

DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2025.4.4>

UDC 504.4.054

LBC 20.17

ON THE PROSPECTS AND FORECASTS OF THE DYNAMICS OF HYDROCARBON POLLUTION OF THE BLACK SEA AS A RESULT OF THE “VOLGA-NEFT” TANKERS ACCIDENT IN DECEMBER 2024

Nikolai V. Onistratenko

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Olga V. Permyakova

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Aleksandra P. Safonova

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Abstract. The article presents the results of an experiment to identify the environmentally significant properties of M100 grade heating oil samples that were accidentally released into the Black Sea as a result of the shipwreck of two “Volgoneft” “river-sea” class oil tankers in December 2024, which formed dense, hard-to-detect oil and sand bottom aggregates and caused a complex of negative economic and environmental consequences. The behavior of oil and sand aggregates in the simulated conditions of a seasonal increase in seawater temperature to values inherent in the contaminated region confirms the likelihood of a massive transition of petroleum products to a liquid state, which is expected to lead to the rise of large quantities of petroleum products to the sea surface in the summer. During the experiment, a decrease in the viscosity of fuel oil and the ascent of fuel oil occurred when the temperature reached 25–26 °C for model seawater and 23–24 °C for fresh water.

Key words: M100 fuel oil, Black Sea, oil pollution, marine ecosystem, oil buoyancy.

Citation. Onistratenko N.V., Permyakova O.V., Safonova A.P. On the Prospects and Forecasts of the Dynamics of Hydrocarbon Pollution of the Black Sea as a Result of the “Volga-Neft” Tankers Accident in December 2024. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2025, vol. 15, no. 4, pp. 47-53. (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2025.4.4>

УДК 504.4.054

ББК 20.17

К ВОПРОСУ О ПЕРСПЕКТИВАХ И ПРОГНОЗАХ ДИНАМИКИ УГЛЕВОДОРДНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ЧЕРНОГО МОРЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ АВАРИИ ТАНКЕРОВ «ВОЛГА-НЕФТЬ» В ДЕКАБРЕ 2024 ГОДА

Николай Владимирович Онистратенко

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Ольга Владимировна Пермякова

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Александра Петровна Сафонова

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. В статье представлены результаты опыта по выявлению экологически значимых свойств образцов топочного мазута марки М100, аварийно поступившего в акваторию Черного моря в результате кораблекрушения двух нефтеналивных танкеров класса «река-море» модели «Волгонефть» в декабре 2024 года, образовавшего плотные труднообнаруживаемые мазутно-песчаные донные агрегаты и вызвавшего комплекс негативных последствий хозяйственного и экологического характера. Поведение мазутно-песчаных агрегатов в моделируемых условиях сезонного повышения температуры морской воды до присущих подвергшемуся загрязнению региону величин подтверждает вероятность массового перехода нефтепродуктов в жидкое состояние, что ожидаемо приведет к подъему на морскую поверхность больших количеств нефтепродуктов в летний период. В ходе опыта снижение вязкости мазута и вскрытие мазута произошло при достижении значений температуры 25–26 °С для модельной морской воды и 23–24 °С – для пресной.

Ключевые слова: мазут М100, Черное море, нефтяное загрязнение, морская экосистема, плавучесть нефти.

Цитирование. Онистратенко Н. В., Пермякова О. В., Сафонова А. П. К вопросу о перспективах и прогнозах динамики углеводородных загрязнений Черного моря в результате аварии танкеров «Волга-Нефть» в декабре 2024 года // Природные системы и ресурсы. – 2025. – Т. 15, № 4. – С. 47–53. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2025.4.4>

Введение

В декабре 2024 года в акватории Черного моря произошла крупная катастрофа с участием двух нефтеналивных танкеров. При сильном шквалистом ветре, порывы которого достигали 17–22 м/с, и мощном волнении моря в южной части Керченского пролива в результате разлома корпусов двух российских нефтеvezовых танкеров «Волгонефть-212» и «Волго-нефть-239» произошел разлив мазута. В море попало не менее 3 700 т мазута из перевозимых суммарно 9 200 т. В первую очередь пострадали десятки километров побережья Кубани – Темрюкского и Анапского районов. Вскоре мазутные пятна были обнаружены и во множестве береговых локаций Крыма [11].

Многочисленные сообщения средств массовой информации и активность пользователей соцсетей обусловили разностороннее освещение катастрофической ситуации и широкое обсуждение путей решения возникшей проблемы [8; 9]. Общественность отреагировала высокой активностью добровольцев, самостоятельно и организованно прибывавших к месту развивавшейся чрезвычайной ситуации и приступавших к работам по ликвидации ее негативных последствий.

Мазут – тяжелая фракция нефти, получаемая при перегонке сырых нефтепродуктов, продуктов обратной переработки нефтяных отходов и газового конденсата. Является основным видом жидкого энергетического топлива. Прямогонный мазут представляет собой смесь тя-

желых нефтяных остатков прямой перегонки нефти с ее маловязкими фракциями. Подмешивание дистиллятов к тяжелому остатку необходимо для поддержания вязкости мазута в пределах требований стандарта. Прямогонный мазут предназначен для использования в качестве топлива для стационарных котельных и технологических установок. Крекинг-мазут представляет собой тяжелый высоковязкий остаток крекинг-процесса (высокотемпературной переработки нефти и ее фракций) [2]. Мазуты получают на нефтеперерабатывающих заводах одновременно с производством других продуктов (моторных топлив, масел и др.).

Физические свойства мазутов различных марок закономерно различаются и регламентируются требованиями ГОСТов и ведомственных нормативов. В зависимости от назначения установлены следующие марки мазута:

- флотский Ф5;
- топочный 40;
- топочный 100 [5].

Условное обозначение мазута включает в себя: для мазута флотского – марку и массовую долю серы, для мазутов топочных – марку, массовую долю серы, зольность и температуру застывания. Так, мазут топочный 100, 2,00 %, малозольный, 25 °С по ГОСТ 10585–2013 [5].

Мазут является малоопасным продуктом и по степени воздействия на организм человека относится к 4-му классу опасности. Мазут раздражает слизистые оболочки и кожные покровы человека, вызывая их поражение

и возникновение кожных заболеваний. Длительный контакт с мазутом увеличивает степень риска заболевания органов дыхания у человека [5]. Негативное воздействие мазута на биоту определяется токсическим влиянием на растительные, бактериальные организмы и фауну, а также мутагенностью циклических углеводородов [4; 13; 14].

Именно топочный мазут марки М100 стал тем нефтепродуктом, который загрязнил акваторию Чёрного моря при аварии танкеров 15 декабря 2024 года.

Необходимость обнаружения загрязненных участков морского дна и берега обусловила разработку инновационных технологий и методических решений. В то же время волонтеры и сотрудники экстренных служб столкнулись со сложностями, обусловленными физико-химическими свойствами мазута М100. Содержание мазута в воде недопустимо и определяется визуально наличием масляной пленки на поверхности воды [1; 4]. Однако низкие температуры воздуха и морской воды, а также агрегация мазутных сгустков с песком приводили к снижению плавучести и погружению агрегатов на дно. Движение «мазутных полей» по направлению течений, а также замывание песком создало скрытые очаги донного загрязнения, представляющие собой объекты накапленного вреда [12].

Ожидаемый сезонный подъем температуры морской воды угрожал массовым высвобождением плавучих фракций мазута М100, что могло привести к залповому загрязнению обширных акваторий Черного моря и поступлению мазута на побережье в летний период.

Целью исследования стало выявление физических свойств образцов песчано-мазутных конкреций, отобранных в зоне аварий в ходе подводных погружений и сбора на берегу. Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи: определить температуру морской воды, при которой мазут-песчаный агломерат переходил в жидкое плавучее состояние; выявить особенности поведения агломератов в морской и пресной воде.

Материалы и методы исследования

Эксперимент был организован с применением классических подходов к полевому опыту в биологии, экологии [6; 7].

Целью исследования не являлось точное определение плотности мазута при некоторой температуре морской воды. Нами была определена задача выявить возможность дисадгезии мазута от поверхности песчинок при повышении температуры морской воды до средних летних температур по региону.

Для достижения поставленной цели нами со дна моря и, на суше, с береговой полосы были отобраны образцы мазут-песчаных агрегатов, имевших среднюю длину 3–8 см. Агрегаты представляли собой плотные тяжелые вязкие сгустки мазута, внутри которых обнаруживались частицы донного грунта – силикатные песчинки, частицы раковин, мелкие частицы местных горных пород. Поверхность сгустков была также обильно покрыта прочно связанными с ней частями грунта. Внутри агрегатов обнаруживались полости, наполненные морской водой.

В ходе исследования нами был использован усредненный модельный раствор, имеющий аналогичный черноморской воде уровень солёности. Учитывая, что поверхностной водной массе северо-восточной части Черного моря соответствует соленость ~18,75 % (~18,2 PSU) [3], нами был изготовлен раствор солей соответствующей концентрации (см. рис. 1).

Нагрев воды осуществлялся с применением терmostата водяного НН-6 до 27 °C – температуры моря в самый теплый период [10].

Для имитации волнения использовался способ механического перемешивания воды с применением блока мешалки экстрактора ЭЛ-1 (рис. 2).

Оценка времени изменения агрегатного состояния мазута осуществлялась визуально с применением хронометра Kadio KD-1069, имеющего погрешность ±0,01с.

Результаты и обсуждение

Использование предложенного алгоритма исследования позволило выявить характерную динамику изменения вязкости мазутно-песчаных агрегатов (см. таблицу), свидетельствующую о стремительном переходе большей части агрегата в жидкую легкую плавучую фазу при достижении показателя температуры воды, равного +26 °C для модельного

раствора морской воды и +23 °С – для пресной воды (соленость ~0,5 ‰).

В исследовании А.Г. Забродина и соавт. [2] получено значение плотности мазута М100 равное 978,36 кг/м³ при +20 °С. Указанная в той же работе плотность пресной воды при данной температуре составила 998,2019 кг/м³. Такая разность плотности выступает достаточной причиной для образования плавучей гидрофобной пленки на поверхности воды уже при температурах, не являющихся предельными для черноморской воды в летнее время. Однако следует отметить, что адгезия мазута на поверхности элементов донного грунта, образование смеси с водой внутри сгустка приводят к смещению точки перехода мазута в жидкое плавучее состояние.



Рис. 1. Образцы агрегатов мазута с частицами донного грунта в модельном растворе, имитирующем физико-химические свойства морской воды (фото Н.В. Онистратенко)

Тем не менее, нагрев морской воды до типичных для летнего периода в Российском Черноморье температур, исходя из результатов исследования, способен привести к залповому высвобождению мазута М100, ранее лежавшего на дне в виде сгустков – как в условиях штиля, спокойных бухт и лагун, так и при волнении.

Следует отметить, что разжижение и всплытие мазута в пресной воде происходит при более низких температурах +22...+24 °С, что сигнализирует об опасности непрогнозируемого раннего образования мазутной пленки на поверхности воды в местах поступления пресных вод в море – в эстуариях, лиманах, в месте поступления хозяйственных и промышленных стоков.



Рис. 2. Внешний вид автоматической системы создания искусственного волнения модели морской воды в ходе опыта (фото Н.В. Онистратенко)

Динамика изменения агрегатного состояния образцов мазута М100 в зависимости от температуры воды

Температура окружающей водной среды, °С	Время изменения вязкости агрегата в модельной морской воде 18,75 ‰ без имитации волнения, ч	Время изменения вязкости агрегата в модельной морской воде 18,75 ‰ с имитацией волнения, ч	Время изменения вязкости агрегата в модельной пресной воде ~0,5 ‰ без имитации волнения, ч	Время изменения вязкости агрегата в модельной пресной воде ~0,5 ‰ с имитацией волнения, ч
20	4	4	3	3
21	3	3	3	3
22	3	3	2	2
23	3	3	1,5	1
24	2	2	0,5	0,5
25	1	1	-	-
26	0,5	0,5	-	-

Заключение

Результаты исследования позволяют сделать выводы о вероятном залповом переходе мазута М100, после аварии танкеров в декабре 2024 года образовавшего труднообнаруживаемые донные агрегаты с элементами донного грунта и водой, в жидкую плавучую форму при повышении температуры морской воды до типичных для летнего периода уровней +25...+26 °C. Скрытые под водой и наносами донного песка «поля мазутных густков» остаются скрытой угрозой, способной реализоваться в акватории Черного моря.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Венцианский, А. С. Использование зеина для фильтрации воды от нефтепродуктов / А. С. Венцианский, Е. А. Иванцова, М. П. Шуликина // Природные системы и ресурсы. – 2024. – Т. 14, № 2. – С. 32–39. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.2.3>
2. Анализ физико-механических свойств мазута марки М100 / Забродин А. Г. [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – № 7. – С. 243–246.
3. Андрулионис, Н. Ю. Основной ионный состав вод Керченского пролива и прилегающих акваторий / Н. Ю. Андрулионис, И. Б. Завьялов, С. А. Рождественский // Морской гидрофизический журнал. – 2024. – Т. 40, № 1. – С. 87–107.
4. Влияние мазута на людей, водоемы и почву: Анализ возможных опасностей // Амадеус. – 2025. – URL : <https://amadeus-tech.ru/vliyanie-mazuta-na-lyudej-vodoemny-i-pochvu-analiz-vozmozhnykh-opasnostej/>
5. ГОСТ 10585-99. Топливо нефтяное. Мазут. Технические условия. – М., 2009 // Консорциум Кодекс. – URL: <https://docs.ctnd.ru/document/1200007866>
6. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. – М. : Альянс, 2011. – 318 с.
7. Иванцова, Е. А. Методы оценки загрязнений окружающей среды / Е. А. Иванцова, Н. В. Герман, А. А. Тихонова. – Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2018. – 86 с.
8. Крушение танкеров // Южный авиационно-спасательный центр МЧС России. – URL : <https://asc-ug.organizations.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/press-centr/4241071>

9. Ликвидация ЧС после разлива мазута в Крыму: ситуация к этому часу // РИА Новости Крым. – URL : <https://crimea.ria.ru/20250114/likvidatsiya-chs-posle-razliva-mazuta-v-krymu-situatsiya-k-etomu-chasu-1143318855.html>

10. Ломакин, П. Д. Особенности межгодовых и сезонных вариаций гидрометеорологических условий в районе Керченского пролива за два последних десятилетия / П. Д. Ломакин, Д. Б. Панов, Е. О. Спиридовна // Морской гидрофизический журнал. – 2010. – № 2. – С. 36–48.

11. Мазут не в Анапе: Сочи, Геленджик и Крым спустя 30 дней после катастрофы // Краснодарские известия. – URL : <https://ki-news.ru/article/mazut-ne-v-anape-sochi-gelendzhik-novorossijsk-i-krym-spustya-30-dnej-katastrofy/>

12. Сети и бактерии: какие способы очистки песка от мазута испытывают на пляжах Анапы // Кубань-Информ. – 2025. – URL : https://kub-inform.ru/news/seti-i-bakterii-kakie-sposoby-ochistki-peska-ot-mazuta-ispytyvayut-na-plyazhakh-anapy/?utm_source=uxnews&utm_medium=desktop&utm_referrer=https%3A%2F%2Fdzen.ru%2Fnews%2Fsearch

13. Фарджаве Вадах Кадим Хамза. Влияние дополнительно введенных солей цинка и меди на качество очистки речной воды от сырой нефти / Вадах Кадим Хамза Фарджаве, Е. А. Иванцова, В. В. Новочадов // Проблемы региональной экологии. – 2024. – № 1. – С. 28–33.

14. Ясинский, Д. А. Особенности воздействия нефтегазовых объектов на состояние водных биологических ресурсов / Д. А. Ясинский, Е. А. Иванцова // Антропогенная трансформация геопространства: история и современность : материалы II Междунар. науч.-практ. конф. – Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2015. – С. 423–427.

REFERENCES

1. Venecianskiy A.S., Ivantsova E.A., Shulkina M.P. Ispolzovaniye zeina dlya filtracii vody ot nefteproduktov [Using Zein to Filter Water from Petroleum Products]. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2024, vol. 14, no. 2, pp. 32–39. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.2.3>

2. Zabrodn A.G., Alibekov S. Ya., Zabrodina N. A., Salmanov R.S., Maryashev A.V. Analiz fiziko-mekhanicheskikh svoistv mazuta marki M100 [Analysis of the Physico-Mechanical Properties of M100 Grade Fuel Oil]. *Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University], 2013, vol. 7, pp. 243–246.

3. Andrulionis N.Iu., Zavialov I.B., Rozhdestvenskii S.A. Osnovnoy ionny sostav vod

Kerchenskogo proliva i prilegayushchih akvatoriy [Major Ion Composition of Waters in the Kerch Strait and the Adjacent Areas]. *Morskoy gidrofizicheskiy zhurnal* [Physical Oceanography], 2024, 31 (1), pp. 79-98.

4. Vliyanie mazuta na lyudey, vodoemy i pochvu: Analiz vozmozhnykh opasnostey [The Effect of Fuel Oil on People, Water and Soil: An Analysis of Possible Hazards]. *Amadeus*, 2025. URL: <https://amadeus-tech.ru/vliyanie-mazuta-na-lyudej-vodoemy-i-pochvu-analiz-vozmozhnykh-opasnostej/>

5. GOST 10585-99. Toplivo neftyanoye. Mazut. Tehnicheskiye usloviya. M., 2009. 11 p. [GOST 10585-99. The Fuel Is Petroleum. Fuel Oil. Technical Specifications. Moscow, 2009]. *Konsortium Kodeks*. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200007866>

6. Dospekhov B. A. *Metodika polevogo opyta: (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methodology of Field Experience: (With the Basics of Statistical Processing of Research Results)]. Moscow, Alliance Publ., 2011. 318 p.

7. Ivantsova E.A., German N.V., Tihonova A.A. Metody ocenki zagryazneniy okrubauchshey sredy [Methods of Environmental Pollution Assessment]. Volgograd, 2018. 86 p.

8. Krusheniye tankerov [Tanker Wreck]. *Yuzhny aviatzionno-spasatelny tsentr MChS Rossii* [Southern Aviation and Rescue Center of the Russian Ministry of Emergency Situations]. URL : <https://asc-ug.organizations.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/press-centr/4241071>

9. Likvidatsiya ChS posle razliva mazuta v Krymu: situatsiya k etomu chasu [Emergency Response After the Fuel Oil Spill in Crimea: The Situation at This Hour]. *RIA Novosti Krym* [RIA Novosti Crimea]. URL : <https://crimea.ria.ru/20250114/likvidatsiya-chs-posle-razliva-mazuta-v-krymu-situatsiya-k-etomu-chasu-1143318855.html>

10. Lomakin P.D., Panov D.B., Spiridonova E.O. Osobennosti mezhgodovyh i sezonnnyh variatsiy gidrometeorologicheskikh usloviy v rayone Kerchenskogo

proliva za dva poslednih desiatiletiiya [Features of Interannual and Seasonal Variations of Hydrometeorological Conditions in the Kerch Strait Area over the Past Two Decades]. *Morskoy hidrofizicheskiy zhurnal* [Physical Oceanography], 2010, vol. 2, pp. 36-48.

11. Mazut ne v Anape: Sochi, Gelendzhik i Krym spustia 30 dnei posle katastrofy [Fuel oil is not in Anapa: Sochi, Gelendzhik and Crimea 30 days after the disaster]. *Krasnodarskiye Izvestiya* [Krasnodar News]. URL: <https://ki-news.ru/article/mazut-ne-v-anape-sochi-gelendzhik-novorossijsk-i-krymsusty-a-30-dnej-posle-katastrofy/>

12. Seti i bakterii: kakiye sposoby ochistki peska ot mazuta ispytyvayut na pliazhah Anapy [Nets and Bacteria: What Methods of Cleaning Sand from Fuel Oil Are Being Tested on Anapa Beaches]. *Kuban-Inform*, 2025. URL: https://kub-inform.ru/news/seti-i-bakterii-kakie-sposoby-ochistki-peska-ot-mazuta-ispytyvayut-na-pliazhah-anapy/?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop&utm_referrer=https%3A%2F%2Fdzen.ru%2Fnews%2Fsearch

13. Fardjave Vadah Kadim Hamza, Ivantsova E.A., Novochadov V.V. Vliyanie dopolnitelno vvedennyh soley cinka i medi na kachestvo ochistki rechnoy vody ot syroy nefti [Effect of Additional Zinc and Copper Salts on the Quality of River Water Purification from Crude Oil]. *Problemy regionalnoy ekologii* [Problems of Regional Ecology], 2024, no. 1, pp. 28-33.

14. Yasinskiy D.A., Ivantsova E.A. Osobennosti vozdeystviya neftegazovyh obyektov na sostoyaniye vodnyh biologicheskikh resursov [Features of the Impact of Oil and Gas Facilities on the State of Aquatic Biological Resources]. *Anropogennaya transformaciya geoprostранstva: istoriya i sovremennost: materialy II mejdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferencii* [Anthropogenic Transformation of Geospace: History and Modernity: Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference]. Volgograd, 2015, pp. 423-427.

Information About the Authors

Nikolay V. Onistratenko, Candidate of Sciences (Biology), Associate Professor, Department of Ecology and Environmental Management, Volgograd State University, Prosp. Universitetskiy, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, onistratenko@volsu.ru

Olga V. Permyakova, Candidate of Sciences (Geography), Associate Professor, Department of Ecology and Environmental Management, Volgograd State University, Prosp. Universitetskiy, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, oper111@mail.ru

Alexandra P. Safonova, Student, Volgograd State University, Prosp. Universitetskiy, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, econecol@volsu.ru

Информация об авторах

Николай Владимирович Онистратенко, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и природопользования, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, onistratenko@volsu.ru

Ольга Владимировна Пермякова, кандидат географических наук, доцент кафедры экологии и природопользования, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, oper111@mail.ru

Александра Петровна Сафонова, студент, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, econecol@volsu.ru