УДК 502.65:553.982.2 DOI: 10.33075/2220-5861-2024-4-73-82



# УГЛЕВОДОРОДЫ НЕФТЯНОГО ТИПА В АТМОСФЕРНЫХ ВЫПАДЕНИЯХ НА СЕВАСТОПОЛЬСКОМ ВЗМОРЬЕ (КРЫМ)

**Л.Л. Смирнова[1], Н.Н. Дьяков[2], И.В. Митюкова[2], С.А. Жиляев[2]**

Институт природно-технических систем, РФ, г. Севастополь, Ленина, 28
Севастопольское отделение Государственного океанографического института им. Н.Н. Зубова, РФ, г. Севастополь, ул. Советская, 61
*E-mail: inik48@inbox.ru*

Севастопольское взморье характеризуется высоким уровнем загрязнения компонентами сырой нефти и продуктами ее переработки. Нефтяные углеводороды испаряются с поверхности моря и автотрасс, трансформируются в тропосфере и в составе атмосферных выпадений возвращаются на различные подстилающие поверхности. Целью проведенной работы было изучение содержания алифатических углеводородов нефтяного типа в месячных суммарных атмосферных выпадениях (влажные осадки, оседающий аэрозоль) методом ИК-спектроскопии. Отбор проб проводился в пробоотборник с дистиллированной водой, установленный на метеоплощадке здания СО ГОИН, высота над уровнем моря ~100 м. Во всех исследуемых пробах в различные сезоны отмечено присутствие н-алканов нефтяного типа. В течение 2022−2023 гг. их концентрация изменялась в пределах 4,1−13,0 мг/м$^2$·мес и достигала максимальных значений в весенний и осенний сезоны. Вариабельность атмосферного потока н-алканов нефтяного типа определяют метеорологические факторы: температура воздуха и количество дней с влажными осадками. В засушливый летний период (аэрозолях) характеризуется минимальными значениями.

**Ключевые слова:** н-алканы нефтяного типа, сезон, метеорологические факторы, ИК-спектроскопия.

Поступила в редакцию: 16 09.2024. После доработки: 19.10.2024. Принята к печати: 20.12.2024.

**Введение.** Углеводороды нефти и продукты их трансформации относятся к распространённым органическим веществам, загрязняющим нижние слои тропосферы над морской поверхностью, прибережными акваториями [1–4] и в районе многочисленных автотрасс [5]. В их состав входят наиболее характерные фракции нефти и продуктов ее переработки: авиационные керосины, бензин для автотранспорта и различных морских судов, дизельное топливо, смазочные масла, гудрон, газотурбинное и котельное топливо [4, 6]. В основном это неполярные и малополярные алифатические углеводороды (н-алканы) и циклоалканы, молекулы которых содержат от 5 до 50–60 атомов углерода. Их содержание в составе широко используемых продуктов переработки нефти изменяется от 30 до 60% [4].

Систематическое изучение нефтяного загрязнения морской среды прибрежных акваторий Черного моря началось с новлено, что в загрязнении моря преобладают компоненты сырой нефти, дизельного и котельного топлива. Значимым источником загрязнения западного шельфа Крыма являются судоходство и сброс балластных вод [1, 8, 9], аварийные разливы нефтепродуктов с судов при штормовых условиях [10], их накопление в районах портов, нефтяных буровых скважин. Отмечено, что в его загрязнении нефтепродуктами в

В морской среде различные по составу углеводороды нефти концентрируются в поверхностной микропленке (слик), толщиной от 1 до 100 мкм и диспергируются в водной толще в виде эмульсии. Время существования нефтяной пленки

в поверхностном микрослое не превышает несколько суток, потому что большая часть нефтяных углеводородов не только разрушается микроорганизмами ганических соединений [3, 13], которые разносятся ветром и мигрируют в тропосфере [14–16].

Еще одним важным источником загрязнения нижних слоев тропосферы прибрежных территорий Севастопольского региона нефтяными углеводородами являются использование техники при сельскохозяйственных и разнообразных ремонтных работах, возрастающее количество автомобильного транспорта [5]. Под влиянием фотохимических факторов атмосферы нефтяные углеводороды, с различной молекулярной массой и структурой молекул, не только распадаются до углекислого газа [17], но и вымываются атмосферными выпадениями различные подстилающие поверхности морские, пресноводные, растения, землю) [3, 18].

Особенности эмиссии различных нефтепродуктов в тропосферу в местах разлива нефти на морской поверхности и в районе автотрасс отмечены в ряде исследований [1−7, 19]. Однако, результаты изучения потоков нефтяных углеводородов с различными атмосферными выпадениями на морскую поверхность и прибрежные акватории в районах портов показаны в немногочисленных работах

Цель проведенных исследований – определение концентрации н-алканов нефтяного типа (НУ) в месячных суммарных атмосферных выпадениях (мокрые и сухие осадки) на Севастопольском взморье в различные сезоны.

**Материалы и методы.** Отбор проб месячных атмосферных выпадений проводился на метеоплощадке здания СО ГОИН, расположенной на высоте ~100 м над уровнем моря (рис. 1).

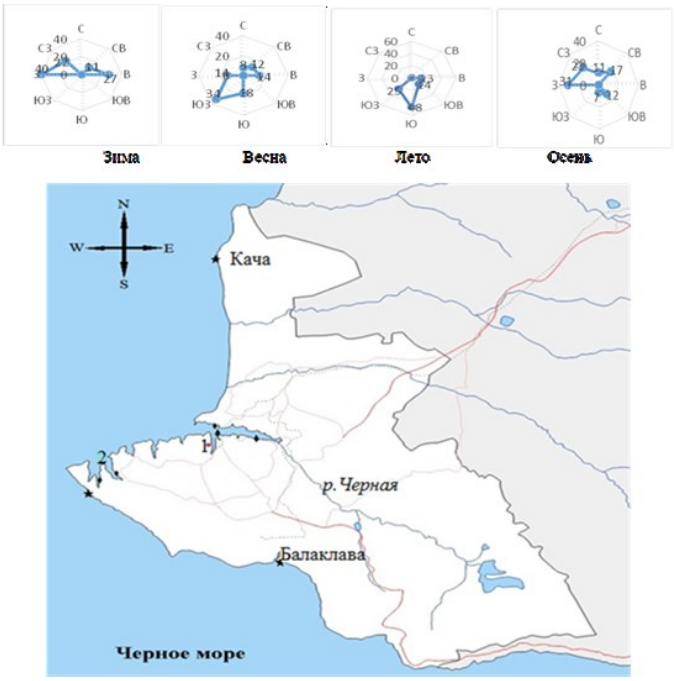


**Рис. 1.** Сезонные розы ветров, место отбора проб (1) и основные источники загрязнения НУ

**Fig. 1.** Seasonal wind roses, and the main sources of oil hydrocarbon pollution of the Sevastopol seashore troposphere: 2 – ischarge of undertreated (★) and untreated (♦) wastewater; highway network (pink and gray lines) [5, 8, 9]

сточных вод; сеть автотрасс (розовые и серые линии) по [5, 8, 9]

Различные атмосферные выпадения – дождевая вода, морские и терригенные аэрозоли, снег, град – собирались в течение месяца на поверхность дистиллированной воды (S = 625 см$^2$), которая постоянно присутствовала в пробоотборниках.

*Определение НУ.* Количественное определение НУ в пробах после месячной экспозиции проводилось в день снятия пробоотборника методом ИК-спектроскопии [20]. После измерения объема воды, накопившейся в пробоотборнике, проба разводилась дистиллятом, в который смывался осевший на дно и стенки пробоотборника осадок, до 1 л. Из полученного раствора эмульсированные НУ экстрагировались четыреххлористым углеродом $CCl_4$. Полученный экстракт пропускался через хроматографическую колонку с окисью алюминия для отделения НУ от сопутствующих органических соединений других классов (кислот, эфиров, спиртов, аминов, полиароматических углеводородов). Концентрация НУ в полученном элюате определялась по интенсивности поглощения связей углерод – водород (C−H), $\lambda$=2930±70 см$^{-1}$ на концентраторе КН-2 с использованием калибровочной кривой деляемой данным методом, от 0,02 до

Расчет концентрации НУ, выпадающих в течение месяца на поверхность площадью 1 м$^2$, проводился по формуле:

$$НУ = \frac{C \cdot P}{S}, \qquad (1)$$

где НУ − количество выпадающих в течение месяца н-алканов нефтяного типа, мг/м$^2$·мес; C − концентрация НУ в 1 л дистиллята из пробоотборника, мг; P – коэффициент разбавления оставшейся в пробоотборнике воды до 1 л; S – площадь поверхности воды в пробоотборнике, м$^2$.

Метод ИК-спектроскопии используется при экологическом контроле за содержанием НУ в морской воде и позволяет получать воспроизводимые результаты, несмотря на процессы химических и микробиологических изменений состава

Среднемесячная температура воздуха, направление ветра и количество дней с влажными атмосферными осадками (дождь, снег) в различные сезоны получены из базы данных Морской гидрометеорологической станции «Севастополь».

*Методы статистической обработки результатов.* При статистической обработке полученных результатов использовались общепринятые методы: рассчитывались параметры линейных трендов методом наименьших квадратов при определении межгодовой и межсезонных тенденций их изменения, вычислялись среднее арифметическое и СКО (среднее квадратичное отклонение).

**Результаты и их обсуждение.** За двухлетний период (2022−2023 гг.) было проанализировано 24 пробы месячных суммарных атмосферных выпадений. Систематические исследования показали, что содержание НУ в месячных атмосферных выпадениях изменялось в пределах 4,1–13,0 мг/м$^2$·мес и зависело от сезонных изменений температуры воздуха. На рис. 2 приведены результаты изучения годовой изменчивости этих параметров в 2022 г.

**Рис. 2.** Годовой ход температуры воздуха и концентрации НУ в суммарных месячных атмосферных выпадениях

**Fig. 2.** Annual variation of air temperature and oil hydrocarbon concentration in total monthly atmospheric fallout

Поступление НУ в нижние слои тропосферы в районе отбора месячных проб происходит не только с поверхности морской воды, но и от автотранспорта на многочисленных автотрассах, рис. 1. Испарение различных по химическому составу НУ в нижние слои тропосферы возрастает с повышением температуры воздуха [4, 5, 14]. Однако, одновременно ускоряются процессы разрушения этих органических соединений не только в морской воде [7, 12], но и в тропосфере при активизации ее фотохимических факторов [17, 18]. Поэтому с конца апреля, при резком повышении температуры воздуха, наблюдается снижение потока НУ с атмосферными выпадениями на различные подстилающие поверхности. Их концентрация достигает минимальных значений 5,0−5,5 мг/м$^2$·мес в летний период, а в осенний сезон, при понижении температуры воздуха до 15–12$^o$С, она резко возрастает, рис. 2.

Статистическая обработка результатов двухлетнего изучения сезонных потоков НУ с месячными атмосферными выпадениями показана в табл. 1.

**Таблица 1.** Основные статистические характеристики концентрации НУ в атмосферных выпадениях в различные сезоны (2022−2023 гг.)

| Характеристика, мг/м$^2$·мес | Сезон | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Весна | Лето | Осень | Зима |
| Максимальная концентрация, | 10,40 | 5,71 | 13,00 | 8,22 |
| Минимальная концентрация | 6,00 | 4,10 | 5,63 | 4,32 |
| Средняя концентрация | 8,20 | 5,02 | 8,58 | 6,38 |
| Размах ряда | 4,40 | 1,61 | 7,37 | 3,90 |
| СКО | 1,76 | 0,56 | 2,72 | 1,76 |

В различные сезоны во всех исследуемых пробах отмечено присутствие НУ. Их средние сезонные концентрации в суммарных атмосферных выпадениях за весь период исследований различаются. Максимальное количество НУ найдено в осенний и весенний сезоны, минимальное – в летний.

**Обсуждение результатов.** Содержание НУ в атмосферных выпадениях зависит от их поступления и миграции в тропосфере [18]. На рис. 1 показано расположение основных источников загрязнения тропосферы Севастопольского взморья и место отбора проб суммарных атмосферных выпадений. Постоянными источниками загрязнения являются выбросы автотранспорта, сброс недоочищенных сточных вод [8, 9, 14]. Как отмечено в работе [3], в последние годы уровень загрязнения прибрежных вод возрастает, на Севастопольском взморье наблюдается превышение концентрации НУ выше установленного норматива 0,05 мг/дм$^3$ в 3–4 раза [8, 11]. Различные по составу НУ, адсорбированные на частичках пылевых и морских аэрозолей и в газообразном состоянии испаряются с водных поверхностей, автотрасс, накапливаются в тропосфере и мигрируют в в

о В табл. 2 приведены концентрации НУ, поступающих в тропосферу с раздичных поверхностей в районе места отбора проб атмосферных выпадений. Летом, по сравнению с зимним сезоном потоки НУ в тропосферу Севастопольского взморья возрастают в результате повышения их концентрации в морской воде и над автотрассами в 1,5–2,0 раза количества автотранспорта). Однако, полученные нами результаты (табл. 1) показали, что в летний сезон их концентрация в суммарных атмосферных выпадениях минимальная, что подтверждается литературными данными о разрушении в тропосфере низкомолекулярных НУ ($C_6$–С

д

о Так же следует отметить низкую концентрацию НУ, адсорбированных на морских аэрозолях, по сравнению с их

содержанием на поверхности моря табл. 2). Это объясняется тем, что, большая часть НУ является летучими органическими соединениями и поступает тропосферу с морской поверхности газообразном состоянии [4, 13, 14].

**Таблица 2.** Содержание НУ в нижних слоях тропосферы над автотрассами, морской поверхностью и на морской поверхности в различные сезоны (по литературным данным)

| Сезон проведения исследований | НУ в приводных и приземных слоях тропосферы | | | |
|---|---|---|---|---|
| | В районе автотрасс, мг/м$^3$ [5] | Морской шельф, западное побережье Крыма | | Диапазон изменения $T_{возд.}$,°С |
| | | Морская поверхность, мг/л [11, 14] | Морской аэрозоль, мкг/м$^3$ [16] | |
| Зима | 0,82–1,05 | 0,03–0,11 | До 20,00 | О |
| Лето | 1,07–1,32 | 0,05–0,25 | | 25,0– 45,0 |

Систематический мониторинг содержания НУ в сухих или влажных атмосферных выпадениях на прибрежные территории Крыма и Севастопольского региона не проводился. Поэтому представляет практический интерес изучение влияния некоторых метеофакторов на отмеченные нами сезонные неравномерности концентраций НУ в суммарных атмосферных выпадениях (рис. 2 и табл. 1).

**Сезонные метеофакторы, влияющие на потоки НУ с атмосферными выпадениями.** *Температура воздуха.* Сезонные изменения температуры воздуха являются одним из факторов, определяющих потоки НУ с суммарными атмосферными выпадениями. С одной стороны она обеспечивает их испарение с различных поверхностей в тропосферу, что отмечено в ряде исследований [3, 4, период 2022 г., при низкой температуре воздуха, уменьшающей испарение НУ, их поток с атмосферными выпадениями в районе места отбора проб, не превышал 6,0 мг/м$^2$·мес. С другой стороны, в процессе накопления и миграции летучих НУ в воздушных потоках температура воздуха активизирует физико-химические процессы деструкции этих органических соединений [4, 17, 18]. Полученные нами результаты (табл. 1) показали, что в летний сезон их концентрация в месячных суммарных атмосферных выпадениях и разброс данных наблюдений минимальные.

*Направление ветра.* В течение года ветры различных направлений постоянно переносят на побережье Севастопольского региона к месту отбора проб воздушные массы загрязненные НУ от разнообразных источников: с морской поверхности западной части Черного моря, различных регионов России, Европы и европейских рек с развитым судоходством [15]. В весенний сезон, при преобладании ветров Ю-З и Ю румбов, НУ переносятся в район отбора проб как с морской поверхности, так и с поверхности и многочисленных автотрасс на западном побережье Крыма, рис. 1. Однако в процессе атмосферной циркуляции происходит разрушение части НУ [4, 17] и основной вклад в потоки НУ с суммарными атмосферными выпадениями при З, ЮЗ и СЗ ветрах вносят источники загрязнения тропосферы на Севастопольском взморье, близко расположенные к месту отбора проб.

*Количество дней с влажными осадками и их доля в суммарных атмосферных выпадениях в различные сезоны.* В работах [18, 19] отмечено, что все загрязнения, накопившиеся в тропосфере – аэрозоли различного размера и веса, мигрирующие в воздухе молекулы и агрегаты органических и неорганических соединений, вымываются даже непродолжительными влажными осадками: дождями и снегом. На Севастопольском

взморье изучение содержания НУ проводилось в суммарных месячных атмосферных выпадениях. Однако используя данные о количестве дней с влажными осадками, нами была рассчитана их доля в различные сезоны, позволяющая определить доминирование влажных или сухих осадков в каждом из сезонов.

На рис. 3 приведены средние сезонные концентрации НУ в суммарных атмосферных выпадениях и количество дней с влажными осадками в различные сезоны за период 2022–2023 гг.

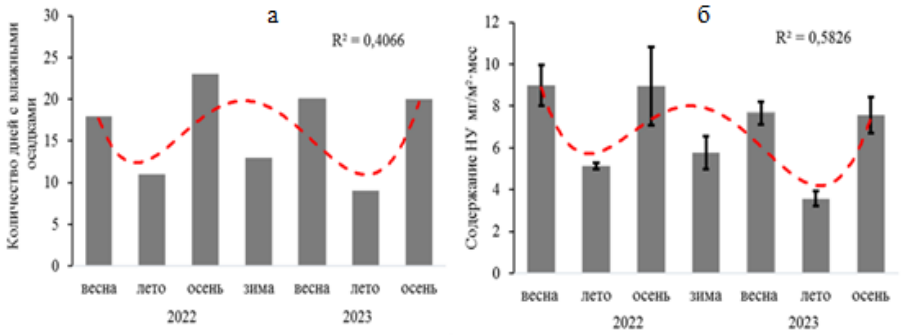


**Рис. 3.** Сезонная вариабельность количества дней с влажными осадками (а) и средняя сезонная концентрация НУ в суммарных атмосферных выпадениях (б)
**Fig. 3.** Seasonal variability in the number of days with wet precipitation (a) and average seasonal concentration of hydrocarbons in total atmospheric fallout (б)

Летний сезон на западном побережье Крыма характеризуется засушливыми периодами, особенно в июле–августе. Количество дней с влажными осадками в этом сезоне было минимальным: в 2022 г. – 11 дней, а в 2023 г. всего 8, рис. 3, а. Значит, в летний сезон, когда доля дней с дождями не превышала 10%, доминировали сухие атмосферные выпадения. Поток НУ, адсорбированных на оседающем в результате седиментации аэрозоле, снижался до 4,1–5,7 мг/см$^2$·мес. Диспергированные в воздухе и сконцентрированные на поверхности мелких аэрозолей различные НУ продолжали мигрировать в тропосфере и переносились воздушными потоками на различные расстояния от места отбора проб в зависимости от направления ветра.

Максимальное количество дней с дождями на Севастопольском взморье приходится на весенний и осенний сезоны, рис. 3, а. Доля влажных выпадений в суммарных атмосферных осадках в весенний сезон составила 20–21%, а в осенний – 26%, что увеличило среднее содержание НУ в атмосферных осадках, по сравнению с летним сезоном, примерно в 2 раза (рис. 3, б). За весь период исследований максимум концентрации НУ в суммарных атмосферных выпадениях составил 13,0 мг/м$^2$·мес и наблюдался в дождливый осенний период (рис. рис. 1, а, в 2022 г. так же наблюдалось возрастание содержания НУ в атмосферных выпадениях в течение марта–апреля и с сентября до конца ноября на 45−50%.

Таким образом, полученные данные и их обработка позволили предположить, что температура воздуха и количество дней с влажными выпадениями (их доля, определяют концентрацию НУ в суммарных атмосферных выпадениях.

В результате постоянного круговорота в системе «морская поверхность, автотрассы – тропосфера – поверхность моря, земли, растений» НУ различного химического состава включаются в химико-биологические циклы шельфовых и наземных экосистем и оказывают отрицательное влияние на жизнедеятельность морских организмов и наземной

р
а
с
т
и
т
е
л

**Заключение.** Результаты проведенных в 2022–2023 гг. химических исследований месячных суммарных атмосферных выпадений на Севастопольском взморье с использованием метода ИК-спектроскопии показали присутствие в них НУ. В течение года концентрация НУ изменялась в пределах 4,1–13,0 мг/м$^2$·мес. Выявлена её зависимость от температуры воздуха и количества дней с влажными осадками в месячных атмосферных выпадениях.

В дождливые осенний и весенний сезоны, доля дней с влажными осадками возрастает до 21–26% и в суммарных атмосферных выпадениях повышается концентрация НУ. В засушливый летний период (доля дней с дождями до 10%) содержание НУ, в преобладающих сухих атмосферных выпадениях (аэрозоль), характеризуется минимальными значениями.

Следует отметить, что в процессе отбора в течение месяца суммарных атмосферных выпадений на состав накопившихся углеводородов влияют микробиологические факторы. Поэтому необходимы дальнейшие исследования по идентификации НУ по молекулярному составу (хроматографический анализ), что позволит количественно оценивать круговорот н-аланов нефтяного происхождения в системе «морская поверхность, автотрассы – тропосфера – поверхность моря, земли, растений».

*Работа выполнена в рамках госзадания ИПТС «Фундаментальные и прикладные исследования закономерностей и механизмов формирования региональных изменений природной среды и климата под влиянием глобальных процессов в системе океан-атмосфера» (№ госрегистрации*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Заграничный К.А.* К вопросу об источниках и объёмах поступления нефтяных компонентов в акваторию Чёрного моря // Инженерный вестник Дона. 2014. Т. 28. № 1. С. 80–92.

2. *Oil* in the Sea III: Inputs, Fates, and Effects. Washington, DC.: The National A

*Патин С.А.* Нефть и экология континентального шельфа: в 2-х томах, 2-е изд. пер. и доп. Т. 1: Морской нефтегазовый комплекс: состояние, перспективы, факторы воздействия. М.: изд-во ВНИРО,

*Немировская И.А.* Нефть в океане (загрязнение и природные потоки) / Под ред. А.П. Лисицына. Российская акад. наук, Институт океанологии им. П.П. Ширшова. М.: Научный мир, 2013. 428 с.

*Щекатурина Т.Л., Якимчук Ю.М.* Методы и результаты определения углеводородов в атмосферном воздухе // Сборник научных трудов Севастопольского национального университета ядерной энергии и промышленности. Севастополь: СНУЯЭиП, 2012. Вып. 1. С. 82–89.

6. *Future* emissions from oil, gas, and shipping activities in the Arctic / G.P. Peters, T.B. Nilssen, L. Lindholt [et al.] // Atmospheric Chemistry and Physics Discussions. 2011. Vol. 11. P. 4913–4951.

*Санитарно-биологические* исследования в прибрежной акватории региона Севастополя / Под ред. О.Г. Миронова. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009.

*Источники* загрязнения прибрежных вод Севастопольского района / В.М. Грузинов, Н.Н. Дьяков, И.В. Мезенцева [и др.] // Океанология. 2019. Т. 59. № 4. С.

*Мониторинг* концентрации нефтяных углеводородов в прибрежных водах Крыма / О.В. Соловьева, Е.А. Тихонова, Миронов О.А. [и др.] // Вода: химия и экология. 2018. № 4–6. С. 19–24.

10. *Oil* spill accident in The Kerch Strait in November 2007 // Edited by A. Korshenko, Yu. Ilyn, V. Velikova / Black

Sea Commission Publications, 2011. Moscow: Nauka. 288 p.

*Миронов О.А., Миронов О.Г.* Современные данные по загрязнению прибрежной акватории Азово-Черноморского региона России нефтяными углеводородами // Юг России: экология, развитие. 2020. Т. 15, № 3. С. 77–

*Тархова Е.П., Ковальчук Ю.Л., Полтаруха О.П.* Изучение биодеградации нефти в воде Черного моря // Водные ресурсы. Т. 30, № 1. С.100−105.

*Кузнецов А.Н., Федоров Ю.А., Заграничный К.А.* Нефтяное загрязнение побережья Черного моря в районе г. Новороссийска (по результатам многолетних исследований) // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2013. № 12. С. 31−39.

*Миронов О.Г., Миронов О.А.* Нефтяные углеводороды в морской воде прибрежной акватории г. Севастополя // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2015. № 9. С. 25–29. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24102121

15. *Whiteaker J., Sues D., Prather. K.* Effects of meteorological conditions on aerosol composition and mixing state in Bakersfield, CA. // Environmental Science a n

*Чичаева М.А.* Физико-химическая характеристика аэрозолей приводного слоя атмосферы: автореф. дис. … канд. физ.-мат. наук. Москва, 2010. 24 с.

17. *Idrisov T.S., Gurbanov M.A., Guliieva U.A.* Study of photochemical transformation of oil and its components (summary). № 2. P. 36–41.

*Бримблкумб П.* Состав и химия атмосферы / пер. с англ. М.: Мир, 1988. 351 с.

19. *Experimental* studies on particle emissions from cruising ship, their characteristic properties, transformation and atmospheric lifetime in the marine boundary layer / A. Petzold, J. Hasselbach, P. Lauer [et al.] // Atmospheric Chemistry and Physics. 2008. Vol. 8. № 9. ACP, 8. P. 2387–2345–2353.

ПНД 14.1:2:4.168-2000 (ФР.131.2010.07432) Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах питьевых, природных, очищенных сточных водах методом ИК-спектроскопии с применением концентраторов серии КН-2м. М., 2012. 23 с.

## OIL-TYPE HYDROCARBONS IN ATMOSPHERIC FALLOUT AT THE SEVASTOPOL SEASIDE (CRIMEA)

**L.L. Smyrnova[1], N.N. Dyakoff[2], I.V. Mityukova[2], S.A. Zhiliaev[2]**

[1]Institute of Natural and Technical Systems,
RF, Sevastopol, Lenin St., 28
[2]Sevastopol branch of the State Oceanographic Institute named after N.N. Zubova,
RF, Sevastopol, Sovetskaja St., 61
E-mail: inik48@inbox.ru

The Sevastopol seaside is characterized by a high level of pollution with crude oil components and its refined products. Oil hydrocarbons evaporate from the surface of the sea and highways, transform in the troposphere and return to various underlying surfaces as part of atmospheric fallout. The purpose of the work was to study the content of oil-type aliphatic hydrocarbons in monthly total atmospheric fallout (wet precipitation, settling aerosol) using IR spectroscopy. Sampling was carried out in a sampler with distilled water installed on the weather site of the building of the SB SOIN, height above sea level ~100 m. In all studied samples in different

seasons, the presence of oil-type alkanes was recorded. During 2022 - 2023 their concentration varied within the range of 4.1−13.0 mg/m$^2$·month and reached maximum values in the spring and autumn seasons. The variability of the atmospheric flow of oil-type alkanes is determined by meteorological factors: air temperature and the number of days with wet precipitation. During the dry summer period (the proportion of days with rain is up to 10%), their content in the prevailing dry atmospheric fallout (aerosols) is characterized by minimal values.

**Keywords:** aliphatic oil-type hydrocarbons, season, meteorological factors, IR spectroscopy.

## REFERENCES

1. *Zagranichny K.A.* K voprosu ob istochnikakh i obyomakh postupleniya neftyanykh komponentov v akvatoriyu Chornogo moray (On the issue of sources and volumes of petroleum components entering the Black Sea). *Inzhenernyy vestnik Dona,* 2014, Vol. 28, No. 1, pp. 80–92.

2. *Oil* in the Sea III: Inputs, Fates, and Effects. Washington, DC.: The National Academies Press (US), 2003. 277 p. https://doi.org/10.17226/10388

3. *Patin S.A.* Neft i ekologiya kontinentalnogo shelfa. Vol. 1: Morskoy neftegazovy kompleks: sostoyaniye, perspektivy, faktory vozdeystviya. (Oil and ecology of the continental shelf. Vol. 1: Offshore oil and gas complex: state, prospects, impact factors), Moscow: Izd-vo VNIRO, 2017, 326 p.

4. *Nemirovskaya I.A.* Neft v okeane, zagryazneniye i prirodnyye potoki (Oil in the ocean, pollution and natural flows), Moscow: Nauchny mir, 2013, 428 p. Available at: https://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_1917147

5. *Shchekaturina T.L. and Yakimchuk Yu.M.* Metody i rezultaty opredeleniya uglevodorodov v atmosfernom vozdukhe (Methods and results for determining hydrocarbons in atmospheric air). *Sbornik Nauchnykh Trudov Sevastopolskogo natsionalnogo universiteta yadernoy energii i promyshlennosti. Sevastopol:* SNUYAEiP, 2012, No. 1. pp. 82–89.

6. *Peters G.P., Nilssen T.B., Lindholt L., Eide M.S., Glomsrød S., Eide L.I., and Fuglestvedt J.S.* Future emissions from oil, gas, and shipping activities in the Arctic. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, 2011, Vol. 11, pp. 4913–4951. https://doi.org/10.5194/acp-11-5305-2011

7. *Mironov O. G.* Sanitarno-biologicheskiye issledovaniya v pribrezhnoy akvatorii regiona Sevastopolya (Sanitary and biological research in the coastal waters of the Sevastopol region). Sevastopol: EKOSI-Gidrofizika, 2009. 192 p.

8. *Gruzinov V.M., D'yakov N.N., Mezentseva I.V., Malchenko Yu.A., Zhokhova N.V., and Korshenko A.N.* Istochniki zagryazneniya pribrezhnykh vod Sevastopol'skogo rayona (Sources of pollution of coastal waters of the Sevastopol region). *Oceanologiya,* 2019. Vol. 59. No. 4. pp. 579−590
Available at: https: // journals.eco-vector.com/0030-1574/article/view/16089/12724

9. *Solov'yeva O.V., Tikhonova Ye.A., Mironov O.A. and Zakharchenko D.A.* Monitoring kontsentratsii neftyanykh uglevodorodov v pribrezhnykh vodakh Kryma (Monitoring the concentration of petroleum hydrocarbons in the coastal waters of Crimea. *Voda: khimiya i ekologiya,* 2018, No 4–6, pp. 19–24.

10. *Korshenko A., Ilyn,Yu., and Velikova V.* Oil spill accident in The Kerch Strait in November 2007 // Edited by Black Sea Commission Publications, 2011, Moscow: Nauka, 288 p.

11. *Mironov O.A. and Mironov O.G.* Sovremennyye dannyye po zagryazneniyu pribrezhnoy akvatorii Azovo-Chernomorskogo regiona Rossii neftyanymi uglevodorodami (Modern data on pollution of the coastal waters of the Azov-Black Sea region of Russia with petroleum hydrocarbons). Y*ug Rossii: ekologiya, razvitiye,* 2020.,Vol.. 15, No 3, pp. 77–85. https://doi.org/10.18470/1992-1098-2020-3-77-85

12. *Tarkhova E.P., Kovalchuk Yu.L., and Poltarukha O.P.* Izucheniye biodegradatsii nefti v vode Chernogo moray (Study of oil biodegradation in the water of the Black Sea). *Vodnye resursy,* 2003, Vol. 30, No. 1, pp. 100−105.

13. *Kuznetsov A.N., Fedorov Yu.A., and Zagranichnyy K.A.* Neftyanoye zagryazneniye poberezh'ya Chernogo morya v rayone g. Novorossiyska, po rezultatam mnogoletnikh issledovaniy (Oil pollution of the Black Sea coast in the area of Novorossiysk, based on the results of many years of research). *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Yestestvennyye nauki*, 2013, No. 12, pp. 31−39.

14. *Mironov O.G. and Mironov O.A.* Neftyanyye uglevodorody v morskoy vode pribrezhnoy akvatorii g. Sevastopolya (Petroleum hydrocarbons in seawater of the coastal waters of Sevastopol). *Zashchita okruzhayushchey sredy v neftegazovom komplekse*, 2015, No. 9, pp. 25–29.
Available at: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24102121

15. *Whiteaker J., Sues D., and Prather. K.* Effects of meteorological conditions on aerosol composition and mixing state in Bakersfield, CA. *Environmental Science and Technology*, 2002, 36 (11), pp. 2345–2353. https://doi.org/10.1021/es011381z

16. *Chichayeva M.A*. Fiziko-khimicheskaya kharakteristika aerozoley privodnogo sloya atmosfery: Avtoref. dis. kand. fiz.-mat. nauk (Physico-chemical characteristics of aerosols in the atmospheric surface layer. Cand. phys.-math. sci. nauk avtoref.). Moscow, 2010. 24 p.

17. *Idrisov T.S., Gurbanov M.A., and Gulieva U.A.* Study of photochemical trans-formation of oil and its components (summary). *Journal of Radiation Researches. Baku.* 2021. Vol. 8. No. 2. P. 36–41.

18. *Brimblecombe P.* Sostav i khimiya atmosfery (Air composition and chemistry), Moscow: Mir, 1988, 351 p. Available at: https: // jra-dres.az/storage/464/6)journal_of_radiation_researches,_vol.8,_n_2,_2021,_pp.36-41.pdf

19. *Petzold A., Hasselbach J., Lauer P., Baumann R., Franke K.,Gurk C., Schlager H. and Weingartner E.* Experimental studies on particle emissions from cruising ship, their characteristic properties, transformation and atmospheric life time in the marine boundary layer . *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2008, Vol. 8, No. 9, ACP, 8, pp. 2387–2403. https://doi.org/10.5194/acp-8-2387-2008

20. PND 14.1:2:4.168−2000 (FR.131.2010.07432) (Russian Federation standard). Moscow: Izdatelstvo standartov, 2012, 23 p.