

DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-2-192-207

УДК 631.412

М.Б. Рюмин

Иркутский государственный университет,
664003 г. Иркутск, Российская Федерация

Оценка экологического состояния почв на объектах скопления строительной техники

В ходе экспериментов на почвах строительных площадок Иркутского района и г. Иркутска определено содержание нефтепродуктов и проведено фитотестирование на проростках семян высших растений. Эксперименты проводились в лабораторных условиях. Анализ почв строительных площадок Иркутского района и г. Иркутска выявил наличие нефтепродуктов в составе загрязняющих компонентов, при этом их максимальная концентрация зафиксирована в поверхностном слое (0–10 см). Оценка фитотоксичности почв выявила существенное негативное воздействие загрязнения на рост растений – с угнетением корневой системы и снижением капиллярной влагоемкости.

Ключевые слова: фитотоксичность, капиллярная влагоемкость, нефтезагрязненная почва, почвы строительных площадок

Благодарности. Публикация подготовлена при поддержке гранта № 091-24-313. Выражаю признательность Юлии Владимировне Артеменко (Иркутский государственный университет) за помощь в определении массовой доли нефтепродуктов.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Рюмин М.Б. Оценка экологического состояния почв на объектах скопления строительной техники // Социально-экологические технологии. 2025. Т. 15. № 2. С. 192–207. DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-2-192-207

© Рюмин М.Б., 2025

Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License
The content is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-2-192-207

M.B. Ryumin

Irkutsk State University,
Irkutsk, 664003, Russian Federation

Assessment of the ecological state of soils at sites of accumulation of construction machinery

In the course of experiments on the soils of construction sites in Irkutsk region and Irkutsk, the content of petroleum products was determined, and phytotesting was carried out on seedlings of seeds of higher plants. The experiments were conducted in a laboratory setting. An analysis of the soils of the construction sites of Irkutsk region and Irkutsk revealed the presence of petroleum products in the composition of polluting components, while their maximum concentration was recorded in the surface layer (0–10 cm). An assessment of soil phytotoxicity revealed a significant negative impact of pollution on plant growth, with inhibition of the root system and a decrease in capillary water capacity.

Key words: phytotoxicity, capillary moisture capacity, oil-contaminated soil, soils of construction sites

Acknowledgements. The publication was prepared with the support of grant No. 091-24-313.

I would like to thank Yulia V. Artemenko (Irkutsk State University) for her help in determining the mass fraction of petroleum products.

FOR CITATION: Ryumin M.B. Assessment of the ecological state of soils at sites of accumulation of construction machinery. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2025. Vol. 15. No. 2. Pp. 192–207. (In Rus.). DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-2-192-207

Введение

Процессы урбанизации интенсивно протекают не только в России, но и в других странах. Вследствие интенсивной деятельности человека компоненты окружающей среды подвергаются различным преобразованиям, испытывают техногенное давление [Papa et al., 2010]. Экологическое состояние почвы требует особого внимания, поскольку транспорт, промышленность и строительные процессы создают значительную нагрузку на почву. В результате происходят изменения практически всех ее компонентов, что снижает способность почвы выполнять важные экологические функции [Ramsey et al., 2005; Uzoiye, Agunwamba, 2011].

Возрастает количество поллютантов и тяжелых металлов, поступающих в почву [Давыдова, Тарасов, 2002, с. 26–33; Юзефович, Кошелева, 2009; Ларионов, 2013; Несговорова и др., 2014; Определение содержания тяжелых металлов..., 2019]. Нефтепродукты, впитываясь благодаря капиллярным силам, загрязняют почву, что приводит к утрате плодородия на продолжительное время. Увеличение нефтепродуктов в почве урбанизированных территорий отмечают многие исследователи [Денисов и др., 2008; Bandyopadhyay et al., 2012; Рюмин и др., 2024]. Многие физические и физико-химические свойства почв в той или иной степени претерпевают изменения при нефтяном загрязнении [Rumin et al., 2023].

Комплексных исследований с целью оценки экологического состояния почв и грунтов на объектах скопления строительной техники Иркутского района и г. Иркутска ранее не проводились, что и оправдывает цель наших исследований.

Материалы и методы

Объектом исследования являлись образцы почвы, отобранные из почвенных разрезов в зонах скопления строительной техники на различных строительных площадках Иркутского района и г. Иркутска. Исследованием были охвачены восемь строительных объектов (табл. 1).

Почвы исследуемых участков относятся к антропогенно-преобразованным и идентифицируются как урбоземы, т.е. почвы, формирующиеся в условиях строительных объектов под влиянием городской застройки, процессов рекультивации, техногенного накопления и насыпных процессов [Классификация и диагностика почв..., 2004]. Они характеризуются высокой пространственной неоднородностью, вызванной загрязнением техногенными субстратами (строительный мусор, грунты, промышленные отходы) (табл. 2).

Таблица 1

Строительные объекты Иркутского района и г. Иркутска
[Construction sites of Irkutsk region and Irkutsk city]

№ участка [Plot number]	Объект [Object]	Адрес объекта [Address of the object]	Координаты [Coordinates]
1	Строительство жилого комплекса [Construction of a residential complex]	г. Иркутск, ул. Сурикова, д. 25 (Правобережный округ) [Irkutsk, Surikova st., 25 (Right-Bank District)]	52.291239, 104.276643
2	Строительство многоквартирного жилого дома [Construction of an apartment building]	г. Иркутск, ул. Профсоюзная, д. 56 (Свердловский округ) [Irkutsk, Profsoyuznaya st., 56 (Sverdlovsk District)]	52.276738, 104.259267
3	Строительство транспортной магистрали [Construction of a transport highway]	Иркутский район [Irkutsk region]	52.179624, 104.008236
4	Возведение жилого комплекса [Construction of a residential complex]	г. Иркутск, ул. Байкальская, д. 252а, корп. 1 (Октябрьский округ) [Irkutsk, Baikalskaya st., 252a, bldg. 1 (Oktyabrsky district)]	52.251787, 104.335262
5	Строительство очистных сооружений [Construction of treatment facilities]	г. Иркутск, ул. Байкальская, Плотина ГЭС (Октябрьский округ) [Irkutsk, Baikalskaya st., Hydroelectric power station dam (Oktyabrsky district)]	52.252600, 104.340923
6	Возведение здания отдыха [Construction of a recreation building]	г. Иркутск, ул. Старокузьмихинская, д. 37/3, парк «Поляна» (Свердловский округ) [Irkutsk, Starokuzmikhinskaya st., 37/3, Polyana Park (Sverdlovsk District)]	52.250713, 104.281579
7	Строительство гостиничного комплекса [Construction of a hotel complex]	г. Иркутск, б-р Гагарина, д. 22 (Правобережный округ) [Irkutsk, Gagarin blvd., 22 (Right Bank District)]	52.275453, 104.278402
8	Жилые здания [Residential buildings]	г. Иркутск, ул. Старокузьмихинская, д. 84, корп. 2 (Свердловский округ) [Irkutsk, Starokuzmikhinskaya st., 84, building 2 (Sverdlovsk District)]	52.237441, 104.292146

Таблица 2

Гранулометрический состав почв строительных объектов Иркутского района и г. Иркутска
[Granulometric composition of soils of construction sites of Irkutsk region and Irkutsk city]

Участок [Plot]	Образцы почвы [Soil samples]	Характеристика профиля [Profile characteristics]
1	Контроль: супесчаный, рыхлый. Слой 0–10 см: суглинистый, рыхлый. Слой 10–15 см: супесчаный, уплотненный [Control: sandy loam, loose. Layer 0–10 cm: loamy, loose. Layer 10–15 cm: sandy loam, compacted]	Смешанный состав, преобладание суглинистых и супесчаных фракций. Значительное количество строительного мусора [Mixed composition, with a predominance of loamy and sandy loam fractions. Significant mount of construction waste]
2	Контроль: легкосуглинистый, рыхлый. Слой 0–10 см: суглинистый, уплотненный. Слой 10–15 см: суглинистый, переуплотненный [Control: light loamy, loose. Layer 0–10 cm: loamy, compacted. Layer 10–15 cm: loamy, over compacted]	Преобладание суглинистых фракций с тенденцией к уплотнению нижнего слоя. Присутствуют незначительные строительные включения [Predominance of loamy fractions with a tendency toward compaction of the lower layer. Minor construction inclusions a represent]
3	Контроль: легкосуглинистый, рыхлый. Слой 0–10 см: песчаный, плотный. Слой 10–15 см: суглинистый, переуплотненный [Control: light loamy, loose. Layer 0–10 cm: sandy, dense. Layer 10–15 cm: loamy, overcompactd]	Чередование песчаных и суглинистых слоев. Высокая степень уплотнения. Загрязнение асфальтом и каменными включениями [Alternating sandy and loamy layers. High degree of compaction. Contamination with asphalt and rock inclusions]
4	Контроль: супесчаный, рыхлый. Слой 0–10 см: супесчаный, рыхлый. Слой 10–15 см: суглинистый, плотный [Control: sandy loam, loose. Layer 0–10 cm: sandy loam, loose. Layer 10–15 cm: loamy, dense]	Чередование супесчаных и суглинистых слоев. Незначительное загрязнение строительным мусором, возможны фрагменты бетона [Alternating sandy loam and loamy layers. Minor contamination with construction debris, possible concrete fragments]

5	Контроль: легкосуглинистый, умеренно плотный. Слой 0–10 см: глинистый, плотный. Слой 10–15 см: суглинистый, плотный [Control: light loamy, moderately dense. Layer 0–10 cm: clayey, dense. Layer 10–15 cm: loamy, dense]	Преобладание глинистых и суглинистых фракций. Высокая водоудерживающая способность. Загрязнение строительными примесями, металлом и углеродистыми частицами [Predominance of clay and loam fractions. High water-holding capacity. Contamination with construction impurities, metal, and carbon particles]
6	Контроль: супесчаный, рыхлый. Слой 0–10 см: супесчаный, рыхлый. Слой 10–15 см: супесчаный, умеренно уплотненный [Control: sandy loam, loose. Layer 0–10 cm: sandy loam, loose. Layer 10–15 cm: sandy loam, moderately compacted]	Преобладание супесчаных слоев. Наличие гумуса и органических остатков в верхнем слое. Примеси строительного мусора в нижнем слое [Predominance of sandy loam layers. Presence of humus and organic matter in the upper layer. Admixtures of construction debris in the lower layer]
7	Контроль: легкосуглинистый, умеренно плотный. Слой 0–10 см: суглинистый, рыхлый. Слой 10–15 см: глинистый, уплотненный [Control: light loamy, moderately dense. Layer 0–10 cm: loamy, loose. Layer 10–15 cm: clayey, compacted]	Преобладание суглинистых и глинистых фракций. Значительное загрязнение строительным и техногенным мусором [Predominance of loamy and clayey fractions. Significant pollution from construction and industrial waste]
8	Контроль: супесчаный, рыхлый. Слой 0–10 см: супесчаный, рыхлый. Слой 10–15 см: суглинистый, плотный [Control: sandy loam, loose. Layer 0–10 cm: sandy loam, loose. Layer 10–15 cm: loamy, dense]	Чередование супесчаных и суглинистых слоев. Наличие гумусированной прослойки в верхнем слое. Загрязнение каменным материалом, бетонными и металлическими фрагментами в нижнем слое [Alternating sandy loam and loamy layers. Presence of a humus layer in the upper layer. Contamination with rocky material, concrete, and metal fragments in the lower layer]

На каждом исследуемом участке были отобраны по три образца почвы с различных глубин (0–10; 10–15 см), и контрольный образец (0–10 см), взятый в непосредственной близости от строительного объекта, вне зоны антропогенного воздействия, для статистического анализа. Образцы подвергались воздушно-сухому высушиванию при комнатной температуре, после чего просеивались через сито с размером ячеек 1 мм. В них определяли капиллярную влагоемкость почвы по методу Н.А. Качинского [Качинский, 1965].

Общее содержание нефтепродуктов в почвенных пробах определяли флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «ФЛЮОРАТ-02» (М 03-03-2012)¹.

Фитотоксичность испытуемых почвенных образцов оценивали аппликатным способом [Биотестирование..., 2017]. В чашки Петри (3 чашки Петри для контроля и 3 – для тестируемого образца) вносили предварительно увлажненную до 60% от полной влагоемкости почву слоем высотой 1 см. Во все чашки закладывали по 15 семян кресс-салата *Lepidium sativum*. Чашки Петри закрывали крышками и размещали в термостате при 20 °С. В течение опыта поддерживали влажность субстрата на одном и том же уровне, осуществляя регулярное взвешивание чашек и добавление воды с целью поддержания постоянного уровня влажности почвы. На седьмой день подсчитывали длину корней проростков в контрольных и опытных пробах. На основании этого параметра рассчитывали эффект торможения (E_t) по формуле:

$$E_t = \frac{L_k - L_{оп}}{L_k} \times 100\%,$$

где E_t – эффект торможения, %; $L_{оп}$ – средняя длина корней в опыте, мм; L_k – средняя длина корней в контроле, мм.

Показателем токсического воздействия тестируемой почвенной пробы являлось уменьшение длины корней проростков по сравнению с контрольным вариантом (незагрязненная почва).

Для статистической обработки полученных данных применяли пакет программ Microsoft Excel. В работе приведены значения среднего арифметического и стандартное отклонение среднего арифметического (средняя квадратичная ошибка).

¹ Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов. Флуориметрическим методом с использованием анализатора жидкости «Флюорат-02». ПНД Ф 16.1:2.21-98. М., 1998.

Результаты

Капиллярная влагоемкость

Капиллярная влагоемкость – это способность почвы удерживать воду за счет капиллярных сил, варьировала в зависимости от физических свойств и глубины отбора проб.

В контрольных образцах наилучшая капиллярная влагоемкость (согласно классификации [Качинский, 1965]) наблюдалась на участках 1 (61,7%), 4 (52,3%), 5 (41,3%), 6 (63,4%). На участках 2, 3 и 8 влагоемкость контрольных образцов оценивалась как хорошая (39,5, 38,2, 34,1% соответственно), а на участке 7 – как удовлетворительная (28,4%). На строительных площадках в зоне загрязнения отмечено снижение капиллярной влагоемкости по сравнению с контролем. Снижение капиллярной влагоемкости в слое 0–10 см: на участке 1 (↓29,9%), на участке 2 (↓64,6%), на участке 3 (↓56,8%), на участке 4 (↓17,5%), на участке 5 (↓27,2%), на участке 6 (↓65,8%), на участке 7 (↓34,5%), на участке 8 (↓36,8%). В слое 10–15 см: на участке 1 (↓21,7%), на участке 2 (↓49,5%), на участке 3 (↓51,8%), на участке 4 (↓11,3%), на участке 5 (↓13,7%), на участке 6 (↓25,0%), на участке 7 (↓17,5%), на участке 8 (↓16,1%) (рис. 1).

Фитотоксичность

Данный метод является важным инструментом для оценки токсичности различных загрязняющих веществ, включая нефтепродукты. Основанная на реакции растений на изменения в окружающей среде, эта методика позволяет получить ценную информацию о воздействии загрязнения почвы на рост и развитие растений. В качестве исследуемого параметра использовался процент торможения роста корней проростков кресс-салата (*Lepidium sativum*).

Максимальное угнетение роста корневой системы зафиксировано на участке 2 (58,8% в слое 0–10 см и 40,0% в горизонте 10–15 см) и участке 3 (55,1 и 48,4% соответственно), что свидетельствует о высокой токсичности почвы. Значительное сокращение длины корней также отмечено на участке 6 (54,4 и 25,5%), что указывает на серьезное загрязнение (табл. 3).

На участках 4 и 5 влияние токсичных соединений минимально (от 11,0 до 16,9%), что говорит о более благоприятных условиях для роста растений. Умеренный уровень торможения (19,5–34,6%) наблюдается на участках 7 и 8, что свидетельствует о наличии загрязняющих веществ, но в меньших концентрациях. В большинстве случаев

в верхнем слое (0–10 см) токсичность проявляется сильнее, чем в горизонте 10–15 см, что может свидетельствовать о поверхностном характере загрязнения, связанном с воздействием нефтепродуктов и других вредных соединений.

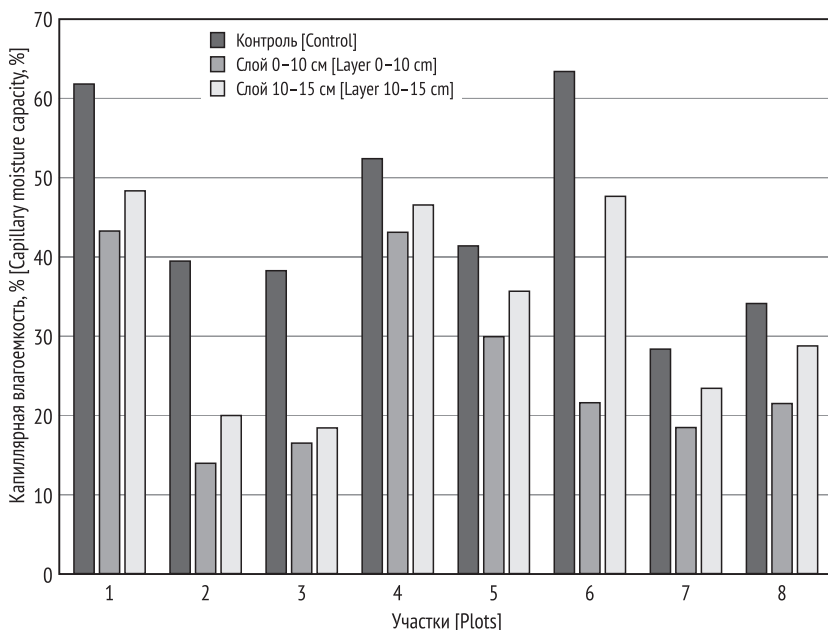


Рис. 1. Изменение капиллярной влагоемкости (%) почв в местах скопления строительной техники

Fig. 1. Changes in the capillary moisture capacity (%) of soils in places where construction machinery accumulates

Исключение составляет участок 2, где значительное угнетение роста (40,0%) отмечено даже на глубине 10–15 см, что может указывать на глубокое проникновение токсичных веществ. Наибольший уровень фитотоксичности выявлен на участках 2, 3 и 6, что выявляет значительное загрязнение почвы. В то же время на участках 4 и 5 степень токсического воздействия минимальна, что может свидетельствовать о более благоприятных почвенных условиях или низком уровне загрязнения. В целом, корреляция глубины отбора проб и уровня токсичности подтверждает предположение о преимущественно поверхностном характере загрязнения (см. табл. 3).

Таблица 3

**Массовая доля нефтепродуктов и изменение
фитотоксичности почв, отобранных
на строительных площадках Иркутского района и г. Иркутска**
[Mass fraction of petroleum products and changes in phytotoxicity
of soils sampled at construction sites in Irkutsk region and Irkutsk city]

Образец [Sample]	Средняя длина корней [Average root length]	Эффект торможения, % [Inhibition effect, %]	Массовая доля нефтепродуктов в почве, мг/г [Mass fraction of petroleum products in soil, mg/g]
<i>Участок 1 [Plot 1]</i>			
Контроль [Control]	6,23 ± 0,45	–	0,15 ± 0,01
Слой 0–10 см [Layer 0–10 cm]	4,67 ± 0,18	25,04 ± 4,66	8,75 ± 0,18
Слой 10–15 см [Layer 10–15 cm]	4,88 ± 0,25	21,66 ± 6,75	6,32 ± 1,58
<i>Участок 2 [Plot 2]</i>			
Контроль [Control]	4,27 ± 0,20	–	1,65 ± 0,34
Слой 0–10 см [Layer 0–10 cm]	1,76 ± 0,28	58,78 ± 11,24	23,42 ± 1,75
Слой 10–15 см [Layer 10–15 cm]	2,56 ± 0,36	40,04 ± 8,11	18,63 ± 1,17
<i>Участок 3 [Plot 3]</i>			
Контроль [Control]	4,21 ± 0,16	–	1,77 ± 0,25
Слой 0–10 см [Layer 0–10 cm]	1,89 ± 0,22	55,10 ± 9,27	16,39 ± 1,41
Слой 10–15 см [Layer 10–15 cm]	2,17 ± 0,24	48,45 ± 9,74	12,15 ± 1,20
<i>Участок 4 [Plot 4]</i>			
Контроль [Control]	5,45 ± 0,19	–	0,23 ± 0,11
Слой 0–10 см [Layer 0–10 cm]	4,68 ± 0,26	14,12 ± 7,53	5,08 ± 1,28
Слой 10–15 см [Layer 10–15 cm]	4,85 ± 0,19	11,00 ± 5,88	3,64 ± 0,89
<i>Участок 5 [Plot 5]</i>			
Контроль [Control]	4,89 ± 0,09	–	1,25 ± 0,32
Слой 0–10 см [Layer 0–10 cm]	4,06 ± 0,14	16,97 ± 4,91	7,46 ± 1,54
Слой 10–15 см [Layer 10–15 cm]	4,35 ± 0,08	11,04 ± 2,66	5,35 ± 1,19

Окончание табл. 3

Образец [Sample]	Средняя длина корней [Average root length]	Эффект торможения, % [Inhibition effect, %]	Массовая доля нефтепродуктов в почве, мг/г [Mass fraction of petroleum products in soil, mg/g]
Участок 6 [Plot 6]			
Контроль [Control]	6,42 ± 0,25	–	0,05 ± 0,01
Слой 0–10 см [Layer 0–10 cm]	2,93 ± 0,36	54,36±9,51	21,93 ± 1,63
Слой 10–15 см [Layer 10–15 cm]	4,78 ± 0,27	25,54 ± 7,32	12,78 ± 1,33
Участок 7 [Plot 7]			
Контроль [Control]	3,58 ± 0,18	–	5,22 ± 0,65
Слой 0–10 см [Layer 0–10 cm]	2,34 ± 0,21	34,63±10,06	18,34 ± 1,61
Слой 10–15 см [Layer 10–15 cm]	2,88 ± 0,19	19,55 ± 9,50	15,88 ± 1,44
Участок 8 [Plot 8]			
Контроль [Control]	3,93 ± 0,11	–	2,34 ± 0,25
Слой 0–10 см [Layer 0–10 cm]	2,71 ± 0,22	31,04 ± 9,42	14,71 ± 1,20
Слой 10–15 см [Layer 10–15 cm]	3,08 ± 0,15	21,62 ± 6,11	11,08 ± 0,86

Определение массовой доли нефтепродуктов флуориметрическим методом

Флуориметрия – это метод количественного определения веществ, основанный на измерении их флуоресценции при возбуждении светом определенной длины волны. Он применяется для анализа органических и неорганических соединений, включая нефтепродукты, в почве, воде и воздухе.

Фоновое (контрольное) содержание нефтепродуктов на разных участках колеблется в пределах 0,05–5,2 мг/г, что говорит о низком уровне загрязнения в естественных условиях. Повышенные концентрации обнаружены в почвенных образцах с глубины 0–10 и 10–15 см, что указывает на проникновение загрязняющих веществ вглубь грунта.

Максимальное значение зафиксировано на участке 2 (0–10 см) – 23,4 мг/г, что свидетельствует о значительном локальном загрязнении.

В большинстве случаев концентрация нефтепродуктов снижается с глубиной, что может быть связано с процессами сорбции, разложения или миграции соединений.

Высокие уровни (до 21,9 мг/г) также отмечены на участках 6 и 7, что связано с хозяйственной деятельностью или разливами нефти (см. табл. 3).

Обсуждение

Максимальные значения капиллярной влагоемкости в контрольных образцах зафиксированы на участках 1, 4, 5 и 6 (61,7–63,4%). Здесь отмечается относительно незначительное снижение капиллярной влагоемкости в горизонте 10–15 см (от 11,3 до 25,0%), что свидетельствует о низкой степени техногенного воздействия, в частности, о минимальном загрязнении почв нефтепродуктами. Это, в свою очередь, способствует более стабильному удержанию влаги в нижних слоях почвенного профиля.

Наиболее значительное уменьшение капиллярной влагоемкости в горизонте 0–10 см зафиксировано на участках 2 (↓64,6%) и 6 (↓65,8%), что выявляет высокую степень загрязнения почв нефтепродуктами, приводящей к изменению водно-физических свойств почвы. Однако следует учитывать, что на влагоемкость почвы влияют и другие факторы, включая переуплотнение почвы, которое отмечено на участке 2.

Нефтепродукты, попадая в почву, оказывают комплексное негативное воздействие: они обволакивают почвенные частицы, формируя гидрофобную пленку, препятствующую смачиванию и удержанию воды. Кроме того, нефтепродукты могут разрушать структуру почвы, уменьшая ее пористость и затрудняя проникновение влаги вглубь профиля [Аринюшкина, 1970, с. 215–220; Пиковский, 1993, с. 85–92].

В слое 10–15 см наибольшая потеря влаги зарегистрирована на участках 3 (↓51,8%) и 2 (↓49,5%), что свидетельствует о глубинном загрязнении почвенного профиля техногенными соединениями, влияющее на водоудерживающую способность почвы.

Участки 2, 3 и 8 продемонстрировали хороший уровень капиллярной влагоемкости в контрольных образцах (34,13–39,46%). Однако значительное снижение показателя в горизонтах 0–10 см (↓36,8–64,6%) и 10–15 см (↓16,1–51,8%) может говорить о поступательном проникновении загрязняющих веществ в почвенный профиль, что приводит к ухудшению его водоудерживающих свойств и может негативно сказываться на водоснабжении растений. Удовлетворительная капиллярная влагоемкость зафиксирована на участке 7 (28,36%). В горизонте 0–10 см

показатель снизился на 34,5%, а в горизонте 10–15 см – на 17,5%, что свидетельствует о значительном уменьшении влагоемкости с глубиной, особенно в верхнем слое почвы. Помимо загрязнения нефтепродуктами, важную роль в этом процессе сыграло уплотнение почвы. Изменение структуры почвы под воздействием строительной техники стало дополнительным фактором, снижающим ее влагоемкость.

Исследование влияния нефтепродуктов на фитотоксичность почв, отобранных на строительных площадках Иркутского района и г. Иркутска, показало закономерное снижение средней длины корней растений при увеличении содержания загрязняющих веществ.

Контрольные участки демонстрируют наибольшую среднюю длину корней (4,21–6,42 см) при минимальном содержании нефтепродуктов (0,05–2,34 мг/г). В то же время на загрязненных образцах наблюдается выраженное угнетение роста корневой системы, достигающее 58,78% на глубине 0–10 см участка 2, где содержание нефтепродуктов составляет 23,42 мг/г.

Обнаружено, что эффект торможения роста корней увеличивается с увеличением концентрации нефтепродуктов в почве, достигая максимального значения при уровнях загрязнения выше 14 мг/г. На участках 6 и 7 с относительно низким содержанием нефтепродуктов (0,05–2,34 мг/г) торможение роста составляет 16,97–34,63%, тогда как на участках 2, 3 и 8 при концентрации нефтепродуктов выше 10 мг/г торможение достигает 54,36–58,78%.

Кроме того, обнаружена тенденция к снижению негативного воздействия нефтепродуктов с глубиной почвы. В большинстве участков на глубине 10–15 см длина корней была выше, чем на глубине 0–10 см, что указывает на частичное снижение фитотоксичности.

Таким образом, полученные данные подтверждают выраженный негативный эффект загрязнения почв нефтепродуктами на рост растений и указывают на зависимость токсичности от концентрации загрязняющих веществ и глубины залегания. Однако фитотестирование само по себе не позволяет определить химический состав загрязняющих веществ, а лишь фиксирует общий токсический эффект. Основным загрязняющим компонентом, подтвержденным анализами, являются нефтепродукты, однако нельзя исключать присутствие и других веществ, таких как тяжелые металлы. Данные о концентрации тяжелых металлов в почвах отсутствуют, но их возможное присутствие не исключается ввиду специфики техногенного загрязнения исследуемых территорий.

Выводы

1. Анализ почв на строительных площадках Иркутского района и Иркутска, выявил значительное загрязнение почв нефтепродуктами. Наибольшая концентрация загрязняющих веществ зафиксирована в поверхностных горизонтах (0–10 см), что указывает на преимущественно техногенную природу загрязнения.

2. Снижение капиллярной влагоемкости в зонах с высокой концентрацией нефтепродуктов свидетельствует о нарушении водоудерживающей способности почвы, хотя на этот показатель также могут влиять уплотнение и переуплотнение почвы.

3. Фитотестирование показало сильное угнетение роста растений в загрязненных образцах. Наибольшее торможение роста корневой системы кресс-салата *Lepidium sativum* выявлено на участках 2, 3 и 6.

4. Ввиду высокого уровня загрязнения почв нефтепродуктами требуется разработка и внедрение мероприятий по рекультивации данных территорий. Особое внимание следует уделить разработке технологий очистки верхних горизонтов почвенного покрова.

Библиографический список / References

Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М., 1970. [Arinushkina E.V. Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv [Manual of chemical analysis of soils]. Moscow, 1970.]

Биотестирование в экологическом контроле / В.А. Терехова, Д.М. Гершкович, М.М. Гладкова и др.; под ред. В.А. Тереховой. М., 2017. [Terekhova V.A., Gershkovich D.M., Gladkova M.M. et al. Biotestirovanie v ekologicheskom kontrole. [Biotesting in environmental control] V.A. Terekhova (ed.). Moscow, 2017.]

Давыдова С.Л., Тагасов В.И. Тяжелые металлы как супертоксианты XXI века. М., 2002. [Davydova S.L., Tagasov V.I. Tyazhelye metally kak supertoksikanty XXI veka [Heavy metals as supertoxicants of the 21st century]. Moscow, 2002.]

Денисов Е.П., Бурлака В.А., Бурлака И.В. Изменение экологического равновесия почв, загрязненных нефтепродуктами и пластовой жидкостью // Вестник Саратовского государственного университета им. Н.И. Вавилова. 2008. № 2. С. 25–27. [Denisov E.P., Burlaka V.A., Burlaka I.V. Changes in the ecological balance of soils contaminated with oil products and formation fluid. Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N.I. Vavilova. 2008. No. 2. Pp. 25–27. (In Rus.)]

Качинский Н.А. Физика почвы. М., 1965. [Kachinskii N.A. Fizika pochvy [Soil physics]. Moscow, 1965.]

Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов, М.И. Герасимова, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева. М., 2004. [Shishov L.L., Gerasimova M.I., Tonkonogov V.D., Lebedeva I.I. Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii [Classification and diagnostics of soils in Russia]. Moscow, 2004.]

Ларионов М.В. Особенности накопления техногенных тяжелых металлов в почвах городов Среднего и Нижнего Поволжья // Вестник Томского государственного университета. 2013. № 368. С. 189–194. [Larionov M.V. Features of accumulation of technogenic heavy metals in soils of cities of the Middle and Lower Volga region. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2013. No. 368. Pp. 189–194. (In Rus.)]

Несговорова Н.П., Савельев В.Г., Иванцова Г.В. Возможности использования гвоздичных растений в индикации содержания тяжелых металлов в почве // Фундаментальные исследования. 2014. № 5-4. С. 765–771. [Nesgovorova N.P., Savelyev V.G., Ivantsova G.V. Possibilities of using clove plants in indicating the content of heavy metals in soil. *Fundamentalnye issledovaniya*. 2014. No. 5-4. Pp. 765–771. (In Rus.)]

Определение содержания тяжелых металлов в почве и организме насекомых Московской области / Т.К. Атанасян, С.А. Муравьева, А.В. Стрючкова, Е.А. Елисеева // Социально-экологические технологии. 2019. Т. 9. № 4. С. 502–515. DOI: 10.31862/2500-2961-2019-9-4-502-515 [Atanasyan T.K., Muraveva S.A., Stryuchkova A.V., Eliseeva E.A. Determination of the content of heavy metals in soil and insects' organism of the Moscow region. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2019. Vol. 9. No. 4. Pp. 502–515. (In Rus.). DOI: 10.31862/2500-2961-2019-9-4-502-515]

Пиковский Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. М., 1993. [Pikovskii Yu.I. Prirodnye i tekhnogennye potoki uglevodorodov v okruzhayushchei srede [Natural and man-made flows of hydrocarbons in the environment]. Moscow, 1993. Pp. 85–92.]

Рюмин М.Б., Артеменко Ю.В., Лопатовская О.Г. Влияние нефтепродуктов на почвенное дыхание серой лесной почвы // Социально-экологические технологии. 2024. Т. 14. № 1. С. 108–120. DOI: 10.31862/2500-2961-2024-14-1-108-120 [Ryumin M.B., Artemenko Yu.V., Lopatovskaya O.G. Impact of petroleum products on soil respiration gray forest soil. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2024. Vol. 14. No. 1. Pp. 108–120. (In Rus.) DOI: 10.31862/2500-2961-2024-14-1-108-120]

Юзефович А.М., Кошелева Н.Е. Загрязнение почв селитебной зоны Москвы и его связь с природными и антропогенными факторами // Теоретическая и прикладная экология. 2009. № 3. С. 35–42. [Yuzefovich A.M., Kosheleva N.E. Pollution of soils in residential areas of Moscow and its relationship with natural and anthropogenic factors. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*. 2009. No. 3. Pp. 35–42. (In Rus.)]

Bandyopadhyay K.K., Aggarwal P., Chakraborty D. et al. Practical manual on measurement of soil physical properties. New Delhi, 2012.

Papa S., Bartoli G., Pellegrino A., Fioretto A. Microbial activities and trace element contents in an urban soil. *Environ. Monit. Assess*. 2010. Vol. 165. No. 1–4. Pp. 193–203.

Ramsey P.W., Rillig M.C., Feris K.P. et al. Mine waste contamination limits soil respiration rates: A case study using quantile regression. *Soil Biol. Biochem*. 2005. Vol. 37. No. 6. Pp. 1177–1183.

Rumin M.B., Cherkasov D.V., Lopatovskaya O.G. et al. Effect of oil and surfactants on changes in some physical properties of soils. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2023. No. 1229 (1). 012039.

Uzoije A.P., Agunwamba J.C. Physiochemical properties of soil in relation to varying rates of crude oil pollution. *Journal of Environmental Science and Technology*. 2011. Vol. 4. Pp. 313–323. DOI: 10.3923/jest.2011.313.32315

Статья поступила в редакцию 21.02.2025, принята к публикации 19.03.2025

The article was received on 21.02.2025, accepted for publication 19.03.2025

Сведения об авторе / About the author

Рюмин Максим Борисович – аспирант кафедры почвоведения и земельных ресурсов биолого-почвенного факультета, Иркутский государственный университет

Maxim B. Ryumin – postgraduate student at the Department of Soil Science and Land Resources of the Faculty of Biology and Soil Science, Irkutsk State University

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4762-4613>

E-mail: maksim.ryumin@mail.ru