



Ибрагимова С.Ш., Ушакова О.В., Евсеева И.С., Водянова М.А.

Нефтепродукты в почве: систематический анализ источников, компонентного состава и методов контроля (обзор литературы)

ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью»
Федерального медико-биологического агентства, 119121, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования — комплексный анализ современных данных о нефтяном загрязнении почв как источнике гигиенической опасности, оценка воздействия на здоровье человека и обзор нормативного регулирования в Российской Федерации. Проведён обзор более 40 научных публикаций из баз данных Google Scholar, CyberLeninka, eLIBRARY, PubMed, Scopus.

Методология: оценка источников и масштабов загрязнения, анализ компонентного состава и поведения загрязнителей в почве, критика нормативной базы (СанПиН 1.2.3685–21, СанПиН 2.1.3684–21). Показано, что нефтяное загрязнение приводит к деградации почвенных экосистем и угрожает здоровью профессиональных групп и населения, проживающего в нефтедобывающих регионах. Установлено, что действующие санитарные правила не содержат ПДК для нефти и нефтепродуктов в почве, что является серьёзным ограничением эффективного санитарного контроля. Существующие методы суммарного определения нефтеуглеводородов в почве часто неселективны и метрологически не аттестованы для гигиенических исследований.

Заключение. Для решения задачи гигиенической оценки нефтяного загрязнения почв необходима консолидация усилий по следующим направлениям: разработка и утверждение дифференцированных ПДК для нефти и основных нефтепродуктов в почве; совершенствование и метрологическая аттестация аналитических методов контроля; внедрение научно обоснованных технологий ремедиации с учётом региональных особенностей. Комплексный подход является условием обеспечения экологической безопасности и сохранения здоровья населения.

Ключевые слова: нефтяное загрязнение; почва; гигиеническое нормирование; предельно допустимая концентрация; канцерогены; нефтепродукты; нефть; нефтеуглеводороды; обзор

Для цитирования: Ибрагимова С.Ш., Ушакова О.В., Евсеева И.С., Водянова М.А. Нефтепродукты в почве: систематический анализ источников, компонентного состава и методов контроля (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2025; 104(12): 1598–1603. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-12-1598-1603> <https://elibrary.ru/kkksnj>

Для корреспонденции: Ибрагимова Саида Шахрамазановна, e-mail: SIbragimova@cspfmba.ru

Участие авторов: Ибрагимова С.Ш. — концепция и дизайн исследования, сбор материала и обработка данных, написание текста, редактирование; Ушакова О.В. — концепция и дизайн исследования, написание текста, редактирование; Евсеева И.С. — сбор материала и обработка данных, написание текста, редактирование; Водянова М.А. — концепция исследования, редактирование. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование выполнено в рамках государственного задания.

Поступила: 01.10.2025 / Принята к печати: 2025 / Опубликовано: 15.01.2026

Saida Sh. Ibragimova, Olga V. Ushakova, Irina S. Evseeva, Maria A. Vodianova

Petroleum products in soil: a systematic analysis of sources, component composition, and control methods (literature review)

Center for Strategic Planning of the Federal medical and biological agency of Russia, Moscow, 119121, Russian Federation

ABSTRACT

Objective. A comprehensive analysis of current data on oil pollution of soils as a source of hygienic hazard, including an assessment of the impact on human health and analysis of the regulatory framework in the Russian Federation.

A review of more than forty scientific reports from Google Scholar, CyberLeninka, eLibrary, PubMed, and Scopus databases was conducted. The methodology included an assessment of the sources and extent of pollution, an analysis of the component composition and behavior of pollutants in soil, and a critique of the regulatory framework (SanPiN 1.2.3685–21, SanPiN 2.1.3684–21).

Oil pollution was shown to lead to the degradation of soil ecosystems and poses a multicomponent hazard to the health of occupational groups and the population living in oil-producing regions. The current sanitary regulations was found to fail to contain Maximum Allowable Concentrations (MACs) for oil and petroleum products in soil, which is a serious limitation for effective sanitary control. The existing methods for the total determination of petroleum hydrocarbons in soil are often non-selective and lack proper metrological certification for hygienic research.

Conclusion. Addressing the hygienic problem of oil pollution of soils requires consolidated efforts in the following areas: development and approval of differentiated MACs for oil and main petroleum products in soil; improvement and metrological certification of analytical control methods; implementation of scientifically based remediation technologies considering regional specifics. A comprehensive approach is a prerequisite for ensuring environmental safety and preserving public health.

Keywords: oil pollution; soil; hygiene regulation; maximum allowable concentration (MAC); carcinogens; petroleum products; oil; petroleum hydrocarbons

For citation: Ibragimova S.Sh., Ushakova O.V., Evseeva I.S., Vodianova M.A. Petroleum products in soil: a systematic analysis of sources, component composition, and control methods (literature review). *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2025; 104(12): 1598–1603. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-12-1598-1603> <https://elibrary.ru/kkksnj> (In Russ.)

For correspondence: Saida Sh. Ibragimova, e-mail: SIbragimova@cspfmba.ru

Contributions: Ibragimova S.Sh. — research concept and design, data collection and processing, text writing, editing; Ushakova O.V. — research concept and design, text writing, editing; Evseeva I.S. — data collection and processing, text writing, editing; Vodianova M.A. — research concept, editing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study was performed within the framework of the state assignment.

Received: October 1, 2025 / Accepted: 2025 / Published: January 15, 2026

Введение

Нефтеперерабатывающая промышленность — стратегически важный сектор экономики Российской Федерации. Переработку нефти в стране выполняют 37 крупных нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) и примерно 200 мини-НПЗ, суммарная мощность которых превышает 313 млн тонн нефти в год [1]. Такая концентрация мощностей обуславливает масштабную занятость населения в данной отрасли и создаёт значительную антропогенную нагрузку на окружающую среду, особенно в регионах с интенсивной добычей и переработкой углеводородов.

Нефть и нефтепродукты обладают выраженной токсической и канцерогенной опасностью. Понятие о химических канцерогенах зародилось во многом благодаря наблюдениям за профессиональным раком рабочих, контактировавших с продуктами перегонки угля и нефти. В России и за рубежом обнаружены предраковые образования кожи (кератозы, гиперкератозы, папилломы, базалиомы) и рак кожи у работников нефтепромыслов [2, 3]. Различные стадии предрака кожи (веррукозные разрастания) и плоскоклеточный ороговевающий рак кожи наблюдались у рабочих, контактировавших с такими продуктами гидролиза нефти, как газ, масла и смолы. Описаны случаи профессионального злокачественного новообразования мошонки, рук и предплечий под воздействием нефтяных смазочных масел и охлаждающих жидкостей. Обнаружен рак кожи у работников парафиновых производств, где канцерогенным действием обладает неочищенный парафин [4–6]. Среди работников, длительно контактирующих с нефтепродуктами, регистрируется повышенная частота не только профессиональных дерматозов, но и злокачественных новообразований различной локализации: рака лёгких, почек, органов желудочно-кишечного тракта, простаты, мозга, а также лимфом и лейкозов [7, 8].

При этом гигиеническая проблема не ограничивается лишь профессиональными группами. Для населения, проживающего в нефтедобывающих регионах, таких как Ханты-Мансийский автономный округ — Югра и Тюменская область, характерно комплексное воздействие факторов среды, обусловленное загрязнением атмосферного воздуха, почвы и водных ресурсов нефтяными токсикантами. Это находит отражение в структуре общей заболеваемости: выявлено увеличение числа случаев болезней органов дыхания, иммунной системы и (потенциально) злокачественных новообразований [9–11].

Настоящее исследование представляет обзор литературы. Целью работы был комплексный анализ современных данных о нефтяном загрязнении почв как источнике гигиенической опасности, в том числе об источниках поступления, трансформации загрязнителей, воздействии на здоровье человека, а также оценка существующей системы нормативного регулирования и методов контроля.

В результате проведённого поиска было отобрано и проанализировано более 40 научных источников. Поиск релевантных источников проводился в электронных базах данных Google Scholar, CyberLeninka, eLIBRARY, PubMed и Scopus с использованием ключевых слов и их комбинаций на русском и английском языках: *нефтяное загрязнение почв; нефтепродукты; оценка риска для здоровья; ПДК в почве; soil oil pollution; health risk assessment; petroleum hydrocarbons; bioremediation* и др. Критериями отбора публикаций были их актуальность, публикация в рецензируемых отечественных и зарубежных журналах, а также гигиеническая направленность.

Источники загрязнения и масштабы воздействия

Основными источниками поступления нефти и нефтепродуктов в окружающую среду выступают техногенные объекты нефтегазового комплекса и урбанизированные территории [12]. Крупные аварийные разливы, такие как инцидент в Усинском районе Республики Коми (1994 г.) с по-

паданием в почву свыше 220 тыс. тонн нефти или разлив в Керченском проливе (2024 г.) с выбросом 3–5 тыс. тонн мазута, приводят к катастрофическим последствиям для почвенных экосистем. Эти аварии вызывают полную деградацию почвенного покрова, гибель растительности и почвенной биоты, причём остаточные эффекты загрязнения сохраняются десятилетиями [13, 14]. Систематическое загрязнение урбанизированных территорий обусловлено расширением автотранспортного комплекса, в том числе автозаправочных станций, моек и станций технического обслуживания, что приводит к постоянному поступлению в почву горюче-смазочных материалов и создаёт устойчивые очаги загрязнения [15].

Сырая нефть как исходный загрязнитель характеризуется сложным гетерогенным составом, что делает термин «нефтеуглеводороды» семантически ограниченным. Её структура включает не только углеводородную основу (парафины, нафены, ароматические соединения), но и значительную долю гетероатомных компонентов (соединения серы, азота, кислорода, смолы, асфальтены) и минеральных примесей. Продукты переработки нефти — от моторных топлив до битумов — расширяют спектр потенциально опасных веществ. Данное многообразие химических агентов существенно затрудняет как оценку экологических рисков, так и создание универсальных методов очистки загрязнённых сред [16–18].

Географическая специфика играет ключевую роль в персистенции нефтяных загрязнителей в окружающей среде. Наибольшая устойчивость загрязнения наблюдается в регионах с неблагоприятными условиями самоочищения, таких как Тимано-Печорский и Западно-Сибирский бассейны, где низкие температуры и процессы мерзлотного оглеения способствуют длительному сохранению токсикантов. В черноморских зонах с оптимальными условиями для биохимического окисления процессы естественной деградации протекают значительно интенсивнее [19, 20].

Химический состав нефти и особенности загрязнения почв

Нефть представляет собой сложную поликомпонентную смесь, в которую входят газообразные, жидкие и твёрдые углеводороды (алифатические, нафеновые, ароматические), а также их производные и гетероатомные органические соединения других классов (смолы, асфальтены, серо- и азотсодержащие соединения) [21]. В зависимости от преобладания тех или иных фракций нефти классифицируют на парафиновые, парафино-нафено-ароматические, нафено-ароматические и ароматические, что отражает их физико-химические свойства и определяет потенциальную опасность для объектов окружающей среды [22]. Важной характеристикой является удельный вес, по которому нефти подразделяют на лёгкие ($0,831\text{--}0,85\text{ г/см}^3$), средние ($0,851\text{--}0,87\text{ г/см}^3$) и тяжёлые ($0,871\text{--}0,895\text{ г/см}^3$) [23, 24].

В пористой среде нефть и нефтепродукты могут находиться в нескольких формах:

- в свободном подвижном или неподвижном состоянии, цементируя почвенные агрегаты;
- в сорбированном состоянии на частицах почвы, особенно на гумусовых компонентах;
- в растворённом виде в почвенной влаге или в виде эмульсий;
- в парообразной фазе [25].

При попадании на поверхность почвы нефть претерпевает процессы трансформации: легколетучие ароматические углеводороды (бензол, толуол, ксилол, этилбензол — БТЭК) способны к активной вертикальной и латеральной миграции, что формирует вторичные очаги загрязнения сопредельных сред — атмосферного воздуха и грунтовых вод. В высоких концентрациях эти соединения оказывают острый токсический эффект, подавляя ферментативную активность (дегидрогеназ, каталаз, целлюлаз) и численность углеводородоокисляющих микроорганизмов, тем самым блокируя механизмы естественной детоксикации [26–28],

обладают выраженным наркотическим, мутагенным и канцерогенным действием. Токсичность компонентов в целом убывает в ряду: ароматические углеводороды > нафтенны (циклопарафины) > олефины > парафины [29].

Тяжёлые фракции нефти (мазут, смолы, асфальтены) хотя и обладают меньшей прямой токсичностью, но характеризуются высокой устойчивостью в почве, вызывают долговременные нарушения её физико-химических и биологических свойств (гидрофобизация, цементация, нарушение воздухообмена) [30]. Их приоритетность определяется способностью вызывать необратимые изменения почвенной экосистемы.

Особую опасность представляют соединения, способные накапливаться в трофических цепях по схеме «почва — растение — животное — человек». Наиболее выраженной способностью к биоаккумуляции отличаются отдельные полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) и тяжёлые металлы, которые часто встречаются в составе нефти в виде примесей [31].

Воздействие на почвенные экосистемы и здоровье человека

Поступление нефтепродуктов в почву вызывает склеивание её структурных элементов, резко ухудшает водно-воздушный режим и физико-химические свойства. Формирование воздухонепроницаемой корки из высокомолекулярных компонентов (асфальтенов, смол) и инфильтрация лёгких фракций в глубь профиля нарушают аэрацию, создают анаэробные условия и блокируют доступ влаги и питательных веществ к корням растений. Происходят существенные нарушения окислительно-восстановительного потенциала и поглотительной способности почвы, изменяется соотношение углерода и азота, снижается содержание нитратного азота, подвижного фосфора и обменного калия. В результате плодородие почвы нарушается, а его восстановление после значительных разливов может занимать несколько лет [32]. Нефтяное загрязнение оказывает избирательное токсическое действие на почвенные организмы. Быстрее всего гибнут крупные беспозвоночные (дождевые черви, насекомые), более устойчивы микроартроподы и простейшие. Подавляясь нитрификационная способность и общая биологическая активность почвы. В условиях высоких концентраций нефти происходит обеднение видового разнообразия микробиоценоза с доминированием углеводородокисляющих микроорганизмов [33]. Именно они обеспечивают процесс естественной биодеградации нефти. Бактериальная составляющая таких консорциумов представлена в основном родами *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Acinetobacter*, *Aeromonas*, *Arthrobacter*, *Rhodococcus* [34, 35]. Наряду с бактериями значительный вклад в биоразрушение вносят многочисленные грибы (*Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* и др.) [36–38]. Одновременно наблюдается стимуляция развития токсинообразующих условно патогенных и аллергенных микромицетов, споры которых способны распространяться на значительные расстояния, представляя дополнительную угрозу [39].

Поступление нефтяных загрязнителей в организм человека происходит по трём основным каналам.

Прямой контакт. Непосредственный контакт с загрязнённой почвой происходит при сельскохозяйственных и земляных работах, строительстве, рекреационной деятельности. Это может приводить к дерматитам, аллергическим реакциям и иным местным поражениям кожных покровов [40].

Оральный путь. Является одним из наиболее значимых. Употребление в пищу сельскохозяйственной продукции, выращенной на загрязнённых территориях (в том числе в городских и пригородных зонах), приводит к накоплению в организме токсиантов и их метаболитов. Особую опасность представляют липофильные компоненты нефти, способные аккумулироваться в тканях растений и животных и далее по трофическим цепям поступать к человеку. Зара-

жение кормов микотоксинами усугубляет риск попадания вредных веществ в продукцию животноводства [40, 41].

Ингаляционный путь. Летучие и легко испаряющиеся компоненты нефти и нефтепродуктов (бензол, толуол, ксилол, ПАУ) поступают в атмосферный воздух с поверхности загрязнённой почвы. Дальнейшая их миграция с пылевыми частицами создаёт риск хронической ингаляционной экспозиции для населения, проживающего вблизи загрязнённых территорий, АЗС и нефтеперерабатывающих предприятий [40].

Нормативное регулирование и методы контроля

Нормирование химических веществ в почве — это сложный многофакторный процесс. В настоящее время установление нормативов в почве осуществляется в основном для пестицидов или для различных веществ, используемых в узких областях промышленности [42, 43]. В отличие от других компонентов природной среды (вода, воздух), где контроль поступления химических веществ ведётся по более широкому спектру нормативов, почва в практике санитарно-эпидемиологического надзора контролируется только по тем веществам, которые указаны для оценки санитарного состояния в рамках социально-гигиенического мониторинга.

Действующие СанПиН 2.1.3684–21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению населения, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий», определяющие требования для оценки санитарного состояния почв территорий населённых мест в зависимости от их функционального назначения, не устанавливают предельно допустимых концентраций (ПДК) ряда гигиенически значимых загрязнителей, в частности нефти и нефтепродуктов, что не позволяет объективно оценить уровень загрязнения ими почвенного покрова.

В настоящее время на территории России для почв установлены 62 ПДК для химических веществ, в том числе взрывчатых веществ и компонентов пороха, и 8 ОДК [44]. Это ничтожно мало по сравнению с тем спектром веществ, которые являются современными загрязнителями и могут потенциально нанести вред здоровью населения. Из-за отсутствия утверждённых нормативов практика санитарно-эпидемиологического надзора вынуждена опираться на сравнительный анализ с фоновыми уровнями содержания веществ. Однако данная методология условна ввиду сложности и неоднозначности самого понятия «фоновый уровень», требующего чёткого определения и учёта природной геохимической изменчивости.

На территориях, подведомственных ФМБА России, расположены многие предприятия — потенциальные источники загрязнения почвы. Натурные исследования образцов почв, отобранных на пилотных территориях, а также анализ загрязнения атмосферного воздуха токсикантами на объектах позволили определить список приоритетных веществ, для которых необходимо разработать нормативы содержания в почве. В число таких соединений вошли нефтяные углеводороды. При выборе приоритетных загрязняющих веществ оценивали следующие факторы: токсичность соединений; физико-химические свойства загрязняющего вещества, определяющие его поведение в почвах и в большинстве случаев определяющие степень возможного накопления (скорость трансформации, способность к миграции в растения и природные воды); соотношение между фоновым содержанием вещества в почве и предполагаемыми объёмами его поступления за счёт антропогенных источников.

Выбор веществ для нормирования в почве определяется особенностями промышленных производств, расположенных на подведомственных ФМБА России территориях, где

при контроле загрязнения почвы в первую очередь учитываются приоритетные для конкретного объекта токсиканты. Следует отметить, что в каждом конкретном случае приоритетность элементов для разработки нормативов в почве может изменяться в зависимости от состава и мощности выбросов, поэтому в каждом случае имеется свой ряд контролируемых веществ. Однако проведенный анализ результатов натурных исследований, данных о приоритетных загрязняющих веществах по объектам, изучение мирового опыта нормирования веществ в почве позволили составить список наиболее значимых токсикантов для проведения работ по установлению нормативов в почве на территориях, подведомственных ФМБА России.

Для сопредельных сред гигиеническое нормирование нефти представлено следующими показателями (СанПиН 1.2.3685–21*):

- ПДК_{с.с.} в воздухе рабочей зоны: 10 мг/м³ (аэрозоль, 3-й класс опасности);
- ПДК для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования: 0,3 мг/л (лимитируется по органолептическому признаку вредности – образованию плёнки на поверхности воды).

Методы определения нефтяных углеводородов. Сложность химического состава нефти, содержащей до 1000 индивидуальных веществ, требует при организации мониторинга загрязнения почвы не только разработки многокомпонентных методов, ориентированных на идентификацию с коли-

чественным определением широкого спектра компонентов нефти, но и усовершенствования аналитических методов контроля суммарного содержания нефти. Основными недостатками существующих методов суммарного определения нефти в почве (газохроматографический, флуориметрический, люминесцентно-капиллярный, весовой) являются их неселективность, так как все они не учитывают мешающее влияние гуминовых соединений и поэтому дают завышенные результаты по отношению к нефтяным углеводородам, а также большую погрешность определения. Кроме того, некоторые из них ограничены анализом только легко- или высококипящих фракций нефти. Эти методы в подавляющем большинстве не аттестованы метрологически и не могут быть использованы в гигиенических исследованиях и при контроле качества почвы [45, 46].

Заключение

Для эффективного противодействия негативным последствиям нефтяного загрязнения необходима консолидация усилий по нескольким направлениям: разработка и внедрение адекватных гигиенических нормативов, учитывающих специфику различных нефтепродуктов; совершенствование методов мониторинга и оценки экологического ущерба; внедрение научно обоснованных технологий ремедиации загрязнённых территорий с учётом региональных географических особенностей [47]. Комплексный подход к решению данной задачи является условием обеспечения экологической безопасности и сохранения здоровья населения в нефтедобывающих и промышленно развитых регионах страны.

Литература

(п.п. 3, 5–9, 17, 25–28, 30, 31, 34–36, 39, 41, 43 см. References)

1. Филимонова И.В., Немов В.Ю., Дзюба Ю.А. Современные тенденции развития нефтеперерабатывающей отрасли в Российской Федерации. *Бурение и нефть*. 2021; (11): 7–12. <https://elibrary.ru/otrxdn>
2. Грунсков Т.В., Бердник А.Г., Бердник М.М. Гигиеническая оценка риска развития профзаболеваний у работников, занятых термошахтной добычей нефти. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело*. 2018; 18(1): 85–100. <https://doi.org/10.15593/2224-9923/2018.3.8> <https://elibrary.ru/yrjdnr>
3. Гинько И.В., Сушинская Т.М., Рыбина А.Л. Оценка влияния факторов производственной среды на здоровье работников при переработке нефти на основе анализа заболеваемости. *Медицина труда и промышленная экология*. 2019; 59(9): 600–1. <https://elibrary.ru/qyvyzt>
4. Сулейманов Р.А., Бактыбаева З.Б., Валеев Т.К., Рахматуллин Н.Р., Иванов Д.Е., Спирин В.Ф. Эколого-гигиеническая характеристика окружающей среды и состояния здоровья населения на территориях добычи и транспорта нефти. *Ульяновский медико-биологический журнал*. 2018; (4): 124–42. <https://doi.org/10.23648/UMBJ.2018.32.22703> <https://elibrary.ru/ytnqfv>
5. Биктимиров Д.Р., Подрезов Д.Б., Соболева М.В. Воздействие загрязнённых нефтью территорий на окружающую среду Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. *Наука, образование, производство для противодействия техногенным угрозам и решения экологических проблем (Техносферная безопасность-2025)*. Уфа; 2025: 196–201. <https://elibrary.ru/dqdcjl>
6. Абдуллабас А.Ю.А. Источники и факторы нефтяного загрязнения почвы. В кн.: *Современные проблемы радиобиологии, радиозоологии и аэроэкологии: сборник докладов международной молодежной конференции*. Обнинск; 212–4. <https://elibrary.ru/zfabcv>
7. Курченко А.Б. Опыт функционирования республиканской системы по ликвидации последствий разливов нефти и нефтепродуктов в Республике Коми. В кн.: *Совершенствование форм и методов проведения мероприятий, направленных на защиту населения и территорий от возможных ЧС природного и техногенного характера в арктической зоне Республики Коми. Сборник материалов Всероссийского круглого стола*. Иваново; 2023: 31–7. <https://elibrary.ru/lpyvok>
8. Брагина А.А., Кузнецов А.В. Сравнительное исследование планктона на станциях Альбатрос и Форос в Крыму в январе 2024 и 2025 гг. (Последствия разлива мазута в Керченском проливе). *Экосистемы: экология и динамика*. 2025; 9(1): 114–22.
9. Журба О.М., Меринов А.В., Шаяхметов С.Ф., Алексеенко А.Н. Полициклические ароматические углеводороды и нефтепродукты в пробах почв территории городской застройки Восточной Сибири. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(12): 1281–5. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-12-1281-1285> <https://elibrary.ru/jdkfwr>
10. Васильева Г.К. Разработка метода сорбционной биоремедиации загрязнённых почв, загрязнённых нефтью. *Биология и биотехнология*. 2024; (2): 45–67.
11. Валиев В.С., Иванов Д.В., Шагидуллин Р.Р. Нефтяные углеводороды в донных отложениях: состав, идентификация, механизмы трансформации (обзор). *Российский журнал прикладной экологии*. 2020; (1): 41–51. <https://elibrary.ru/mbfofa>
12. Вахнин М.Г. Тектонические и геодинамические характеристики нефтегазоносности Тимано-Печорской провинции. В кн.: *Проблемы тектоники континентов и океанов. Материалы LI Тектонического совещания. Том I*. М.: ГЕОС; 2019. <https://elibrary.ru/kbmbfc>
13. Логинов В.Г., Игнатова М.Н., Морозова Л.М. Эколого-экономические последствия освоения нефтегазовых ресурсов для арктических экосистем. *Известия Уральского государственного горного университета*. 2022; (2): 135–44. <https://elibrary.ru/avivnj>
14. Мишенина И.В., Худоян М.В., Темираев К.Б., Шургаева Е.В., Кокоев С.З. Физико-химическое исследование фракции нефти. В кн.: *Современные научно-технические и социально-гуманитарные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации. Сборник докладов IV Всероссийской (национальной) научно-практической конференции*. Владикавказ; 2023. <https://elibrary.ru/nnvttn>
15. Куленцан А.Л., Марчук Н.А. Анализ добычи нефти из пластов в Российской Федерации. *Российский химический журнал*. 2022; 66(1): 71–5. <https://elibrary.ru/uulegi>
16. Громова Л.А. Классификация нефти. В кн.: *За нами будущее: взгляд молодых ученых на инновационное развитие общества. Сборник научных статей 3-й Всероссийской молодежной научной конференции. Том 3*. Курск; 2022. <https://elibrary.ru/jdcnmjm>
17. Ванюнина Е.А. Геологическое строение и особенности химического состава нефти Советского месторождения Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. Томск; 2018.
18. Степанова Н.Е. Контроль и основные характеристики состава нефти как загрязнителя геологической среды. *Успехи современного естествознания*. 2020; (7): 151–6. <https://doi.org/10.17513/use.37446> <https://elibrary.ru/tzoqbx>
19. Рюмин М.Б., Артеменко Ю.В., Лопатовская О.Г. Влияние нефтепродуктов на почвенное дыхание серой лесной почвы. *Социально-экологические технологии*. 2024; 14(1): 108–20. <https://doi.org/10.31862/2500-2961-2024-14-1-108-120> <https://elibrary.ru/oxatnu>

33. Созина И.Д., Данилов А.С. Микробиологическая ремедиация нефтезагрязненных почв. *Записки Горного института*. 2023; 260: 297–312. <https://doi.org/10.31897/PMI.2023.8> <https://elibrary.ru/jginfw>
37. Чапоргина А.А., Корнейкова М.В., Фокина Н.В. Деструкционная активность углеводородоксилирующих микромицетов, выделенных из почв Кольского полуострова. *Микология и фитопатология*. 2019; 53(1): 36–45. <https://doi.org/10.1134/S0026364819010057> <https://elibrary.ru/ytixxn>
38. Исакова Е.А., Корнейкова М.В. Деструкционная активность углеводородоксилирующих микромицетов, выделенных из субстратов прибрежных территорий Баренцева и Белого морей. *Вестник Мурманского государственного технического университета. Труды мурманского государственного технического университета*. 2021; 24(2): 178–89. <https://elibrary.ru/xanctm>
40. Максименко Л.В., Орайий Э.Э. Гигиенические аспекты загрязнения окружающей среды нефтью и нефтепродуктами. В кн.: *Социально-гигиенический мониторинг здоровья населения. Материалы к 22-й Всероссийской научно-практической конференции с Международным участием*. Рязань; 2018: 169–77. <https://elibrary.ru/zaixplv>
42. Гайворонский В.Г., Кузина А.А., Колесников С.И., Минникова Т.В., Неведомая Е.Н., Казеев К.Ш. Способ определения экологически безопасного остаточного содержания нефти и нефтепродуктов в почвах. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(9): 987–92. <https://doi.org/10.4770/0016-9900-2023-102-9-987-992> <https://elibrary.ru/fztgen>
44. Помеляйко И.С. Метод эколого-геохимической оценки состояния почв территории природно-технической системы. В кн.: *Сергеевские чтения. Фундаментальные и прикладные вопросы современного грунтоведения. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии*. М.; 2022: 407–13. <https://elibrary.ru/lmqtzl>
45. Васькова Н.С. Методы оценки степени загрязнения почвы нефтью и нефтепродуктами. В кн.: *Студент: наука, профессия, жизнь. Материалы VIII всероссийской студенческой научной конференции с международным участием. Часть 4*. Омск; 2021: 34–41. <https://elibrary.ru/torhvv>
46. Некрасова Л.П., Каменецкая Д.Б. Нефтепродукты в объектах окружающей среды и методы их определения. *Научное обозрение. Медицинские науки*. 2024; (4): 41. <https://doi.org/10.17513/srms.1414>
47. Кусов Г.В. Экономическое регулирование природоохранной деятельности на нефтедобывающих предприятиях и рекомендации по совершенствованию экологической безопасности. *Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник)*. 2019; (3): 143. <https://elibrary.ru/zesjnk>
- ## References
1. Filimonova I.V., Nemov V.Yu., Dzyuba Yu.A. Current trends in the Russian oil refining industry development. *Burenie i nefr'*. 2021; (11): 7–12. <https://elibrary.ru/otrxdn> (in Russian)
2. Grunskoy T.V., Berdnik A.G., Berdnik M.M. The hygienic risk assessment of the development of occupational diseases among personnel that work in thermal mining oil recovery. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo*. 2018; 18(1): 85–100. <https://doi.org/10.15593/2224-9923/2018.3.8> <https://elibrary.ru/yrijdnr> (in Russian)
3. Babigumira R., Veierød M.B., Larsen I.K., Berge L.A.M., Shala N.K., Marjerrison N., et al. Benzene exposure and risk of colorectal cancer by anatomical subsite in the Norwegian offshore petroleum workers cohort. *Environ. Res.* 2025; 276: 121407. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2025.121407>
4. Ginko I.V., Sushinskaya T.M., Rybina A.L. Assessment of the impact of factors of the working environment on the health of workers in oil refining based on the analysis of morbidity. *Meditisina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2019; 59(9): 600–1. <https://elibrary.ru/qvyvzt> (in Russian)
5. Zou B., Wu P., Chen J., Luo J., Lei Y., Luo Q., et al. The global burden of cancers attributable to occupational factors, 1990–2021. *BMC Cancer*. 2025; 25(1): 503. <https://doi.org/10.1186/s12885-025-13914-6>
6. Andersson E.M., Barregard L., Akerstrom M., Sallsten G., Järholm B., Nilsson R.I. Cancer incidence in Swedish oil refinery workers exposed to benzene. *Int. J. Hyg. Environ. Health*. 2024; 261: 114420. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2024.114420>
7. Ekpanyaskul C. Update on occupational cancer for better cancer prevention and control. *Asian Pac. J. Cancer Prev.* 2024; 25(12): 4465–76. <https://doi.org/10.31557/APJCP.2024.25.12.4465>
8. Onyije F.M., Hosseini B., Togawa K., Schüz J., Olsson A. Cancer incidence and mortality among petroleum industry workers and residents living in oil producing communities: a systematic review and meta-analysis. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2021; 18(8): 4343. <https://doi.org/10.3390/ijerph18084343>
9. Kovaleva E.I., Trofimov S.Y., Zhongqi C. Impact of oil contamination on ecological functions of peat soils from West Siberia of Russia. *J. Environ. Qual.* 2021; 50(1): 49–62. <https://doi.org/10.1002/jeq2.20171>
10. Suleymanov R.A., Baktybaeva Z.B., Valeev T.K., Rakhmatullin N.R., Ivanov D.E., Spirin V.F. Environmental and hygienic environmental characteristics and public health on the territories of crude oil production and transportation. *Ul'yanovskii mediko-biologicheskii zhurnal*. 2018; (4): 124–42. <https://doi.org/10.23648/UMBJ.2018.32.22703> <https://elibrary.ru/ytnqfv> (in Russian)
11. Biktimerov D.R., Podrezov D.B., Soboleva M.V. Impact of oil-contaminated territories on the environment Khanty-Mansiysk autonomous okrug – Yugra. In: *Science, Education, Production for Countering Technogenic Threats and Solving Environmental Problems (Technospheric Safety-2025) [Nauka, obrazovanie, proizvodstvo dlya protivodeistviya tekhnogennym ugrozam i resheniya ekologicheskikh problem (Tekhnosfernaya bezopasnost'-2025)]*. Ufa; 2025: 196–201. <https://elibrary.ru/dqqcjl> (in Russian)
12. Abdulabbas A.U.A. Sources and factors of oil contamination of soil. In: *Modern Problems of Radiobiology, Radioecology and Agroecology: Proceedings of the International Youth Conference [Sovremennye problemy radiobiologii, radioekologii i agroekologii: sbornik dokladov mezhdunarodnoi molodezhnoi konferentsii]*. Obninsk; 2019: 212–4. <https://elibrary.ru/zfabcv> (in Russian)
13. Kurchenko A.B. Experience in the functioning of the republican system oil spill response and petroleum products in the Komi Republic. In: *Improvement of Forms and Methods of Measures Aimed at Protecting the Population and Territories from Possible Natural and Man-Made Emergencies in the Arctic Zone of the Komi Republic. Collection of Materials of the All-Russian Round Table [Sovershenstvovanie form i metodov provedeniya meropriyatiy, napravlennykh na zashchitu naseleniya i territorii ot vozmozhnykh ChS prirodnogo i tekhnogennogo kharaktera v arkticheskoi zone Respubliki Komi. Sbornik materialov Vserossiiskogo kruglogo stola]*. Ivanovo; 2023: 31–7. <https://elibrary.ru/lpyvok> (in Russian)
14. Bragina A.A., Kuznetsov A.V. A comparative study of plankton at the Albatros and Foros stations in Crimea in January 2024 and 2025 (Consequences of the fuel oil spill in the Kerch Strait). *Ekosistemy: ekologiya i dinamika*. 2025; 9(1): 114–22. (in Russian)
15. Zhurba O.M., Merinov A.V., Shayakhmetov S.F., Alekseenko A.N. Polycyclic aromatic hydrocarbons and petroleum products in soil samples of urban areas in Eastern Siberia. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(12): 1281–5. <https://doi.org/10.4770/0016-9900-2023-102-12-1281-1285> <https://elibrary.ru/jdkfwr> (in Russian)
16. Vasileva G.K. Development of a method for sorption bioremediation of oil-contaminated podzolic soils. *Biologiya i biotekhnologiya*. 2024; (2): 45–67. (in Russian)
17. Haider F.U., Ejaz M., Cheema S.A., Khan M.I., Zhao B., Liqun C., et al. Phytotoxicity of petroleum hydrocarbons: Sources, impacts and remediation strategies. *Environ. Res.* 2021; 197: 111031. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111031>
18. Valiev V.S., Ivanov D.V., Shagidullin R.R. Oil hydrocarbons in bottom sediments: composition, identification, transformation mechanisms (review). *Rossiiskii zhurnal prikladnoi ekologii*. 2020; (1): 41–51. <https://elibrary.ru/mbfofa> (in Russian)
19. Vakhnin M.G. Tectonic and geodynamic characteristics of petroleum potential of the Timan-Pechora province. In: *Problems of Continental and Oceanic Tectonics. Proceedings of the LI Tectonic Conference. Volume 1 [Problemy tektoniki kontinentov i okeanov. Materialy LI Tektonicheskogo soveshchaniya. Tom 1]*. Moscow: GEOS; 2019. <https://elibrary.ru/kbmbfc> (in Russian)
20. Loginov V.G., Ignateva M.N., Morozova L.M. Eco-economic implications of the development of oil and gas resources for the Arctic ecosystems. *Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo gornogo universiteta*. 2022; (2): 135–44. <https://elibrary.ru/avivnj> (in Russian)
21. Mishenina I.V., Khudoyan M.V., Temiraev K.B., Shugaeva E.V., Kokoev S.Z. Physico-chemical study of the oil fraction. In: *Modern Scientific, Technical, and Socio-Humanitarian Research: Current Issues, Achievements, and Innovations. Collection of Reports of the 4th All-Russian (National) Scientific-Practical Conference [Sovremennye nauchno-tekhnicheskie i sotsial'no-gumanitarnye issledovaniya: aktual'nye voprosy, dostizheniya i innovatsii. Sbornik dokladov IV Vserossiiskoi (natsional'noi) nauchno-prakticheskoi konferentsii]*. Vladikavkaz; 2023. <https://elibrary.ru/nvntnn> (in Russian)
22. Kuletsan A.L., Marchuk N.A. Analysis of oil production from reservoirs in the Russian Federation. *Rossiiskii khimicheskii zhurnal*. 2022; 66(1): 71–5. <https://elibrary.ru/uulegi> (in Russian)
23. Gromova L.A. Oil classification. The future is ours: young scientists' view on the innovative development of society. In: *Collection of Scientific Articles of the 3rd All-Russian Youth Scientific Conference. Volume 3 [Sbornik nauchnykh statei 3-i Vserossiiskoi molodezhnoi nauchnoi konferentsii. Tom 3]*. Kursk; 2022. <https://elibrary.ru/jdcnmj> (in Russian)
24. Vanyunina E.A. Geological structure and features of the chemical composition of oil at the Sovetskoye field of the West Siberian oil and gas province. Tomsk; 2018. (in Russian)
25. Ossai I.C., Ahmed A., Hassan A., Hamid F.S. Remediation of soil and water contaminated with petroleum hydrocarbon: A review. *Environ. Technol. Innov.* 2020; 17: 100526. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2019.100526> <https://elibrary.ru/pwmfxy>
26. Li X., Xie W., Ding D., Wang M., Kong L., Jiang D., et al. An analysis of the spatial characteristics and transport fluxes of BTEX in soil and atmospheric phases at a decommissioned steel mill site in China with a long history. *Toxics*. 2023; 11(10): 868. <https://doi.org/10.3390/toxics11100868>
27. Afrasiabi S., Javanmard P., Nabizadeh R., Yunesian M. Effects of short and long-term exposure to benzene, toluene, ethylbenzene and xylene on human health: A systematic review. *J. Air Pollut. Health*. 2024; 9(1): 25–38.
28. Kamani H., Baniasadi M., Abdipour H., Mohammadi L., Rayegannakhost S., Moein H., et al. Health risk assessment of BTEX compounds (benzene, toluene, ethylbenzene and xylene) in different indoor air using Monte Carlo simulation in Zahedan city, Iran. *Heliyon*. 2023; 9(9): e20294. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20294>
29. Stepanova N.E. Control and main characteristics of oil composition as a pollutant of the geological environment. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2020; (7): 151–6. <https://doi.org/10.17513/use.37446> <https://elibrary.ru/tzoqbx> (in Russian)

Review article

30. Mekonnen B.A., Aragaw T.A., Genet M.B. Bioremediation of petroleum hydrocarbon contaminated soil: a review on principles, degradation mechanisms, and advancements. *Front. Environ. Sci.* 2024; 12: 1354422. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1354422>
31. Polyak Y.M., Bakina L.G., Mayachkina N.V., Chugunova M.V., Bitvutskii N.P., Yakkonen K.L., et al. Long-term effects of oil contamination on soil quality and metabolic function. *Environ. Geochem. Health.* 2023; 46(1): 13. <https://doi.org/10.1007/s10653-023-01779-2>
32. Ryumin M.B., Artemenko Yu.V., Lopatovskaya O.G. The effect impact of petroleum products on the soil respiration of gray forest soil. *Sotsial'no-ekologicheskie tekhnologii.* 2024; 14(1): 108–20. <https://doi.org/10.31862/2500-2961-2024-14-1-108-120> <https://elibrary.ru/oxatnu> (in Russian)
33. Sozina I.D., Danilov A.S. Microbiological remediation of oil-contaminated soils. *Zapiski Gornogo instituta.* 2023; 260: 297–312. <https://doi.org/10.31897/PMI.2023.8> <https://elibrary.ru/jginfw> (in Russian)
34. Kuyukina M.S., Ivshina I.B. Bioremediation of contaminated environments using *Rhodococcus*. In: *Biology of Rhodococcus*. Cham: Springer; 2019: 231–70. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11461-9_9
35. Xu X., Liu W., Tian S., Wang W., Qi Q., Jiang P., et al. Petroleum hydrocarbon-degrading bacteria for the remediation of oil pollution under aerobic conditions: a perspective analysis. *Front. Microbiol.* 2018; 9: 2885. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02885>
36. Al-Nasrawi H. Biodegradation of crude oil by fungi isolated from Gulf of Mexico. *J. Bioremed. Biodegrad.* 2012; 3(4): 1000147. <https://doi.org/10.4172/2155-6199.1000147>
37. Chaporgina A.A., Korneykova M.V., Fokina N.V. The destructive activity of hydrocarbon-oxidizing micromycetes isolated from soils of the Kola peninsula. *Mikologiya i fitopatologiya.* 2019; 53(1): 36–45. <https://doi.org/10.1134/S0026364819010057> <https://elibrary.ru/ytixn> (in Russian)
38. Isakova E.A., Korneykova M.V. Destructive activity of hydrocarbon-oxidizing micromycetes extracted from the substrates of the coastal areas, the Barents and White seas. *Vestnik Murmanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Trudy murmanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta.* 2021; 24(2): 178–89. <https://elibrary.ru/xanctm> (in Russian)
39. Daassi D., Qabil Almaghribi F. Petroleum-contaminated soil: environmental occurrence and remediation strategies. *3 Biotech.* 2022; 12(6): 139. <https://doi.org/10.1007/s13205-022-03198-z>
40. Maksimenko L.V., Orabiyi E.E. Hygienic aspects of environmental pollution by oil and oil products. In: *Social and hygienic monitoring of public health. Materials for the 22nd All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation [Sotsial'no-gigienicheskii monitoring zdorov'ya naseleniya. Materialy k 22-oi Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s Mezhdunarodnym uchastiem]*. Ryazan'; 2018: 169–77. <https://elibrary.ru/zaxplv> (in Russian)
41. Ugochukwu U.C., Ochonogor A., Jidere C.M., Agu C., Nkoloagu F., Ewuh J., et al. Exposure risks to polycyclic aromatic hydrocarbons by humans and livestock (cattle) due to hydrocarbon spill from petroleum products in Niger-delta wetland. *Environ. Int.* 2018; 115: 38–47. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.03.010>
42. Gaivoronskiy V.G., Kuzina A.A., Kolesnikov S.I., Minnikova T.V., Nevedomaya E.N., Kazeev K.Sh. A method for determining the environmentally safe residual content of oil and petroleum products in soils. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal).* 2023; 102(9): 987–92. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-9-987-992> <https://elibrary.ru/fztgen> (in Russian)
43. Jennings A.A. Analysis of worldwide regulatory guidance values for the most commonly regulated elemental surface soil contamination. *J. Environ. Manage.* 2013; 118: 72–95. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.12.032>
44. Pomelyayko I.S. Method for ecological and geochemical assessment of the soil state within a natural-technical system. In: *Sergeev Readings. Fundamental and Applied Issues of Modern Soil Science. Proceedings of the Annual Session of the Scientific Council of the Russian Academy of Sciences on Problems of Geoecology, Engineering Geology and Hydrogeology [Sergeevskie chteniya. Fundamental'nye i prikladnye voprosy sovremennogo gruntovedeniya. Materialy godichnoi sessii Nauchnogo soveta RAN po problemam geoekologii, inzhenernoi geologii i gidrogeologii]*. Moscow; 2022: 407–13. <https://elibrary.ru/lnqztz> (in Russian)
45. Vashkova N.S. Methods for assessing the degree of soil pollution by oil and oil products. In: *Student: Science, Profession, Life. Proceedings of the 8th All-Russian Student Scientific Conference with International Participation. Part 4 [Student: nauka, professiya, zhizn'. Materialy VIII vserossiiskoi studencheskoi nauchnoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Chast' 4]*. Omsk; 2021: 34–41. <https://elibrary.ru/torhvx> (in Russian)
46. Nekrasova L.P., Kamenetskaya D.B. Petroleum products in environmental objects and methods for their determination. *Nauchnoe obozrenie. Meditsinskie nauki.* 2024; (4): 41. <https://doi.org/10.17513/srms.1414> (in Russian)
47. Kusov G.V. Economic regulation of environmental activities at oil companies and recommendations for improving environmental safety. *Nauka. Tekhnika. Tekhnologii (politehnicheskii vestnik).* 2019; (3): 143. <https://elibrary.ru/zesjnk> (in Russian)

Сведения об авторах

Ибрагимова Саида Шахрамазановна, специалист отд. гигиены ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, 119121, Москва, Россия. E-mail: SIbragimova@cspfmba.ru

Ушакова Ольга Владимировна, канд. мед. наук, вед. науч. сотр. отд. гигиены ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, 119121, Москва, Россия. E-mail: Oushakova@cspfmba.ru

Евсеева Ирина Сергеевна, канд. мед. наук, ст. науч. сотр. отд. гигиены ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, 119121, Москва, Россия. E-mail: Ievseeva@cspfmba.ru

Водянова Мария Александровна, канд. биол. наук, учёный секретарь ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, 119121, Москва, Россия. E-mail: MVodyanova@cspfmba.ru

Information about the authors

Saida Sh. Ibragimova, specialist, Hygiene department, Center for Strategic Planning of the Federal medical and biological agency of Russia, Moscow, 119121, Russian Federation, <https://orcid.org/0009-0002-2155-9754> E-mail: SIbragimova@cspfmba.ru

Olga V. Ushakova, PhD (Medicine), leading researcher, Hygiene department, Center for Strategic Planning of the Federal medical and biological agency of Russia, Moscow, 119121, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-2275-9010> E-mail: Oushakova@cspfmba.ru

Irina S. Evseeva, PhD (Medicine), senior researcher at the hygiene department, Center for Strategic Planning of the Federal medical and biological agency of Russia, Moscow, 119121, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-5765-0192> E-mail: Ievseeva@cspfmba.ru

Maria A. Vodianova, scientific secretary, PhD (Biology), Center for Strategic Planning of the Federal medical and biological agency of Russia, Moscow, 119121, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-3350-5753> E-mail: MVodianova@cspfmba.ru