

УДК 631.4

DOI: 10.19047/0136-1694-2025-126-270-290



Ссылки для цитирования:

Ковалева Е.И., Трофимов С.Я. Модель установления нормативов качества почв по содержанию нефтезагрязняющих веществ // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2025. Вып. 126. С. 270-290. DOI: 10.19047/0136-1694-2025-126-270-290

Cite this article as:

Kovaleva E.I., Trofimov S.Ya., The model for establishing soil quality standards for the content of oil contaminants, Dokuchaev Soil Bulletin, 2025, V. 126, pp. 270-290, DOI: 10.19047/0136-1694-2025-126-270-290

Благодарность:

Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, (тема № 121040800147-0 “Почвенные информационные системы и оптимизация использования почвенных ресурсов”).

Acknowledgments:

The study was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (topic No. 121040800147-0 “Soil information systems and optimization of soil resource use”).

Модель установления нормативов качества почв по содержанию нефтезагрязняющих веществ

© 2025 г. Е. И. Ковалева*, С. Я. Трофимов

МГУ им. М.В. Ломоносова, Россия,

119991, Москва, Ленинские горы, 1, стр. 12,

**<https://orcid.org/0000-0001-8434-1395>, e-mail: katekov@mail.ru.*

*Поступила в редакцию 25.01.2025, после доработки 10.03.2025,
принята к публикации 13.11.2025*

Резюме: Рассмотрены проблемы экологического нормирования содержания загрязняющих веществ в почвах, в том числе отсутствие методик установления нормативов качества и эталонных участков, выбор оценочных показателей, описывающих функционирование почв, критерии их оценки. Представлена методика разработки нормативов качества почв по содержанию загрязняющих веществ. Проведен анализ нормативно-правовых основ экологического нормирования содержания

загрязняющих веществ в почвах. Показано, что отсутствует ряд методических документов для выполнения требований в части проведения рекультивации земель. Предлагается модель установления нормативов качества почв по содержанию загрязняющих веществ на примере нефтезагрязнения. Обоснование значений нормативов качества почв производится с учетом выполнения ими экологических функций. Экологическими нормативами качества почв по содержанию нефтепродуктов является величина, соответствующая предельно допустимому уровню значений по результатам лабораторных испытаний, с учетом фона, под которым понимается состояние почвы, определяемое природными особенностями территорий и обусловленное естественными процессами. Для определения нормативов качества почв по содержанию загрязняющих веществ предлагается имитационное моделирование с использованием различных показателей вредности. Для почв земель лесного фонда, промышленности и иного специального назначения, запаса, водоохраных зон применяются миграционный водный показатель вредности и биоиндикационные показатели, отражающие способность почвы выполнять основные экологические функции на землях перечисленных категорий. Показателями оценки экологического состояния почв в условиях антропогенного воздействия являются характеристики почв, демонстрирующих способность почвы выполнять экологические функции. Допустимые значения этих показателей устанавливаются при изучении зависимости “состояние – воздействие”, “доза – эффект”, при оценке поступления компонентов нефти или нефтепродуктов в сопредельные среды в количествах, вызывающих токсическое воздействие для биоты. Пороговым значением при изучении зависимостей “состояние – воздействие”, “доза – эффект” является на графике точка качественных изменений состояния почв и сопредельных сред.

Ключевые слова: нефтепродукты; функции почв; рекультивация почв; предельно допустимые значения; микробиологическая активность; фитотестирование.

The model for establishing soil quality standards for the content of oil contaminants

© 2025 E. I. Kovaleva*, S. Ya. Trofimov

Lomonosov Moscow State University,

*12 Bld., 1 Leninskie Gori, Moscow 119991, Russian Federation,
<https://orcid.org/0000-0001-8434-1395>, e-mail: katekov@mail.ru.

Received 25.01.2025, Revised 10.03.2025, Accepted 13.11.2025

Abstract: The problems of environmental regulation of oil contaminants in soils are considered. A methodology for developing soil quality standards for the content of contaminants is presented. The analysis of the regulatory framework for environmental regulation of contaminants in soils has been carried out. It is shown that there is a lack of methodological documents for meeting the requirements regarding land reclamation. A model for setting soil quality standards in terms of the content of contaminants is proposed using the example of oil pollution. The justification for the establishment of soil quality standards is based on the ecological functions performed by the soil. Based on the grouping of soil horizons in the framework of ongoing scientific research, the values of quality standards are differentiated for soil horizons of the selected types and subtypes of soils by groups. The environmental standards of soil quality for the content of petroleum products are parameters set at the maximum permissible level of values obtained as a result of laboratory tests – absolute normative values, taking into account the natural background ones, which refers to the soil condition determined by the natural features of the territories and caused by natural environmental processes. To determine the soil quality standards for the content of pollutants, simulation modeling is proposed using various indicators of harmfulness, reflecting 1) the probability of migration of pollutants, for example, oil and products of its transformation from soil to adjacent media (components of the natural environment) into surface and groundwater (migratory aquatic hazard index); 2) the conditions of biota functioning (bioindicators), reflecting the ability of the soil to perform the ecological functions of soils. The indicators for assessing the ecological condition of oil-affected soils are soil characteristics that reflect the ability of the soil to perform ecological functions. Acceptable values of these indicators are established when studying the relationship “state – effect”, “dose – effect”, and assessing the intake of oil or petroleum product components into adjacent environments in quantities that cause toxic effects on biota. The threshold value for studying the relationship “state – impact”, “dose – effect” is the point of qualitative changes in the state of soils and adjacent environment on the graph.

Keywords: petroleum hydrocarbons; soil functions; soil remediation; micribiological activity; phytotesting.

ВВЕДЕНИЕ

Современная экологическая ситуация в Российской Федерации характеризуется значительными последствиями прошлой экономической деятельности (Основы государственной политики...,

2012), что определяет необходимость восстановления нарушенных экосистем. Решение данной задачи предусматривает использование различных механизмов, в том числе, реализацию программ, направленных на ликвидацию последствий негативного воздействия хозяйственной деятельности на компоненты природной среды. В государственном докладе (2022) подчеркивается, что деградация земель в настоящее время представляет одну из важнейших экологических проблем, решение которой направлено на сохранение благоприятной окружающей среды, биологического разнообразия и природных ресурсов; предотвращение негативного воздействия на окружающую среду; восстановление нарушенных экосистем. Для оценки состояния почв, их восстановления необходимо иметь отправную точку, относительно которой реализуется экологическое нормирование и устанавливаются нормативы качества.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования являются почвы земель лесного фонда, промышленности и иного специального назначения, запаса, а также земельные участки вышеперечисленных земель в границах водоохранных зон. В работе применялись общенаучные и теоретические методы исследования, такие как анализ и обобщение. Предметом исследования является экологическое нормирование с учетом требований нормативно-правовых документов в области окружающей среды. В качестве методологической основы разработки научных подходов к установлению нормативов качества почв (земель), “экологической” группировки почв принята методология российской школы генетического почвоведения, устанавливающего связь строения, свойств, закономерностей географического распространения почв с факторами почвообразования (почвообразующие породы, климат, рельеф, растительность, время, антропогенная деятельность человека); учитывается связующая роль почвы с компонентами природной среды, основы функционирования почв в экосистемах.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Экологическое нормирование осуществляется в целях сохранения благоприятной окружающей среды и обеспечения экологической безопасности государственного регулирования хозяйственной деятельности для предотвращения и (или) снижения ее негативного воздействия на окружающую среду (ФЗ “Об охране окружающей среды”). Нормирование в области охраны окружающей среды заключается в установлении нормативов качества окружающей среды, нормативов допустимого воздействия на окружающую среду при осуществлении хозяйственной деятельности. Нормативы качества окружающей среды устанавливаются для оценки состояния окружающей среды в целях обеспечения благоприятных условий жизнедеятельности человека, рационального использования природных ресурсов, сохранения естественных экологических систем, генетического фонда растений, животных и других организмов. Нормативы качества устанавливаются для химических, физических и биологических показателей состояния окружающей среды. Одним из требований к разработке нормативов качества является проведение научно-исследовательских работ для их обоснования.

Порядок установления нормативов качества определен постановлением Правительства РФ от 13.02.2019 № 149 “О разработке, установлении и пересмотре нормативов качества окружающей среды для химических и физических показателей состояния окружающей среды, а также об утверждении нормативных документов в области охраны окружающей среды, устанавливающих технологические показатели наилучших доступных технологий” (далее по тексту постановление Правительства РФ от 13.02.2019 № 149). Нормативы качества разрабатываются и устанавливаются для отдельных компонентов природной среды, в том числе для почв (земель). Следовательно, антропогенное воздействие на окружающую среду регулируется в соответствии с природоохранным законодательством путем соблюдения нормативов допустимого антропогенного воздействия, при которых обеспечивается ненарушение нормативов качества окружающей среды. Нормативы качества почв (земель) разрабатываются и устанавливаются с

учетом природных особенностей территорий и категорий земель в соответствии с земельным законодательством Российской Федерации (Земельный кодекс).

Согласно постановлению Правительства РФ от 13.02.2019 № 149, для оценки качества почв категорий земель сельскохозяйственного назначения и земель населенных пунктов, земельных участков зон санитарной охраны источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, курортных зон, а также для почв всех категорий земель по химическим веществам природного происхождения, устанавливаются гигиенические нормативы, разрабатываемые и утверждаемые Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека в соответствии с законодательством в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

Для оценки качества почв категорий земель и земельных участков, не перечисленных выше, а также для почв всех категорий по химическим веществам природного происхождения устанавливаются экологические нормативы качества почв (земель) для выделяемых однородных в почвенно-экологическом отношении территорий и определяются в соответствии с методиками, утвержденными Минприродой России.

В СанПиН 1.2.3685-21) приведены санитарно-гигиенические нормативы – предельно допустимые концентрации (ПДК), являющиеся одновременно и нормативами качества. Установлены ПДК и ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ (56 веществ) для почв населенных мест и сельскохозяйственных угодий. ПДК металлов разработаны для валовых и подвижных форм (экстрагируемые ацетатно-аммонийным буферным раствором). Подвижные формы металлов демонстрируют как подвижность металлов в природной среде, так и их доступность для растений. Однако нормативы для металлов установлены хаотично, не для всех металлов одновременно. Это затрудняет проведение сравнения для полученных данных по металлам и для комплексной оценки степени загрязнения почвы и уровня ее токсичности. Для тяжелых металлов расчетным методом установлены ОДК для кадмия, меди, никеля, свинца, цинка, мышьяка, которые дифференцированы по их устойчивости к химическому загрязне-

нию (учитывается гранулометрический состав, pH_{KCl}). Отметим, что нормативы ОДК не учитывают региональные особенности территорий, естественный геохимический фон; они применяются на всей территории страны.

Для почв земель лесного фонда, промышленности и иного специального назначения (разрешенное использование – производственная деятельность), а также запаса должны устанавливаться экологические нормативы, утверждаемые Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации (постановление Правительства РФ от 13.02.2019 № 149).

Особая ситуация сложилась при оценке уровня загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами, а также при приемке земель после рекультивации нефтезагрязненных почв. Нормативы качества почв по содержанию нефти и нефтепродуктов отсутствуют в санитарно-гигиеническом нормировании, что затрудняет оценку качества почв в условиях нефтезагрязнения, выбор наиболее эффективных мероприятий по снижению уровня загрязнения, приемку рекультивированных земель. В настоящее время установлены ПДК для отдельных веществ (табл. 1), входящих в состав нефти/нефтепродуктов, поскольку нефть представляет собой сложную смесь индивидуальных веществ (Петров, 1984).

До 2021 г. нормативной правовой базой были сформированы основы для разработки нормативов по содержанию нефти и продуктов ее трансформации для почв – нормативы остаточного содержания нефти в почвах (ДОСНП), которые разрабатывались на основе проведения научно-исследовательских работ и утверждались нормативными правовыми актами субъектов Российской Федерации в порядке, установленном на федеральном уровне. Нормативы ДОСНП разрабатывались в соответствии с положениями Приказа МПР РФ от 12 сентября 2002 г. № 574 “Об утверждении временных рекомендаций по разработке и введению в действие нормативов допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ” (далее по тексту – Приказ № 574).

Таблица 1. ПДК компонентов нефти (нефтепродуктов) согласно СанПиН 1.2.3685-21

Table 1. MAC of oil components (oil products) according to SanPiN 1.2.3685-21

№ п/п	Наименование вещества	Формула	Величина ПДК/ОДК с учетом фона (кларка), мг/кг	Лимитирующий показатель вредности
1.	Бенз/а/пирен	$C_{20}H_{12}$	0.02/	общесанитарный
2.	Бензин		0.1/	воздушно-миграционный
3.	Бензол	C_6H_6	0.3/	воздушно-миграционный
4.	Диметилбензолы (1,2-диметилбензол; 1,3-диметилбензол; 1,4- диметилбензол)	C_8H_{10}	0.3/	транслокационный
5	Метилбензол	C_7H_8	0.3/	воздушно-миграционный
6	(1-метилэтил) бензол	C_9H_{10}	0.5/	воздушно-миграционный
7.	(1-метилэтил) бензол	C_9H_{12}	0.5/	воздушно-миграционный
8.	(1-метилэтил) бензол + (1- метилэтил) бензол	$C_9H_{12}+C_9H_{10}$	0.5/	воздушно-миграционный
9.	Этилбензол	C_8H_8	0.1/	воздушно-миграционный

Согласно Приказу № 574, нормативы ДОСНП применялись при разработке и экспертизе технологий, материалов, оборудования и иных средств ликвидации загрязнения нефтью, проектов рекультивации или материалов по консервации земель, подвергшихся загрязнению нефтью, а также при приемке земельных участков после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ. Данный документ с января 2021 г. является неактуальным ввиду утраты силы постановления Правительства РФ от 15 апреля 2002 г. № 240 “О порядке организации мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации”. Нормативы ДОСНП являются действующими в некоторых субъектах Российской Федерации, например: ХМАО-Югра, НАО, Ставропольский край, Пермский край, Республика Татарстан, Республика Чувашия, до момента их отмены.

Экологическими нормативами качества почв являются значения химических, биологических, физических показателей их состояния, которые устанавливаются на предельно допустимом уровне значений, полученных на основании результатов лабораторных испытаний – абсолютные нормативные значения, или на уровне допустимого отклонения от значений показателей естественного (природного) фона, под которым понимается состояние почвы, определяемое природными особенностями территорий и естественными процессами.

Постановлением Правительства РФ № 149 закреплены требования по обоснованию значений (интервал допустимого отклонения от значений) показателей природного фона территорий на эталонных участках, критерии которых устанавливаются методиками. Экологические нормативы качества почв (земель) разрабатываются для выделяемых однородных в почвенно-экологическом отношении территорий и определяются в соответствии с методиками, утверждаемыми Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Указанные методики на сегодняшний день не разработаны.

С целью охраны окружающей среды для природопользователей введено требование по восстановлению нарушенных и загрязненных земель (ФЗ “Об охране окружающей среды”, Земель-

ный кодекс). Рекультивация земель должна обеспечивать восстановление земель до состояния, пригодного для их использования в соответствии с целевым назначением и разрешенным использованием, путем обеспечения соответствия качества земель нормативам качества окружающей среды (ОС) для почв (земель), в том числе региональным. При отсутствии введенных нормативов качества окружающей среды для почв (земель) (для конкретного загрязняющего вещества) значениям концентраций загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды, применяются нормативы, используемые на сопредельной территории аналогичного целевого назначения и вида использования (Постановление Правительства РФ от 29.05.2025 № 781). Выполнить требование по рекультивации почв земель лесного фонда, промышленности и иного специального назначения, запаса до нормативов качества ОС для почв невозможно ввиду отсутствия как методик по установлению нормативов качества, так и самих нормативов качества почв. Требование по восстановлению земель до значений концентрации загрязняющих веществ на сопредельных территориях не учитывает геоморфологическую привязку участков и тип почв, что будет вызывать еще больше споров и вопросов.

Методические подходы к установлению нормативов качества почв по содержанию загрязняющих веществ

В понимании авторов, в рамках экологического нормирования качество почв (земель) оценивается с учетом выполняемых почвой экологических функций (Ковда, 1985; Добровольский, Никитин, 1990). Сохранение природного разнообразия почв, предотвращение их деградации при ведении хозяйственной деятельности, обеспечение “здоровья” почв достигается за счет выполнения почвой своих функций в экосистемах (Трофимов, 2013; Соколов и др. 2020; Ковалева и др., 2016, 2024).

Экологическое состояние почв, подверженных антропогенному воздействию, оценивается путем их влияния на сопредельные природные среды, а также условия обитания биоты, благоприятные условия жизни человека, т. е. “здоровье” почвы. Допу-

стимые значения этих показателей устанавливаются при изучении зависимости “состояние – воздействие” посредством нахождения качественных изменений состояния почв, имеющих решающее значение при определении допустимого изменения их экологического состояния и качества (Воробейчик и др., 1994; Ковалева и др., 2016, 2017, 2023, 2024; Kovaleva et al., 2021).

Рассмотрим подходы к установлению норматива качества почв на примере распространенного вида загрязнителя – нефтепродуктов. Под нефтепродуктами в настоящей работе понимаются нефтяные углеводороды, отделенные в процессе их экстрагирования от сопутствующих органических соединений других классов. В гигиеническом нормировании химических веществ в почвах предложены показатели вредности (Методические рекомендации, 1982). Для определения нормативов качества почв по содержанию нефтепродуктов на уровне категорий земель предлагается применять различные показатели вредности, отражающие вероятность миграции загрязняющих веществ из почвы в сопредельные среды (компоненты природной среды (Трофимов, 2013)): в поверхностные и подземные воды – миграционный водный показатель (Ковалева и др., 2021, 2023), в растения – транслокационный показатель (Ковалева и др., 2019, 2022, 2023). Для оценки условий функционирования биоты используются биоиндикационные показатели, отражающие способность почвы выполнять экологические функции почв (Ковалева и др., 2016, 2024). В таблице 2 приведен блок для изучения биогеоценотических функций почв в условиях нефтезагрязнения и оценочные показатели для анализа способности функционирования почвы.

Оценка сорбционной способности почв по отношению к нефтепродуктам

Физико-химические функции почв отвечают за сорбцию веществ, поступающих в почвы, в том числе нефтепродукты, и сорбцию почвенных микроорганизмов, обитающих в почве и участвующих, в том числе, в процессах биодеструкции нефтепродуктов.

Таблица 2. Некоторые биогеоценоотические функции и оценочные показатели для изучения почв в условиях нефтезагрязнения

Table 2. Some biogeocenotic functions and evaluation indicators for studying soils under oil pollution conditions

Биогеоценоотические функции почв	Функции	Тип функций	Подфункции	Оценочный показатель
	Физические	Жизненное пространство	Сорбционная способность почв	Характеристика торфа / гранулометрический состав, содержание органического вещества, емкость катионного обмена
			Среда обитания живых организмов	Фитотестирование
				Биотестирование
				Почвенная мезофауна
	Физико-химические	Биологическая и биохимическая активность почвы	Способность к трансформации углерода	Базальное и субстрат-индуцированное дыхание
			Регулирование газообмена с атмосферой	
			Азотный цикл	Азотфиксация Денитрификация
			Интенсивность биохимических процессов	Ферментативная активность
			Комбинированные циклы	Мультисубстратное тестирование
			Функциональное разнообразие микробиоты	

Показатели, характеризующие сорбционную способность: торф / гранулометрический состав; содержание органического вещества / потеря при прокаливании, емкость катионного обмена для органо-минеральных и минеральных почв.

Группировка почвенных горизонтов для установления дифференцированных значений нормативов качества почв осуществляется на основании сорбционных свойств почв: выделяются органогенные, органо-минеральные, минеральные почвы, техноземы (результат рекультивации), реплантоземы с учетом характеристик или гранулометрического состава. Значения нормативов качества почв по содержанию загрязняющих веществ дифференцируются для почвенных горизонтов выделенных типов / подтипов почв.

Оценка гидрологической функции.

Водный миграционный показатель

Особенности процессов нефтедобычи и техногенных нарушений определяют необходимость оценки перехода отдельных веществ нефтепродуктов, а также сопутствующих химических веществ, в водную среду с использованием миграционного водного показателя (Трофимов, 2013; Ковалева и др., 2021). Поступление / отсутствие поступления нефтепродуктов в водные среды характеризует способность почвы выполнять гидросферную функцию (гидрологические функции) почв (Ковалева и др., 2017, 2024). Гидрологические функции почвы имеют разнообразное проявление и формы участия (Добровольский, Никитин, 1990): способность быть регулятором состава и режима грунтовых вод; механизмом формирования водного баланса территорий и речного стока; геохимическим защитным барьером акваторий; регулятором поступления механических частиц, химических веществ и микроорганизмов на сопредельные территории и среды.

Вспомогательными химическими показателями для оценки способности почв выполнять гидрологические функции являются показатели, позволяющие анализировать реакцию среды фильтративных вод, имитирующих почвенный раствор и грунтовые воды; количество поступающих в них нефтепродуктов, хлоридов, сульфатов, при различных концентрациях поступившей нефти в почву (Ковалева и др., 2021).

Дополнительным показателем является определение острой токсичности фильтрационных вод из почв методами биотестирования. Для биотестирования рекомендуется использовать не менее двух тест-организмов из разных таксономических групп, например, ракообразные *Ceriodaphnia affinis* и инфузории *Paramecium caudatum* (Терехова, 2022).

Биогеоценотические функции. Оценка функциональных параметров. Биоиндикационные показатели

Интегральные подходы, основанные на достоверной взаимосвязи отклика биоты почв на конкретные химические и физические свойства, характеризующие почву через совокупность разнообразных процессов и функций, а не отдельных показателей, могут выступать инструментом экологического нормирования почв, оценки ее состояния и здоровья. Среди интегральных показателей здоровой почвы, количественно оценивающих ее важнейшие биогеохимические процессы, выделяется потенциальная способность к самоочищению (Глазовская, 1997), в том числе обеспечиваемая деструкторами поллютантов, микробными супрессорами чужеродных геобионтов и почвенно-поглощающим комплексом (Соколов и др., 2020). Используя интегральный подход, можно определить пороговый уровень содержания нефтяных углеводородов, при не превышении которого функционирование почвы поддерживается или направленно восстанавливается через определенный промежуток времени за счет самоочищения (Ковалева и др., 2021).

Физические функции характеризуют почву как среду обитания живых организмов: жизненное пространство, жилище и убежище, механическая опора, депо источников возрождения жизни (семян и других зачатков) (Добровольский, Никитин, 1990). Для оценки функции почв как среды обитания используются косвенные методы:

- фитотестирование с использованием семян высших растений двудольных и однодольных;
- биотестирование с использованием почвенной мезофауны;
- биоиндикация путем оценки почвенной мезофауны, например, микроартропод.

Химические и биохимические функции характеризуют почву

как источник питательных элементов и соединений и депо элементов питания, энергии, влаги (Добровольский, Никитин, 1990). Круговорот углерода, азота, водорода, серы и других элементов, их накопление в почве обусловлено протеканием биохимических процессов в результате деятельности микроорганизмов.

Биологическая активность почвы определяется наличием в ней почвенных микроорганизмов (микробного сообщества) и их способностью к трансформации углерода, поступающего в почву органического вещества, с выделением диоксида углерода (базальное дыхание (БД) почвы), а также ферментативной активностью почвы (содержанием основных ферментов из группы гидролаз и оксидоредуктаз) как показателя биохимической активности почвы. БД и сопряженные показатели помогают сформулировать критерий функции почвы при регулировании газового режима атмосферы. Активизация нефтеокисляющих микроорганизмов в почве в условиях нефтезагрязнения – пусковой механизм самовосстановления биоты почв как ее биоценотической функции.

Рекомендуемые основные показатели биологической активности почв: микробная биомасса (в пересчете на углерод микробной биомассы), БД почвы как показатель интенсивности трансформации углерода органических веществ в почве.

Исследование почв по показателям азотфиксация, денитрификация позволяет проследить цикл азота в естественных условиях и при нефтяном загрязнении. Поступление азота в растения обеспечивается прокариотными микроорганизмами. Оценка функции микроорганизмов по фиксации атмосферного азота как экологической функции почв важна при установлении нормативов качества почв по содержанию нефтепродуктов.

Структурно-функциональная оценка

Метод мультисубстратного тестирования (МСТ) (Горленко, 1995) природных микробных сообществ позволяет получить сведения о негативном воздействии неблагоприятных факторов на почвы. МСТ предполагает использование многомерных параметров функционирования микробных сообществ, оценить комбинированные циклы, функциональное биоразнообразие.

Указанные функциональные показатели могут быть уточне-

ны в ходе исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обоснование норматива качества почв по содержанию нефтепродуктов выполняется по результатам, полученным в исследованиях по водному миграционному и функциональным показателям, путем использования математических моделей, в том числе установления статистически значимого отклонения функционирования почвы ($p < 0.05$) по выбранным функциональным показателям, по сравнению с фоновыми значениями почвы / почвенного горизонта, обладающего идентичными сорбционными свойствами с учетом категории земель и их основного хозяйственного использования (Ковалева и др., 2023). Выбор значения для установления норматива качества почв по содержанию нефтепродуктов производится на основании результатов их апробирования в натуральных условиях. Для земель лесного фонда основой принятия решения о величине норматива качества почв по содержанию нефтепродуктов является создание благоприятных лесорастительных свойств почв.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонов М.Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем (локальный уровень). Екатеринбург: УИФ “Наука”, 1994. 280 с.
2. Глазовская М.А. Методические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям. М., 1997. 102 с.
3. Горленко М.В. Мультисубстратное тестирование почвенных микробных сообществ: Автореф. дис. ... канд. биол. н. М., 1995. 23 с.
4. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2022 году. URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii_v_2022/.
5. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Функции почв в биосфере и экосистемах. М.: Наука, 1990. 258 с.
6. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/.

7. Ковалева Е.И., Пукальчик М.А., Яковлев А.С. О возможности применения активности каталазы при экологическом нормировании и оценке нефтезагрязненных почв // Экология и промышленность России. 2016. Т. 20. № 11. С. 26–31.
8. Ковалева Е.И., Яковлев А.С., Николаенко М.Г., Макаров А.О., Макаров А.А. Экологическая оценка нефтезагрязненных почв с использованием энхитреид // Почвоведение. 2017. № 3. С. 1–10.
9. Ковалева Е.И., Яковлев А.С. Экологические функции болотных экосистем (на примере острова Сахалин) // Экология и промышленность России. 2017. Т. 21. № 12. С. 32–37.
10. Ковалева Е.И., Яковлев А.С. Модель экологического нормирования нефтезагрязненных почв по изменению некоторых биогеоэкологических функций // Экология и промышленность России. 2018. Т. 22. № 11. С. 34–39.
11. Ковалева Е.И., Яковлев А.С., Пашкевич Е.Б. Нормирование нефтепродуктов в почвах в условиях вегетационного опыта (на примере зональных и интразональных почв острова) // Проблемы агрохимии и экологии. 2019. № 3. С. 60–67.
12. Ковалева Е.И., Демин В.В., Трофимов С.Я. Радиальная миграция нефтепродуктов в почвах о. Сахалин по материалам лабораторных лизиметрических экспериментов // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2021. № 3. С. 70–78.
13. Ковалева Е.И., Трофимов С.Я., Шоба С.А. Реакция высших растений на уровень нефтезагрязнения в вегетационном опыте // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2022. № 3. С. 74–84.
14. Ковалева Е.И., Трофимов С.Я., Шоба С.А. О выборе индикаторных показателей для экологического нормирования нефтепродуктов в каштановых почвах // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2023. Т. 78. № 2. С. 94–105.
15. Ковалева Е.И., Трофимов С.Я., Шоба С.А. Функционирование почв в условиях нефтяного загрязнения в таежной зоне Западной Сибири // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2024. Т. 79. № 4. С. 214–227.
16. Ковда В.А. Роль и функции почвенного покрова в биосфере земли. Доклад на VII делегатском съезде Всесоюзного общества почвоведов. Пушкино, 1985. 11 с.
17. Методические рекомендации по гигиеническому обоснованию ПДК химических веществ в почве от 5 августа 1982 г. № 2609-82.
18. Основы государственной политики в области экологического развития России на период до 2030 года (утв. Президентом РФ от 30

апреля 2012 г.).

19. *Петров А.А.* Углеводороды нефти. М.: Химия, 1984. 264 с.

20. Постановление Правительства РФ от 29.05.2025 № 781 “Об утверждении Правил проведения рекультивации и консервации земель”. URL:

https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_506469/90e01d185047971fe921b2bb4ea2abe4389a57d5//.

21. Постановление Правительства РФ от 13.02.2019 № 149 “О разработке, установлении и пересмотре нормативов качества окружающей среды для химических и физических показателей состояния окружающей среды, а также об утверждении нормативных документов в области охраны окружающей среды, устанавливающих технологические показатели наилучших доступных технологий” (вместе с “Положением о разработке, установлении и пересмотре нормативов качества окружающей среды для химических и физических показателей состояния окружающей среды”). URL:

https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_318449/accc4ba32558fde74927e6daa1d005d41462f677/.

22. Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2002 г. № 240 “О порядке организации мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации”.

URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_36284/.

23. Приказ МПР РФ от 12 сентября 2002 г. № 574 “Об утверждении Временных рекомендаций по разработке и введению в действие нормативов допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ”. URL:

<https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=EXP&n=309151#YTPLQaU9rEEEnKZY1>.

24. СанПиН 1.2.3685-21 “Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания”. URL:

https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_375839/.

25. *Соколов М.С., Семенов А.М., Спиридонов Ю.Я.* Здоровая почва – условие устойчивости и развития агро- и социосфер (проблемно-аналитический обзор) // Известия РАН. Сер. биологическая, 2020. № 1. С. 12–21.

26. *Терехова В.А.* Биотестирование экотоксичности почв при химическом загрязнении: современные подходы к интеграции для оценки экологического состояния (обзор) // Почвоведение. 2022. № 5. С. 586–

599.

27. Трофимов С.Я. Современное состояние и перспективы развития системы нормативов допустимого остаточного содержания нефти в почвах после проведения рекультивационных работ // Экологическое нормирование и управление качеством почв и земель. М., 2013. С. 93–97.
28. Федеральный закон “Об охране окружающей среды” от 10.01.2002 № 7-ФЗ. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/.
29. Kovaleva E.I., Trofimov S.Ya., Zhongqi Ch. Impact of oil contamination on ecological functions of peat soils from West Siberia of Russia // Journal of Environmental Quality. 2021. Vol. 50. No. 1. P. 49–62.

REFERENCES

1. Vorobeychik E.L., Sadykov O.F., Farafontov M.G., *Ekologicheskoe normirovanie tekhnogennyh zagryaznenij nazemnyh ekosistem (lokal'nyy uroven')* (Ecological rationing of anthropogenic pollution of terrestrial ecosystems (local level), Ekaterinburg: UIF Nauka, 1994, 280 p.
2. Glazovskaya M.A., *Metodicheskie osnovy ocenki ekologo-geohimicheskoy ustojchivosti pochv k tekhnogennym vozdeystviyam* (Methodological foundations for assessing the ecological and geochemical stability of soils to anthropogenic influences), Moscow, 1997, 102 p.
3. Gorlenko M.V., *Multisubstratnoe testirovanie pochvennyh mikrobnih soobshchestv: Avtoref. dis. ... kand. biol. n.* (Multisubstrate testing of soil microbial communities, Extended abstract of Cand. Biol. Sci. thesis), Moscow, 1995, 23 p.
4. State Report on the State and Environment of the Russian Federation in 2022. URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii_v_2022/.
5. Dobrovolsky G.V., Nikitin E.D., *Funkcii pochv v biosfere i ekosistemakh* (Functions of soils in the biosphere and ecosystems), Moscow: Nauka, 1990, 258 p.
6. The Land Code of the Russian Federation dated 10/25/2001 N 136-FROM. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/.
7. Kovaleva E.I., Pukalchik M.A., Yakovlev A.S., On the possibility of using catalase activity in environmental regulation and assessment of oil-contaminated soils, *Ecology and industry of Russia*, 2016, Vol. 20, No. 11, pp. 26–31.
8. Kovaleva E.I., Yakovlev A.S., Nikolaenko M.G., Makarov A.O., Makarov A.A., Ecological assessment of oil-contaminated soils using enchitrideids,

Pochvovedenie, 2017, No. 3, pp. 1–10.

9. Kovaleva E.I., Yakovlev A.S., Ecological functions of marsh ecosystems (on the example of Sakhalin Island), *Ecology and industry of Russia*, 2017, Vol. 21, No. 12, pp. 32–37.

10. Kovaleva E.I., Yakovlev A.S., A model of ecological rationing of oil-contaminated soils based on changes in some biogeocenotic functions, *Ecology and industry of Russia*, 2018, Vol. 22, No. 11, pp. 34–39.

11. Kovaleva E.I., Yakovlev A.S., Pashkevich E.B., Rationing of petroleum products in soils under conditions of vegetation experience (on the example of zonal and intrazonal soils of the island), *Problems of agrochemistry and ecology*, 2019, No. 3, pp. 60–67.

12. Kovaleva E.I., Demin V.V., Trofimov S.Ya., Radial migration of petroleum products in the soils of o. Sakhalin based on laboratory lysimetric experiments, *Bulletin of the Moscow University, Series 17: Soil Science*, 2021, No. 3, pp. 70–78.

13. Kovaleva E.I., Trofimov S.Ya., Shoba S.A., The reaction of higher plants to the level of oil pollution in the vegetation experience, *Bulletin of the Moscow University, Series 17: Soil Science*, 2022, No. 3, pp. 74–84.

14. Kovaleva E.I., Trofimov S.Ya., Shoba S.A., On the choice of indicative indicators for environmental rationing of petroleum products in chestnut soils, *Bulletin of the Moscow University, Series 17: Soil Science*, 2023, Vol. 78, No. 2, pp. 94–105.

15. Kovaleva E.I., Trofimov S.Ya., Shoba S.A., Functioning of soils in conditions of oil pollution in the taiga zone of Western Siberia, *Bulletin of the Moscow University, Series 17: Soil Science*, 2024, Vol. 79, No. 4, pp. 214–227.

16. Kovda V.A., *Rol' i funktsii pochvennogo pokrova v biosfere zemli* (The role and functions of soil cover in the earth's biosphere), Report at the VII delegate meeting of the All-Union Leadership Community, Pushchino, 1985, 11 p.

17. Methodological recommendations on the hygienic justification of the maximum permissible concentration of chemicals in soil dated August 5, 1982, No. 2609-82.

18. Fundamentals of state policy in the field of environmental development of Russia for the period up to 2030 (approved by the President of the Russian Federation on April 30, 2012).

19. Petrov A.A., *Uglevodorody nefi* (Oil hydrocarbons), Moscow: Khimiya, 1984, 264 p.

20. Government Decree No. 781 dated May 29, 2025 “On Approval of the Rules for Land Reclamation and Conservation”. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_506469/90e01d185047971fe921b2bb4ea2abe4389a57d5//.

21. Decree of the Government of the Russian Federation dated 02/13/2019 No. 149 “On the Development, Establishment and Revision of environmental quality standards for chemical and physical indicators of the environment, as well as on the Approval of regulatory documents in the field of environmental protection that establish technological indicators of the best available technologies” (together with the “Regulation on the Development, Establishment and Revision of Environmental Quality Standards media for chemical and physical indicators of the state of the environment”). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_318449/accc4ba32558fde74927e6daa1d005d41462f677/.
22. Decree of the Government of the Russian Federation dated April 15, 2002 No. 240 N “On the procedure for organizing measures to prevent and eliminate oil and Petroleum Product spills on the territory of the Russian Federation”. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_36284/.
23. Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation No. 574 dated September 12, 2002 “On Approval of Interim Recommendations for the development and implementation of standards for the permissible residual content of oil and its Transformation products in Soils after reclamation and other Restoration work”. URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=EXP&n=309151#YTPLQaU9rEEEnKZY1>.
24. SanPiN 1.2.3685-21 “Hygienic standards and methods for assessing safety and (or) safety for people with disabilities”. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_375839/.
25. Sokolov M.S., Semenov A.M., Spiridonov Yu.Ya., Healthy soil is a condition for the sustainability and development of argots Sociosphere (a problem-analytical review), *Izvestiya RAS, Biologicheskaya Ser.*, 2020, No. 1, pp. 12–21.
26. Terekhova V.A., Biotesting of soil ecotoxicity under chemical pollution: modern approaches to integration for assessing the ecological state (review), *Pochvovedenie*, 2022, No. 5, pp. 586–599.
27. Trofimov S.Ya., Current state and prospects of development of the system of standards for the permissible residual oil content in soils after reclamation work, *Ecological rationing and soil and land quality management*, Moscow, 2013, pp. 93–97.
28. Federal Law “On Environmental Protection” dated 10.01.2002 No. 7-FZ. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/.
29. Kovaleva E.I., Trofimov S.Ya., Zhongqi Ch., The influence of oil pollution on the ecological functions of peat soils in Western Siberia, Russia, *Journal of Environmental Quality*, 2021, Vol. 50, No. 1, pp. 49–62.