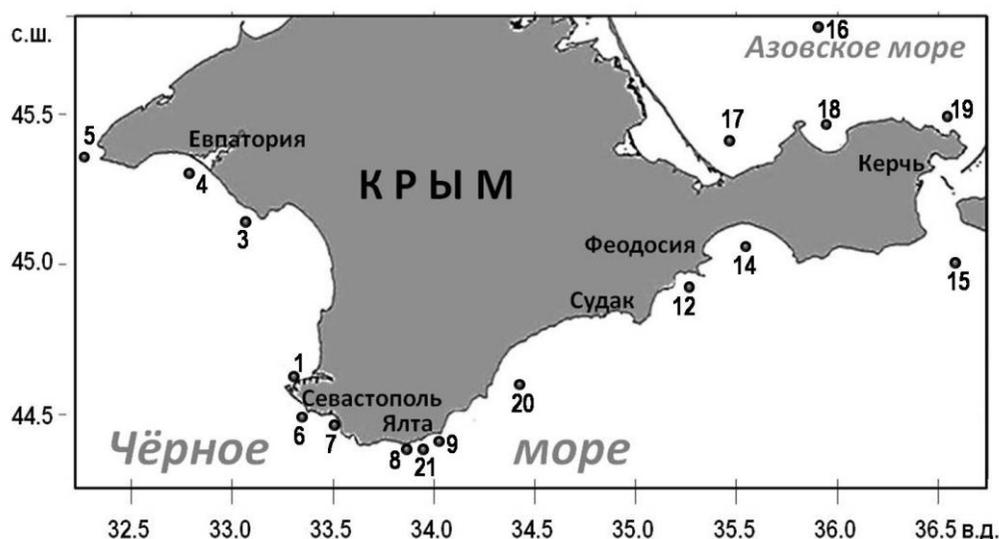


Рис. 1. Схема расположения станций отбора проб морской воды в 83-м рейсе НИС «Профессор Водяницкий»

Т а б л и ц а 1

Концентрация нефтяных углеводородов в прибрежных водах крымского побережья Черного и Азовского морей зимой 2016 г.

№ станции	Концентрация НУ, мг/дм ³	
	Поверхностный горизонт	Придонный горизонт
1	0.131	–
3	0.097	–
4	0.051	0.061
5	0.058	0.016
6	0.002	0.006
7	0.029	0.017
8	–	0.001
9	0.003	–
12	0.003	0.002
14	0.003	0.003
15	0.003	0.003
16	0.003	–
17	0.003	–
18	0.003	–
19	0.003	–
20	0.003	–
21	0.026	0.003

Примечание. «–» – данные отсутствуют.

Для западного побережья Крыма (ст. 1–5) выявлено следующее содержание НУ: от 0.5 до 2.6 ПДК. Повышенная их концентрация в воде побережья Севастополя (ст. 1) соответствует таковому для данной акватории, т.к. большие количества поллютантов поступают в воду как

при обслуживании судов, так и с береговыми стоками [11]. Присутствие НУ на оставшихся станциях рассматриваемого побережья может определяться рядом факторов. Например, стоком с берега (ст. 3, район г. Евпатория); действующей базы флота (ст. 4, оз. Донузлав). Также данный факт может быть связан с попаданием нефти и нефтепродуктов в море со стоком реки Дунай, который движется по стрежню Основного черноморского течения и, достигая западной части Центральной зоны циклонической завихренности, возвращается к юго-западному крымскому побережью [12]; а также с наличием в данной акватории северо-западных течений, направляющих воды от одного из самых подверженных нефтяному загрязнению черноморских участков – побережья Севастополя [13].

Еще одной из задач данного исследования была характеристика распределения НУ в придонном слое. В придонной воде превышение ПДК (0.0609 мг/дм³) отмечено лишь на единичной ст. 4 в акватории оз. Донузлав. Этот водоем, с одной стороны, является объектом рекреации, с другой – используется в качестве военно-морской базы. На остальных участках исследуемой акватории концентрация НУ в придонном слое находилась в пределах установленных нормативов. Несколько выше фоновых были показатели на ст. 5 (м. Тарханкут) и ст. 7 (б. Ласпи) (0.3 ПДК). Зафиксированные в настоящем исследовании количества НУ в придонных водах в целом указывают на отсутствие загрязнения НУ последних.

Достоверной тенденции в изменении содержания НУ при переходе от поверхностного горизонта к придонному в настоящей работе не зафиксировано. Однако в тех районах, где уровни загрязнения были несущественными, и, скорее всего, соответствовали фоновому содержанию автохтонных НУ, их концентрация в верхнем и нижнем горизонтах не различалась. На станциях с повышенным содержанием нефтепродуктов их количество в придонном слое было ниже, чем на поверхности воды. Это, возможно, связано с поступлением нефтепродуктов в море с поверхности и их дальнейшим осаждением на дно.

Из практически чистого региона южнобережья выделялась б. Ласпи, расположенная на юго-западе полуострова. Содержание НУ в придонном и поверхностном горизонтах в этом районе, хоть и не увеличивался до опасных значений, но был несколько выше, чем в других районах южного побережья полуострова.

Сопоставление с данными ранних исследования нефтяного загрязнения побережья Крыма показало, что по сравнению с 1995 г. (53-й рейс НИС «Профессор Водяницкий») [6] в настоящее время отмечено снижение концентрации НУ. По опубликованным данным [6] показатели в 0-м горизонте составляли от 0 до 0.20 мг/дм³, тогда как в настоящее время – не превышали 0.131 мг/дм³. В акватории м. Тарханкут в 1995 г. регистрировались значения 0.14 и 0.16 мг/дм³, а в настоящее время – не более 0.0584 мг/дм³. Полученные концентрации не превышают санитарных показателей. Также ранее в районе Феодосии и Карадага отмечались повышенные концентрации НУ (0.13 и 0.11 мг/дм³ соответственно), а в 2016 г. их содержание по нашим данным было в 20 раз ниже ПДК. Исключение составило побережье г. Евпатории, где современный показатель почти в 2 раза превысил таковые в 1995 г. Данный факт непосредственно связан с подвижностью и изменчивостью водной среды, которая часто не позволяет получать равнозначные показатели. Однако в целом можно говорить о тенденции к уменьшению содержания НУ в акватории крымского побережья. Аналогичная зависимость отмечена и для севастопольских бухт в период с 2009 по 2012 гг. [11]. Следует также обратить внимание, что концентрации НУ в исследуемом регионе, где в зимнее время снижается судоходство, гораздо ниже данных, полученных у северо-восточных берегов Черного и

Азовского морей [1, 2, 14]. В этих акваториях функционируют крупные порты и промышленные предприятия. Относительно нефтяного загрязнения акватории Керченского пролива в литературных источниках содержится противоречивая информация по концентрации НУ. Если в [1, 2] указывается на многократное превышение ПДК, то в [15] приведены показатели, ниже принятых санитарных норм. По нашим данным нефтяное загрязнение в данном районе отсутствует. Скорее всего, подобное различие в полученных показателях может быть связано с подвижностью водной среды, которая не является надежным индикатором хронического нефтяного загрязнения.

Таким образом, полученные результаты показали неоднородность распределения нефтяного загрязнения на различных участках акватории и невысокие уровни их концентраций в целом. Содержание нефтяных углеводородов в морской воде соответствовало санитарным требованиям на большинстве участков. При этом превышение предельно-допустимой концентрации на некоторых станциях соответствовало портовым районам, а также связано с черноморскими течениями, перераспределяющими загрязняющие вещества по водоему. В местах с повышенными уровнями содержания нефтепродуктов отмечается снижение их концентрации с глубиной, что свидетельствует о поверхностном поступлении и распространении данных поллютантов. Таким образом, по сравнению с данными 1995 г. отмечено снижение уровня нефтяного загрязнения побережья Крыма. Однако окончательные выводы об отсутствии угрозы со стороны данного вида загрязняющих веществ делать преждевременно. Поскольку на многих участках исследуемой акватории их концентрации в настоящее время превышают установленные санитарным нормативом количества, а дальнейшее увеличение рекреационной нагрузки на крымское побережье вызывает дополнительное загрязнение поверхностных вод. Поэтому необходимо регулярно контролировать содержания нефтяных углеводородов в прибрежных акваториях.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН ИМБИ по теме государственного задания «Молисмологические и биогеохимические основы гомеостаза морских экосистем» (№ гос. регистрации 0828-2018-0001).

Литература

1. 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.

2. Матишов Г.Г., Инжебейкин Ю.И., Савицкий Р.М. Воздействие на среду и биоту аварийного разлива нефтепродуктов в Керченском проливе в ноябре 2007 г. // Водные ресурсы. 2013. Т. 40 (3). С. 259–273.

3. Дьякова С.А., Карыгина Н.В., Сопрунова О.Б. Бактериальные гетеротрофные изоляты Каспийского моря, трансформирующие нефть и нефтепродукты // Известия Уфимского научного центра РАН. 2017. Т. 3 (1). С. 63–66.

4. Пенно М.В. Наземные источники загрязнения морских вод в районе Южного берега Крыма // Ученые записки ТНУ. Серия: География. 2001. Т. 14, № 1. С. 93–96.

5. Соловьева О.В., Тихонова Е.А. Естественный биофильтр гидротехнических сооружений в условиях рекреационной акватории (бухта Круглая, Черное море) // Известия Уфимского научного центра РАН. 2015. № 4. С. 76–82.

6. Щекатурина Т.Л., Осадчая Т.С., Кривошеева Л.В. Фоновые уровни загрязнения нефтепродуктами и бенз(а)пиреном шельфовой зоны Крыма (Черное море) // Экология моря. 2002. Вып. 59. С. 80–84.

7. Руководство по методам химического анализа морских вод / под ред. С.Г. Орадовского. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 208 с.

8. РД 52.10.779-2013.

9. Леоненко И.И., Антонович В.П., Андрианов А.М., Безлуцкая И.В., Цымбалюк К.К. Методы определения нефтепродуктов в водах и других объектах окружающей среды // Методы и объекты химического анализа. 2010. Т. 5, № 2. С. 58–72.

10. Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов / Анисова С.Н., Лесников Л.А., Минаева Т.В. и др. М.: ВНИРО, 1990. 46 с.

11. Миронов О.Г., Миронов О.А. Нефтяные углеводороды в морской воде прибрежной акватории Севастополя // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2015. № 9. С. 25–29.

12. Лебедев С.А. Оценка фонового загрязнения нефтепродуктами Черного и Каспийского морей с использованием данных дистанционного зондирования и модельных расчетов // Материалы Международной научно-практической конференции «Экологические проблемы современности» (Майкоп, Россия, 12–15 мая 2009 г.). 2009. С. 25–44.

13. Санитарно-биологические исследования в прибрежной акватории региона Севастополя / под общ. ред. О.Г. Миронова. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009. 192 с.

14. Матишов Г.Г., Степаньян О.В., Харьковский В.М., Соьер В.Г. Современные данные по загрязнению Азовского и Черного морей углеводородами нефти // Вестник южного научного центра. 2014. Т. 10, № 4. С. 49–52.

15. Петренко О.А., Жугайло С.С., Авдеева Т.М., Аджиумеров С.Н. Содержание нефтепродуктов в водной среде, донных отложениях и почве рекреационной зоны г. Керчи и о. Коса Тузла // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2014. Т. 10, вып. 1. С. 818–821.

References

1. Kuznetsov A.N., Fedorov Yu.A. Oil components in the mouth area of the Don River and in the Sea of Azov (results of long-term studies). *Vodnye resursy*, 2014, vol. 41, no. 1, pp. 49–59.

2. Matishov G.G., Inzhebeykin Yu.I., Savitsky R.M. Influence on the environment and the biota of emergency spillage of oil products in the Kerch Strait in November 2007. *Vodnye resursy*, 2013, vol. 40, no. 3, pp. 259–273.

3. Dyakova S.A., Karygina N.V., Soprunova O.B. Microbial transformation of oil products on the example of Caspian bacterial isolates. *Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2017, no. 3 (1), pp. 63–66.

4. Penno M.V. Surface sources of marine pollution along the southern coast of the Crimea. *Uchemye zapiski TNU. Ser. Geografiya*, 2001, vol. 14, no. 1, pp. 93–96.

5. Solovyeva O.V., Tikhonova E.A. Natural biofilter of the hydraulic structures in the recreational areas (Kruglaya Bay, the Black Sea). *Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2015, no. 4, pp. 76–82.

6. Shchekaturina T.L., Osadchaya N.S., Krivosheeva L.V. Background oil products and benzapyrene pollution levels in the Crimean shelf zone (Black Sea). *Ekologiya morya*. 2002, issue 59, pp. 80–84.

7. Manual of chemical methods for sea water analysis. S.G. Oradovsky (ed.). Leningrad, Gidrometeoizdat, 1977. 208 p.

8. RD 52.10.779-2013. Mass concentration of oil hydrocarbons in sea water samples. Methods of measurements using infrared spectrometry. Valid since 2014/07/01.

9. Leonenko I.I., Antonovich V.P., Andrianov A.M., Bezlutskaia I.V., Tsymbalyuk K.K. Methods for determining oil products in waters and other environmental objects. *Metody i obyekty khimicheskogo analiza*, 2010, vol. 5, no. 2, pp. 58–72.

10. Anisova S.N., Lesnikov L.A., Minaeva T.V., Lyashenko S.F. Summarized list of maximum permissible concentrations (MPC) and approximately safe impact levels (ASIL) of dangerous substances for fisheries water bodies. Moscow, VNIRO, 1990. 46 p.

11. Mironov O.G., Mironov O.A. Oil hydrocarbons in coastal sea waters near Sevastopol. *Zashchita*

okruzhayushchey sredy v negtegazovom komplekse, 2015, no. 9, pp. 25–29.

12. Lebedev S.A. Assessing the background pollution by oil products of the Black and Caspian Seas using the data on remote probing and model calculations. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Ekologicheskie problemy sovremennosti»* (Maykop, Russia, May 12–15, 2009). 2009, pp. 25–44.

13. Sanitary and biological research in coastal sea waters near Sevastopol. O.G. Mironov (ed.). Sevastopol, EKOSI-Gidrofizika, 2009. 192 p.

14. Matishov G.G., Stepanyan O.V., Kharkovsky V.M., Soyev V.G. Current data on water pollution of the Black Sea and the Sea of Azov by oil hydrocarbons. *Vestnik Yuzhnogo nauchnogo tsentra*, 2014, vol. 10, no. 4. pp. 49–52.

15. Petrenko O.A., Zhugaylo S.S., Avdeeva T.M., Adzhumerov S.N. Oil product contents in aqueous medium, bottom deposits and soil of the recreational zone near Kerch and the Tuzla Island. *Geopolitika i ekogeodinamika regionov*, 2014, vol. 10, issue 1, pp. 818–821.



CRIMEAN COASTAL WATERS OF THE BLACK SEA AND THE SEA OF AZOV: POLLUTION BY OIL HYDROCARBONS IN WINTER 2016

© O.V. Soloveva, E.A. Tikhonova, O.A. Mironov

A.O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS,
2, Nakhimov avenue, 299011, Sevastopol, Russian Federation

The detection of oil hydrocarbons was conducted in the surface and near-bottom sea water horizons along the Crimean coast from Cape Tarkhankut to the Arabat spit (83rd expedition of the research vessel "Professor Vodyanitsky", January-February 2016). The results obtained showed the distribution heterogeneity of oil pollution in different parts of the water area and low levels of their concentrations in general. The content of oil hydrocarbons in sea water satisfied the existing sanitary requirements at most sites. At the same time, the exceedance of maximum permissible concentrations at some stations corresponded to the port areas; it was also associated with the Black Sea currents that redistribute pollutants throughout the water body. At the stations with high levels of oil products, their concentration decreases with depth, this being indicative of the superfluous receipt and dissemination of these pollutants. Thus, compared to 1995 data the level of oil pollution along the Crimean coast has been reduced. However, it is premature to conclude that there is no threat from this type of pollutants since at many stations of the water area in question, their concentrations currently exceed the amounts established by the existing standards, and further increase in the recreational load on the Crimean coast causes additional pollution of surface waters. Therefore, it is necessary to regularly monitor oil hydrocarbon contents in the Crimean coastal waters.

Key words: oil hydrocarbons, sea water, coast, Black Sea, Sea of Azov.