



Ушакова О.В., Водянова М.А., Евсеева И.С., Юдин С.М., Краевой С.А.

## Методические подходы к гигиенической оценке качества почв на современном этапе (обзор литературы)

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

### РЕЗЮМЕ

Почва является критически важным компонентом окружающей среды, определяющим качество жизни и здоровье населения. В статье представлен аналитический обзор эволюции методических подходов к гигиенической оценке качества почвы. Исследование выполнено информационно-аналитическим методом анализа нормативной документации и научных публикаций из баз данных eLIBRARY.RU, Scopus, Web of Science, PubMed, Техэксперт, Консультант и др. Рассмотрены традиционные нормативно-ориентированные методы, основанные на сравнении содержания загрязняющих веществ с их предельно допустимыми концентрациями. Показаны их основные ограничения, связанные с отсутствием учёта комбинированного действия загрязнителей и реальных путей экспозиции. Детально описана современная методология оценки риска для здоровья населения, включающая этапы идентификации опасности, оценки экспозиции, зависимости «доза–эффект» и характеристики риска. Особое внимание уделено интегральным методам диагностики, таким как биотестирование и биоиндикация, которые позволяют оценить интегральную токсичность почвы. Освещены новые вызовы, связанные с необходимостью оценки биодоступности загрязнителей, появлением новых классов поллютантов (микропластик, фармацевтические препараты, гены антибиотикорезистентности), а также применением геоинформационных технологий для пространственного анализа риска.

По результатам работы сделан вывод о том, что современная гигиеническая диагностика представляет собой многоуровневую систему, интегрирующую традиционные и современные подходы для перехода от констатации загрязнения к прогнозированию и эффективному управлению почвенными ресурсами.

Комплексное применение новых гигиенических методов позволяет перейти от констатации факта загрязнения к прогнозированию его последствий и разработке научно обоснованных мер по управлению почвенными ресурсами в интересах охраны здоровья населения.

**Ключевые слова:** гигиена почвы; оценка качества почвы; оценка риска для здоровья; биотестирование; биодоступность; новые загрязнители; обзор

**Для цитирования:** Ушакова О.В., Водянова М.А., Евсеева И.С., Юдин С.М., Краевой С.А. Методические подходы к гигиенической оценке качества почв на современном этапе (обзор литературы). *Здравоохранение Российской Федерации*. 2026; 70(1): 69–74. <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2026-70-1-69-74> <https://elibrary.ru/dusghe>

**Для корреспонденции:** Ушакова Ольга Владимировна, e-mail: [oushakova@csfpmba.ru](mailto:oushakova@csfpmba.ru)

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

**Финансирование.** Исследование проведено в рамках выполнения Государственного задания.

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

Поступила: 17.11.2025 / Принята к печати: 08.12.2025 / Опубликована: 04.03.2026

Olga V. Ushakova, Mariya A. Vodyanova, Irina S. Evseeva, Sergey M. Yudin, Sergey A. Kraevoy

## Methodological approaches to the hygienic assessment of soil quality at the present stage (literature review)

Centre for Strategic Planning, of the Federal Medical and Biological Agency, Moscow, 119121, Russian Federation

### ABSTRACT

Soil is a critical component of the environment, determining the quality of life and public health. This article provides an analytical review of the evolution of methodological approaches to the hygienic assessment of soil quality. The study was performed using an information-analytical method based on the analysis of regulatory documentation and scientific publications from databases such as Elibrary, Scopus, Web of Science, PubMed, Tekhexpert, Consultant, and others.

It considers traditional regulation-oriented methods based on comparing the content of pollutants with their maximum permissible concentrations (MPCs). There are highlighted their main limitations, associated with the failure to account for the combined effects of pollutants and actual exposure pathways. The modern methodology of health risk assessment is described in detail, including the stages of hazard identification, exposure assessment, dose-response relationship, and risk characterization. Special attention is paid to integral diagnostic methods, such as biotesting and bioindication, which allow assessing the integral toxicity of soil. There are addressed new challenges, including the need to assess the bioavailability of pollutants, the emergence of new classes of pollutants (microplastics, pharmaceuticals, antibiotic resistance genes), and the application of GIS technologies for spatial risk analysis.

Based on the results of the work, modern hygienic diagnostics it is concluded to be a multi-level system integrating traditional and modern approaches to transition from merely stating pollution to forecasting and effectively managing soil resources.

The comprehensive application of new hygienic methods allows transiting from stating the fact of pollution to forecasting its consequences and developing evidence-based measures for managing soil resources to protect public health.

**Keywords:** soil hygiene; soil quality assessment; health risk assessment; bio-testing; bioavailability; emerging contaminants; review

**For citation:** Ushakova O.V., Vodyanova M.A., Evseeva I.S., Yudin S.M., Kraevoy S.A. Methodological approaches to the hygienic assessment of soil quality at the present stage (literature review). *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii / Health Care of the Russian Federation, Russian journal*. 2026; 70(1): 69–74. <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2026-70-1-69-74> <https://elibrary.ru/dusghe> (in Russian)

**For correspondence:** Olga V. Ushakova, e-mail: [oushakova@cspfmba.ru](mailto:oushakova@cspfmba.ru)

**Contribution of the authors:** Ushakova O.V., Vodyanova M.A. — research concept and design, data collection and processing, text writing, manuscript preparation; Evseeva I.S. — data collection and processing, text writing; Yudin S.M., Kraevoy S.A. — data collection and processing, editing. All co-authors — approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

**Funding.** The research was carried out within the framework of a State Assignment.

**Conflict of interest.** The authors declare no apparent or potential conflicts of interest in relation to the publication of this article.

Received: November 17, 2025 / Accepted: December 17, 2025 / Published: March 4, 2026

## Введение

Почва представляет собой центральное звено в функционировании экосистем и один из ключевых факторов среды обитания человека [1]. Её гигиеническое состояние напрямую определяет качество продуктов питания, питьевой воды и атмосферного воздуха, являясь, таким образом, интегральным показателем санитарно-эпидемиологического благополучия территории [2]. Интенсификация антропогенной деятельности, рост урбанизированных территорий и появление новых классов химических соединений обуславливают необходимость совершенствования системы гигиенической оценки качества почвы [3]. Современный этап характеризуется переходом от констатирующего контроля к комплексному системному анализу, основанному на принципах оценки риска.

**Цель** исследования — проанализировать эволюцию и современное состояние методических подходов к гигиенической оценке качества почвы.

## Материалы и методы

Исследование выполнено информационно-аналитическим методом анализа нормативной документации и научных публикаций из баз данных eLIBRARY.RU, Scopus, Web of Science, PubMed, Техэксперт, Консультант и др.

**Традиционные (нормативно-ориентированные) подходы.** Основу гигиенической оценки почвы в Российской Федерации долгое время составляли подходы, регламентированные санитарными правилами и нормативами [4]. Данная система базируется на нескольких принципах:

1. **Почвенно-химический анализ**, направленный на определение валового содержания приоритетных загрязняющих веществ (тяжёлые металлы, нефтепродукты, бенз(а)пирен, пестициды).

2. **Сравнение с гигиеническими нормативами** — предельными допустимыми концентрациями (ПДК), которые исключают прямое или косвенное негативное влияние на здоровье человека и самоочищающую способность почвы [5].

3. **Санитарно-бактериологический и паразитологический анализ**, оценивающий степень эпидемиологической опасности почвы по наличию индикаторных микроорганизмов (бактерии группы кишечной палочки) и яиц гельминтов.

4. **Радиологические показатели:** измерение мощности эквивалентной дозы  $\gamma$ -излучения и удельной активности техногенных и естественных радионуклидов.

**Ограничения традиционного подхода** включают невозможность учёта комбинированного действия веществ, отсутствие дифференциации нормативов для разных типов почв и отсутствие оценки вероятности реализации вредных эффектов.

**Современные (риск-ориентированные) подходы.** Методология оценки риска для здоровья населения (ОРЗ) признана ВОЗ и широко применяется в мировой практике как научно обоснованный инструмент гигиенического диагностирования [6]. Её внедрение знаменует переход от нормативной парадигмы к риск-ориентированной.

Процесс ОРЗ включает четыре этапа [7]:

1. **Идентификация опасности:** выявление загрязняющих веществ, присутствующих в почве и способных оказывать вредное воздействие на здоровье.

2. **Оценка экспозиции:** количественный анализ путей поступления загрязнителей в организм человека (пероральный, ингаляционный, кожный) с расчётом суточной дозы.

3. **Оценка зависимости «доза–эффект»:** установление количественной связи между уровнем экспозиции и вероятностью возникновения неблагоприятных эффектов.

4. **Характеристика риска:** интегральная оценка, включающая расчёт канцерогенного риска (вероятность развития рака) и неканцерогенного риска, характеризуемого коэффициентом опасности.

**Преимуществами** методологии ОРЗ являются возможность выявления приоритетных загрязнителей, количественная оценка ущерба здоровью и обоснование управленческих решений по санации территорий.

**Интегральные и биологические методы диагностики.** Для получения интегральной оценки состояния почвы, особенно при наличии сложных смесей загрязнителей, широко применяются методы биотестирования и биоиндикации [8]. Они позволяют оценить токсикологическую опасность почвы по ответным реакциям тест-объектов:

- фитотестирование (использование высших растений — кресс-салат, овёс для оценки фитотоксичности);
- тесты на микроорганизмах (например, с использованием люминесцентных бактерий *Vibrio fischeri*);
- тесты на почвенных беспозвоночных (дафнии, коллемболы, дождевые черви).

Изучение биоразнообразия и активности почвенной микробиоты также служит чувствительным индикатором её экологического состояния.

Современная гигиена почвы сталкивается с рядом новых проблем, требующих развития методической базы:

1. **Оценка подвижности и биодоступности.** Актуальным является переход от анализа валового содержания к оценке подвижных (доступных для живых организмов) форм загрязняющих веществ с использованием химических экстракций.

2. **Проблема новых загрязнителей:** микропластика, фармацевтических препаратов, эндокринных дизрапторов и генов антибиотикорезистентности, для детекции которых требуются высокоточные методы анализа (хромато-масс-спектрометрия, полимеразная цепная реакция) [9].

Нормативы предельно допустимого содержания нефтяных углеводородов в аридных почвах (в %) [18, 19]

Standards for maximum permissible content of petroleum hydrocarbons in arid soils (in %) [18, 19]

Загрязнитель Pollutant	Солончак типичный Typical salt marsh	Каштановая почва Chestnut soil	Бурая полупустынная почва Brown semi-desert soil	Дерново-карбонатная почва Soddy-carbonate soil
Нефть   Oil	1,0	0,2	0,1	0,27
Мазут   Fuel oil	1,0	0,4	0,5	0,3
Дизельное топливо   Diesel fuel	0,6	0,2	0,2	0,45
Бензин   Gasoline	0,4	0,3	0,7	0,4

3. *Использование геоинформационных технологий.* Пространственный анализ и картографирование данных о загрязнении почвы позволяют визуализировать зоны риска и оптимизировать контрольно-надзорные мероприятия.

4. *Нормативное развитие.* Перспективным является разработка региональных и типовых ориентировочных допустимых концентраций, учитывающих местные почвенно-климатические условия.

В рамках ОРЗ российскими авторами проводятся работы по изучению различных факторов экспозиции при воздействии почвы на здоровье населения, в частности в городах Архангельской области [10]. В результате таких работ регистрируются базы данных, созданные на основе результатов анкетирования 752 детей (1–6 лет), 1027 детей (7–17 лет) и 323 взрослых (18 лет и старше) в Архангельске, Северодвинске, Новодвинске, рекомендованные для использования в научных целях при изучении факторов экспозиции, оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих почву в городах Архангельской области.

Вместе с тем существующие в настоящее время методические указания по оценке качества почв населённых мест не включают риск-ориентированный подход, как и экотоксикологические показатели, тем самым недоучитывают потенциальную опасность негативного воздействия городских почв на здоровье населения. Мониторинг качества почв проводится по установленным показателям [11].

Основным критерием гигиенической оценки загрязнения почв химическими веществами является ПДК или ориентировочно допустимая концентрация химических веществ в почве<sup>1</sup>. Однако при отсутствии таковых возникают сложности при интерпретации результатов исследований, в том числе при анализе качества почв в сравнении с фоновыми концентрациями по конкретным поллютантам. Актуальным в этой связи является внедрение риск-ориентированного подхода, в частности интеграция методологии ОРЗ в комплексную систему оценки качества почвы. Использование руководства по оценке риска Р 2.1.10.3968–23<sup>2</sup> и формул для расчёта экспозиции при различных путях поступления веществ (пероральном, ингаляционном, кожном) в данном контексте переводит гигиеническую оценку качества почв из плоскости констатации превышения ПДК в плоскость прогнозирования реальных последствий для здоровья, что соответствует современным мировым стандартам.

<sup>1</sup> МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населённых мест. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 1999.

<sup>2</sup> Р 2.1.10.3968–23. 2.1.10. «Состояние здоровья населения в связи с состоянием окружающей среды и условиями проживания населения. Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания. Руководство» (утв. Роспотребнадзором 06.09.2023).

В большинстве работ в перечне контролируемых элементов присутствуют тяжёлые металлы, бенз(а)пирен, мышьяк и др. [12–14]. При этом отсутствуют целые классы химических соединений, обладающих высокой степенью опасности для здоровья населения, таких как, например, полихлорированные бифенилы, несмотря на то что изучение распределения данной группы веществ в профиле городских почв ведётся в современных научно-исследовательских работах уже давно.

Обращает на себя внимание тот факт, что коэффициент поглощения почвы (скорость поступления), установленный ВОЗ, для детей в возрасте 1–6 лет составляет 200 мг/сут, для детей 7–17 лет — 100 мг/сут, что в 4 и 2 раза соответственно выше значения, рекомендованного US EPA для данных возрастных групп (50 мг/сут). Наибольший коэффициент поглощения почвы для взрослого населения рекомендован ВОЗ (100 мг/сут) и австралийским руководством (50 мг/сут), а также установлен для Японии (47,7 мг/сут), наименьший — для Европы (1 мг/сут). В Канаде и Америке коэффициент поглощения почвы для взрослых одинаковый и составляет 20 мг/сут [15, 16]. Однако при проведении анкетирования населения возникает достаточно большое количество переменных, учёт которых может быть затруднён. Существующие неопределённости могут привести к неверной интерпретации данных, в том числе в контексте региональных значений факторов экспозиции, различия в которых могут быть обусловлены климатическими, географическими условиями, временем нахождения на открытом воздухе, продолжительностью воздействия химических веществ, загрязняющих почву.

Влияние на почвенный покров отдельных поллютантов, имеющих поликомпонентный состав, например, противогололёдных материалов, также требует дополнительного изучения, т. к. исследования в данной области имеют большое количество ограничений [17].

В этой связи в отдельную группу токсикантов следует выделить нефть и нефтепродукты, изучение воздействия на почву которых ограничено как с точки зрения отсутствия гигиенических нормативов, так и сложностью идентификации основных компонентов.

Например, в работе по изучению оценки влияния нефти и нефтепродуктов на почвы юга России на основании уравнений регрессии между содержанием нефти, мазута, бензина и дизельного топлива и откликом интегрального показателя биологического состояния определено значение предельно допустимого содержания (остаточного) нефти, мазута, дизельного топлива и бензина для каждого типа почвы (таблица) [18, 19].

Следует отметить, что в других исследованиях по обоснованию гигиенических нормативов нефтяных углеводородов в почве в качестве модельной выбирается дерново-подзолистая почва [20].

Результаты проведённых исследований позволили установить пороговый уровень нефти по водно-миграционному показателю вредности, который составил 10 000 мг/кг, по оценке влияния нефтяных углеводородов на растения — 500 мг/кг, по общесанитарному — 21 000 мг/кг.

Учитывая, что типы нефти и количество нефтепродуктов в почве варьируют в зависимости от региона добычи, а виды почв дифференцированы по всей территории России, методология гигиенической оценки качества почв нуждается в совершенствовании. В первую очередь, вследствие повсеместного распространения нефтяных углеводородов в почвах населённых мест как от передвижных, так и от стационарных источников воздействия.

Тем не менее для большинства городов России 3,4-бенз(а)пирен является приоритетным поллютантом для городских почв. Превышение ПДК по содержанию в почве 3,4-бенз(а)пирена зарегистрировано в 65,63% исследованных проб почвы города Таганрога при его средней и максимальной концентрациях 2,298 и 45,525 ПДК соответственно [21]. Выполненная оценка индивидуального многомаршрутного канцерогенного риска, обусловленного содержащимся в почве 3,4-бенз(а)пиреном, свидетельствует о его высоком уровне ( $2,4606 \times 10^{-3}$ ) при приоритетном значении ингаляционного пути поступления (94,84%).

Как показывает анализ данных литературы, вопрос загрязнения городских почв 3,4-бенз(а)пиреном и другими тяжёлыми металлами актуален для разных крупных городов России [22–25]. Авторы исследований отмечают, что количество нестандартных проб имеют тенденцию роста, поэтому необходимы непрерывный контроль и разработка комплекса мероприятий по снижению загрязнения почвы вредными веществами, включающих совершенствование технологий производственных процессов, обеспечивающих сокращение выбросов и сбросов вредных веществ в окружающую среду, выявление и ликвидацию источников загрязнения.

В ряде работ отмечается, что основным источником загрязнения земель отдельных территорий по-прежнему остаются отходы — как твёрдые бытовые, так и промышленные [26].

Требуется внимания при оценке качества почв и учёт показателей, характеризующих здоровье почвенного покрова, которое напрямую зависит от разнообразия микробного сообщества и наличия в почве патогенных и условно-патогенных микроорганизмов [27, 28].

Следует также отметить, что существует влияние пылевой нагрузки на трансформацию тяжёлых металлов в темно-каштановой среднесуглинистой почве, а также происходит накопление тяжёлых металлов в растениях при пылевой нагрузке [29]. При этом для гигиенического нормирования химических веществ используются отдельные контрастные типы почв, что в свою очередь также вносит неопределённость в методику оценки качества почв [30].

Национальные программы мониторинга качества почвы, а также системы оценки рационального использования почв [31–33] включают рекомендации по оценке качества почвы с учётом конкретных угроз и функций, однако комплексная оценка качества почв проводится редко, и лишь немногие подходы предлагают понятный алгоритм интерпретации измеренных значений по выбранным показателям.

Отдельным и самостоятельным направлением исследований является изучение биохимического состава почвы, который в значительной степени отражает почвенный микробиологический процесс. Секвенирование нового поколения (NGS) позволяет составить список задействованных микроорганизмов, не связывая их друг с другом или с субстратом в биоплёнках. Внедрение метода флуоресцентной гибридизации *in situ* (FISH), основанный на генах рибосомной РНК, позволяет изучать пространственную организацию структурированных полимикробных биоплёнок и отслеживать их роль в биохимическом процессе биodeградации в почве. Высокое разнообразие почвенных консорциумов и вероятность отсутствия FISH-зондов для некоторых участников не являются критическими, поскольку расширенные данные NGS позволяют разработать необходимые зонды [34, 35].

Данное направление в работе позволит усовершенствовать традиционные представления о способах оценки качества почв и методологии нормирования поллютантов.

## Заключение

Проведение комплексных работ по гигиенической оценке качества почв в соответствии с действующим санитарным законодательством и международными подходами, где найдут своё отражение методология оценки риска для повышения объективности и прогностической ценности гигиенической диагностики, а также детализированные процедуры отбора проб, классификации территорий и критериев оценки, создадут удобный инструмент в повседневной работе в целях обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения России. Подход к оценке необходимо сделать комплексным, объединяя химические, биологические и эпидемиологические критерии с интегральной оценкой риска.

Таким образом, гигиеническая оценка качества почвы на современном этапе представляет собой многоуровневую систему, интегрирующую традиционные нормативные методы, методологию оценки риска, биологические и химико-аналитические подходы. Комплексное применение этих методов позволяет перейти от констатации факта загрязнения к прогнозированию его последствий и разработке научно обоснованных мер по управлению почвенными ресурсами в интересах охраны здоровья населения.

## ЛИТЕРАТУРА

(п.п. 6, 7, 13, 28, 31–35 см. References)

1. Онищенко Г.Г., Попова А.Ю., Зайцева Н.В., Май И.В., Шур П.З. Анализ риска здоровью в задачах совершенствования санитарно-эпидемиологического надзора в Российской Федерации. *Анализ риска здоровью*. 2014; (2): 4–13. <https://elibrary.ru/sijhvl>
2. Р 2.1.10.3968–23. Состояние здоровья населения в связи с состоянием окружающей среды и условиями проживания населения. Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания; 2023.
3. Иванов В.П., Васильева О.В., Полоников А.В. Научно-методологические основы оценки риска для здоровья населения при комплексном эколого-гигиеническом исследовании территорий. *Экология человека*. 2012; (11): 11–9. <https://elibrary.ru/pfztcx>
4. СанПиН 1.2.3685–21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания; 2021.
5. ГН 2.1.7.2041–06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве; 2006.
6. ГОСТ ISO 22030–2019. Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений; 2019.
7. Кухарчик Т.И., Какарека С.В., Рябычин К.О. Микропластик в почвах Холмов Тала, Восточная Антарктида. *Почвоведение*.

Актуальные вопросы гигиены

- 2024; (3): 493–505. <https://doi.org/10.31857/S0032180X24030098>  
<https://elibrary.ru/yhxtgq>
10. Дерябин А.Н., Унгурияну Т.Н. Факторы экспозиции при воздействии почвы на здоровье населения в городах Архангельской области. Патент РФ № 2025620925; 2025. <https://elibrary.ru/gyeqhm>
  11. Водянова М.А., Крятов И.А., Донерьян Л.Г., Евсева И.С., Ушаков Д.И., Сбитнев А.В. и др. Биологические показатели в системе мониторинга урбанизированных почв. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(11): 1091–6. <https://elibrary.ru/yobwyd>
  12. Шумилова Л.П., Терехова В.А. Биотические и химические показатели в оценке экологического качества почв урбанизированной экосистемы. *Экология урбанизированных территорий*. 2017; (1): 34–8. <https://elibrary.ru/ytxrxn>
  14. Салимьянова Л.Р., Байтурина Р.П. Содержание тяжелых металлов в урбанизированных почвах парков г. Уфы. *Использование и охрана природных ресурсов в России*. 2024; (2): 71–3. <https://elibrary.ru/paelko>
  15. Дерябин А.Н., Унгурияну Т.Н. Оценка региональных факторов экспозиции, связанных с воздействием почвы в городах Арктического региона. *Экология человека*. 2024; 31(4): 268–78. <https://doi.org/10.17816/humeco630140> <https://elibrary.ru/ofvnts>
  16. Дерябин А.Н. Оценка воздействия химических веществ почвы на здоровье детей в городах Архангельской области. *Children's Medicine of the North-West*. 2023; 11(S): 102–3. <https://elibrary.ru/oznkvf>
  17. Барсуков П.А., Русалимова О.А. Влияние противогололедных реагентов на свойства почв придорожных газонов г. Новосибирска. *Почвы и окружающая среда*. 2024; 7(2): 11. <https://doi.org/10.31251/pos.v7i2.265> <https://elibrary.ru/kxsfvs>
  18. Минникова Т.В., Колесников С.И., Кутасова А.В., Минин Н.С., Гайворонский В.Г. Экологические стандарты здоровья аридных почв Юга России при загрязнении нефтью и нефтепродуктами. *Аридные экосистемы*. 2024; 31(4): 126–44. <https://elibrary.ru/tbsvxx>
  19. Гайворонский В.Г., Кузина А.А., Колесников С.И., Минникова Т.В., Неведомая Е.Н.1, 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/10.47470/0016-9900-2023-102-9-987-992> <https://elibrary.ru/ftzgen>
  20. Русаков Н.В., Водянова М.А., Стародубова Н.Ю., Донерьян Л.Г. Методологические и концептуальные проблемы нормирования нефтезагрязнений в почве. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(10): 929–33. <https://elibrary.ru/zwsrpr>
  21. Дерябкина Л.А., Марченко Б.И., Тарасенко К.С. Оценка канцерогенного риска, обусловленного повышенным содержанием 3,4-бенз(а)пирена в почве промышленного города. *Анализ риска здоровью*. 2022; (1): 27–35. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.1.03> <https://elibrary.ru/okvzem>
  22. Кошельков А.М., Майорова Л.П. Оценка загрязнения почв города Хабаровска бенз(а)пиреном. *Экология человека*. 2023; (3): 181–98. <https://doi.org/10.17816/humeco112097> <https://elibrary.ru/qwjdrv>
  23. Каурова З.Г., Умеренкова М.В. Оценка качества почвы некоторых районов Санкт-Петербурга и Ленинградской области. *Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии*. 2021; (4): 131–3. <https://doi.org/10.52419/issn2072-6023.2021.4.131> <https://elibrary.ru/nyjxxm>
  24. Тимшина Д.И., Пономарева Д.Н., Рязанова Е.А. Анализ загрязненности почвы на территории Пермского края и других регионов Приволжского округа за период 2014–2019 гг. *Международный студенческий научный вестник*. 2020; (5): 7. <https://elibrary.ru/zojoop>
  25. Марцев А.А., Селиванов О.Г., Курбатов Ю.Н., Савельев О.В., Космачева А.Г., Трифонова Т.А. Эколого-гигиеническая оценка почв Владимирской области по содержанию тяжёлых металлов и мышьяка. *Гигиена и санитария*. 2025; 104(3): 290–6. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-3-290-296> <https://elibrary.ru/ygfvw>
  26. Ельшаева И.В. Особенности экологической оценки почвенных свойств городских экосистем. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2025; (2): 9. <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.152.47> <https://elibrary.ru/oqdsek>
  27. Троценко А.А., Ангелова Е.Ю., Мищенко Е.Е., Ерохова Н.В. Исследование таксономического состава и санитарно-микробиологических показателей почвенной протистофауны урбанизированных ландшафтов г. Мурманска. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2025; (7): 3. <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.157.80> <https://elibrary.ru/yuoayq>
  29. Аскарова Д.А., Панин М.С., Глебов В.В. *Экологическая оценка темно-каштановых почв при пылевом загрязнении в условиях Восточно-Казахстанской области*. М., 2018. <https://elibrary.ru/xuvyvj>
  30. Воронина Л.П., Поногайбо К.Э., Савостикова О.Н. Обоснование выбора типов почв для гигиенического нормирования химических веществ (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2022; 101(3): 270–4. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-3-270-274> <https://elibrary.ru/jnuisw>

## REFERENCES

1. Onishchenko G.G., Popova A.U., Zaitseva N.V., May I.V., Shur P.Z. Health risk analysis in the tasks of improving sanitary and epidemiological surveillance in the Russian Federation. *Health Risk Analysis*. 2014; (2): 1–12. <https://elibrary.ru/elqczw>
2. R 2.1.10.3968–23. The state of public health in connection with the state of the environment and living conditions of the population. Guidelines for assessing the risk to public health from exposure to chemicals that pollute the environment; 2023. (in Russian)
3. Ivanov V.P., Vasilyeva O.V., Polonikov A.V. Scientific-methodological bases of assessment of population health risk in complex ecological-hygienic studies of territories. *Ekologiya cheloveka*. 2012; (11): 11–9. <https://elibrary.ru/pfztcx> (in Russian)
4. SanPiN 1.2.3685–21. Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans; 2021. (in Russian)
5. GN 2.1.7.2041–06. Maximum permissible concentrations (MPC) of chemicals in the soil; 2006. (in Russian)
6. WHO. Guidelines on soil quality and recommendations for assessing the content of chemicals in the soil; 2020.
7. United States Environmental Protection Agency. Superfund Risk Assessment Guidelines (RAGS). Volume I: Guidelines for the Assessment of Human Health (Part E). Washington, DC; 2004.
8. GOST ISO 22030–2019. Product quality. Biological methods. Chronic phytotoxicity in relation to higher plants; 2019. (in Russian)
9. Kukharchyk T.I., Kakareka S.V., Rabychyn K.O. Microplastics in soils of the Thala Hills, East Antarctica. *Eurasian Soil Science*. 2024; 57(3): 502–12. <https://doi.org/10.1134/S1064229323603025> <https://elibrary.ru/bngaaz>
10. Deryabin A.N., Unguryanu T.N. Exposure factors under the influence of soil on public health in the cities of the Arkhangelsk region. Patent RF № 2025620925; 2025. <https://elibrary.ru/gyeqhm> (in Russian)
11. Vodyanova M.A., Kriatov I.A., Donerian L.G., Evseeva I.S., Ushakov D.I., Sbitnev A.V., et al. Biological indices in the monitoring system of urbanized soils. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2017; 96(11): 1091–6. <https://elibrary.ru/yobwyd> (in Russian)
12. Shumilova L.P., Terekhova V.A. Biotic and chemical indicators in assessing the ecological quality of soils in an urban ecosystem. *Ekologiya urbanizirovannykh territorii*. 2017; (1): 34–8. <https://elibrary.ru/ytxrxn> (in Russian)
13. Rinot O., Levy G.J., Steinberger Y., Svoray T., Eshel G. Soil assessment: a critical review of existing methodologies and a proposed new approach. *Sci. Total Environ*. 2019; 648: 1484–91. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.259>
14. Salimyanova L.R., Bayturina R.R. Content of heavy metals in urbanized soils of Ufa parks. *Ispol'zovanie i okhrana prirodnnykh resursov v Rossii*. 2024; (2): 71–3. <https://elibrary.ru/paelko> (in Russian)
15. Deryabin A.N., Unguryanu T.N. Assessment of regional exposure factors associated with soil impact in cities of the Arctic region. *Ekologiya cheloveka*. 2024; 31(4): 268–78. <https://doi.org/10.17816/humeco630140> <https://elibrary.ru/ofvnts> (in Russian)
16. Deryabin A.N. Assessment of the impact of soil chemicals on the health of children in the cities of the Arkhangelsk region. *Children's Medicine of the North-West*. 2023; 11(S): 102–3. <https://elibrary.ru/oznkvf> (in Russian)
17. Barsukov P.A., Rusalimova O.A. The effect of deicing reagents on soil properties of the roadside lawns in Novosibirsk. *Pochvy i okruzhayushchaya sreda*. 2024; 7(2): 11. <https://doi.org/10.31251/pos.v7i2.265> <https://elibrary.ru/kxsfvs> (in Russian)
18. Minnikova T.V., Kolesnikov S.I., Kutasova A.V., Minin N.S., Gaivoronsky V.G. Ecological health standards of arid soils in the Southern Russia under oil and oil products pollution. *Aridnye ekosistemy*. 2024; 31(4): 126–44. <https://elibrary.ru/tbsvxx> (in Russian)

19. 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 Sanitaria (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)
20. Rusakov N.V., Vodyanova M.A., Starodubova N.Yu., Doneryan L.G. Methodological and conceptual problems of oil pollution in soil. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2017; 96(10): 929–33. <https://elibrary.ru/zwsrpr> (in Russian)
21. Deryabkina L.A., Marchenko B.I., Tarasenko K.S. Assessment of the carcinogenic risk caused by elevated 3,4-benz(a)pyrene concentration in soils in an industrial city. *Health Risk Analysis*. 2022; (1): 27–35. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.1.03> <https://elibrary.ru/rloitj>
22. Koshelkov A.M., Mayorova L.P. Assessment of benzo(a)pyrene soil contamination in Khabarovsk. *Ekologiya cheloveka*. 2023; (3): 181–98. <https://doi.org/10.17816/humeco112097> <https://elibrary.ru/qwjdrv> (in Russian)
23. Kaurova Z.G., Umerenkova M.V. Assessment of soil quality in some regions of Saint-Petersburg and Leningrad region. *Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii*. 2021; (4): 131–3. <https://doi.org/10.52419/issn2072-6023.2021.4.131> <https://elibrary.ru/nyjjxm> (in Russian)
24. Timshina D.I., Ponomareva D.N., Ryazanova E.A. Analysis of soil contamination in the territory of the Perm region and other regions of the Volga district for the period of 2014-2019. *Mezhdunarodnyi studencheskii nauchnyi vestnik*. 2020; (5): 7. <https://elibrary.ru/zojoop> (in Russian)
25. Martsev A.A., Selivanov O.G., Kurbatov Yu.N., Saveliev O.V., Kosmacheva A.G., Trifonova T.A. Ecological and hygienic assessment of soils of the Vladimir region for the content of heavy metals and arsenic. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2025; 104(3): 290–6. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-3-290-296> <https://elibrary.ru/ygfvw> (in Russian)
26. Elshaeva I.V. Specifics of ecological assessment of soil properties of urban ecosystems. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal*. 2025; (2): 9. <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.152.47> <https://elibrary.ru/oqdsek> (in Russian)
27. Trotsenko A.A., Angelova E.Yu., Minchyonok E.E., Yerokhova N.V. Investigation of the taxonomic composition and sanitary and microbiological parameters of the soil protistofauna of urbanized landscapes in Murmansk. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal*. 2025; (7): 3. <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.157.80> <https://elibrary.ru/yyoayq> (in Russian)
28. Sepehya S., Mehta D., Kumar A., Sharma R., Sharma D., Sharma A. Concept and assessment methodology of soil quality: a review. *Int. J. Plant Soil Sci.* 2024; 36(5): 164–72. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2024/v36i54513>
29. Askarova D.A., Panin M.S., Glebov V.V. *Ecological Assessment of Dark Chestnut Soils under Dust Pollution in the Conditions of the East Kazakhstan Region [Ekologicheskaya otsenka temno-kazhstanskoykh pochv pri pylevom zagryaznenii v usloviyakh Vostochno-Kazhstanskoy oblasti]*. Moscow; 2018. <https://elibrary.ru/xyvypj> (in Russian)
30. Voronina L.P., Ponogaybo K.H., Savostikova O.N. Reason of the choice of soil types for hygienic regulation of chemicals (literature review). *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(3): 270–4. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-3-270-274> <https://elibrary.ru/jnuisw> (in Russian)
31. De la Rosa, D., Sobral, R. Soil quality and methods of its assessment. In: Braimo A.K., Vleck P.L.G., eds. *Land Use and Soil Resources*. Dordrecht: Springer; 2008. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6778-5\\_9](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6778-5_9)
32. Bünemann E.K., Bongiorno J., Bai Z., Creamer R.E., De Dein G., de Guede R., et al. Soil quality – a critical review. *Biol. Biochem. Soils*. 2018; 120: 105–25. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.01.030>
33. Biswas J.S., Kalra N., Maniruzzaman M., Nacher U.A., Haq M.M. Methods for assessing soil condition and their relationship to wheat yield. *Open J. Soil Sci.* 2019; 9: 189–205. <https://doi.org/10.4236/ojss.2019.99011>
34. Kalinitchenko V.P., Swidsinski A.V., Glinushkin A.P., Meshalkin V.P., Gudkov S.V., Minkina T.M., et al. A new approach to soil management with a focus on soil health and air quality: one earth, one life (critical review). *Environ. Geochem. Health*. 2023; 45(12): 8967–87. <https://doi.org/10.1007/s10653-023-01550-7>
35. Svidinsky A., Kalinitchenko V., Glinushkin A., Mukovoz P., Minkina T., Sushkova S., et al. Correction of biochemical processes in the soil based on the Biogeosystem Technique methodology to enhance the action of polymicrobial biofilms in the soil. In: *ACS Fall 2020 National Meeting*. San Francisco; 2020. <https://doi.org/10.1021/scimeetings.0c07088>

### Информация об авторах

Ушакова Ольга Владимировна, канд. мед. наук, вед. науч. сотр. отдела гигиены ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, 119121, Москва, Россия. E-mail: [OUshakova@csrfmba.ru](mailto:OUshakova@csrfmba.ru)

Водянова Мария Александровна, канд. биол. наук, ученый секретарь ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, 119121, Москва, Россия. E-mail: [MVodyanova@csrfmba.ru](mailto:MVodyanova@csrfmba.ru)

Евсеева Ирина Сергеевна, канд. мед. наук, ст. науч. сотр. отдела гигиены ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, 119121, Москва, Россия. E-mail: [IEvseeva@csrfmba.ru](mailto:IEvseeva@csrfmba.ru)

Юдин Сергей Михайлович, доктор мед. наук, профессор, генеральный директор ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, 119121, Москва, Россия. E-mail: [info@csrfmba.ru](mailto:info@csrfmba.ru)

Краевой Сергей Александрович, канд. мед. наук, первый заместитель генерального директора ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, 119121, Москва, Россия. E-mail: [info@csrfmba.ru](mailto:info@csrfmba.ru)

### Information about authors

Olga V. Ushakova, PhD (Medicine), leading researcher, Hygiene department, Centre for Strategic Planning of FMBA, Moscow, 119121, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-2275-9010> E-mail: [OUshakova@csrfmba.ru](mailto:OUshakova@csrfmba.ru)

Mariia A. Vodyanova, PhD (Biology), scientific secretary, Centre for Strategic Planning of FMBA, Moscow, 119121, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-3350-5753> E-mail: [MVodyanova@csrfmba.ru](mailto:MVodyanova@csrfmba.ru)

Irina S. Evseeva, PhD (Medicine), senior researcher of the Hygiene department, Centre for Strategic Planning of FMBA, Moscow, 119121, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-5765-0192> E-mail: [IEvseeva@csrfmba.ru](mailto:IEvseeva@csrfmba.ru)

Sergey M. Yudin, DSc (Medicine), Professor, General Director, Centre for Strategic Planning of FMBA, Moscow, 119121, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-7942-8004> E-mail: [info@csrfmba.ru](mailto:info@csrfmba.ru)

Sergey A. Kraevoy, PhD (Medicine), First Deputy General Director, Centre for Strategic Planning of FMBA, Moscow, 119121, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-1775-9235> E-mail: [info@csrfmba.ru](mailto:info@csrfmba.ru)