

Оригинальное исследование

DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-1-57-76

УДК: 504.05

**А.В. Синдирева, Г.Р. Терентьев**

Тюменский государственный университет,  
625003 г. Тюмень, Российская Федерация

## Экологическая оценка содержания тяжелых металлов и нефтепродуктов в почвах придорожных территорий города Тюмени

В статье представлена оценка содержания нефтепродуктов и тяжелых металлов (кадмий, медь, цинк, свинец) в почвах придорожных территорий вблизи объектов автотранспортной инфраструктуры Калининского административного округа г. Тюмени. Проанализировано содержание нефтепродуктов и тяжелых металлов (валовое и подвижной формы) в образцах почв, отобранных вблизи автомобильных заправочных станций и автомобильных перекрестков. Показана корреляция между интенсивностью автотранспортного потока и валовым содержанием тяжелых металлов. Содержание нефтепродуктов вблизи исследуемых автомобильных перекрестков выше, чем в районе автомобильных заправочных станций, на 30%. Валовое содержание свинца в почвах придорожных территорий вблизи автомобильных перекрестков выше на 64%. Но валовое содержание кадмия, меди и цинка ниже, чем вблизи автозаправочных станций. Выявлено отсутствие превышения нормативов валового содержания и подвижной формы исследуемых тяжелых металлов, за исключением кадмия. Зависимости между интенсивностью автомобильного потока и валовым содержанием

© Синдирева А.В., Терентьев Г.Р., 2023



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

тяжелых металлов прямые, характеризуются положительными коэффициентами корреляции от 0,37 до 0,88. Установлена наиболее тесная взаимосвязь между интенсивностью автомобильного потока и уровнем накопления нефтепродуктов.

**Ключевые слова:** придорожные территории, автомобильный транспорт, город Тюмень, городские почвы, урбаноземы, интруземы, нефтепродукты, тяжелые металлы

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Синдирева А.В., Терентьев Г.Р. Экологическая оценка содержания тяжелых металлов и нефтепродуктов в почвах придорожных территорий города Тюмени // Социально-экологические технологии. 2023. Т. 13. № 1. С. 57–76. DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-1-57-76

Original research

DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-1-57-76

**A.V. Sindireva, G.R. Terentev**

Tyumen State University,  
Tyumen, 625003, Russian Federation

## Ecological assessment of heavy metals and petroleum products in soils of roadside areas of Tyumen city

The article assesses the content of petroleum products and heavy metals (cadmium, copper, zinc, lead) in the soils of roadside territories of Kalininsky administrative district of Tyumen. The content of petroleum products and heavy metals (gross and mobile forms) in soil samples collected near petrol stations and road crossings was analyzed. The correlation between the intensity of the traffic flow and the gross content of heavy metals is shown. According to generalized data, the content of petroleum products near the studied road junctions is 30% higher than in the area of gas stations. The gross content of lead in the soils of roadside areas near automobile intersections is 64% higher. But the gross content of cadmium, copper and zinc is lower than near gas stations. The absence of exceeding the standards for the gross content

and mobile form of the studied heavy metals, with the exception of cadmium, was revealed. The relationship between the intensity of the traffic flow and the gross content of heavy metals is direct, characterized by positive correlation coefficients from 0.37 to 0.88. The closest relationship between the intensity of the traffic flow and the level of accumulation of oil products has been established.

**Key words:** roadside areas, road transport, Tyumen city, urban soils, intrusive soils, oil products, heavy metals

FOR CITATION: Sindireva A.V., Terentev G.R. Ecological assessment of heavy metals and petroleum products in soils of roadside areas of Tyumen city. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2023. Vol. 13. No. 1. Pp. 57–76. (In Rus.) DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-1-57-76

## Введение

Воздействие автотранспорта на окружающую среду города является одним из самых распространенных среди антропогенных источников загрязнения. Отмечаются высокие концентрации ряда загрязняющих веществ на напряженных транспортных узлах и придорожных территориях [Гелашвили, Копосов, Лаптев, 2007]. При этом особенностью такого воздействия является постепенное аккумулярование экотоксикантов в почвах придорожных территорий, а также способность к сохранению их на долгое время после ликвидации источника загрязнения.

Анализ опыта многолетних исследований загрязнения придорожных зон показал, что существенное влияние на почву оказывают тяжелые металлы (например, свинец, цинк, кадмий и др.) и нефтепродукты [Автотранспортное загрязнение..., 1999; Шигабаева, 2015].

Основными источниками поступления тяжелых металлов в почву придорожных территорий являются: действие тормозных колодок, постоянное трение автомобильных покрышек (стирание) с дорожным покрытием под действием турбулентных потоков от движущегося транспорта, расходные жидкости, имеющие в своем составе присадки, улучшающие работу двигателя, обеспечивающие надежность работы механизмов, другие механические и физические воздействия автомобильного транспорта. Источники нефтепродуктов – это продукты сгорания топлива, моторного и трансмиссионного масел, автомобильные жидкости (антифриз, тормозная и стеклоомывающая жидкости).

Таким образом, влияние автотранспортных систем на придорожные почвы заключается в химическом загрязнении, в том числе тяжелыми

металлами и нефтепродуктами. Почвы придорожных зон отлично накапливают тяжелые металлы, они служат буфером для аккумуляции их частиц из приземного слоя атмосферы [Ловинецкая, 2019]. Дополнительному их увеличению в почве могут способствовать следующие объекты дорожно-транспортной инфраструктуры: пешеходные переходы, автостоянки, перекрестки ввиду снижения скорости, торможения и старта автотранспортных средств, работы их на «холостом ходу», а также появления транспортных заторов [Луканин, Трофименко, 2001].

Нефтепродукты, как и тяжелые металлы, изменяют механические, химические, биохимические и физико-химические свойства почвы, вызывая нарушения в процессах роста и развития растительного покрова.

Содержание нефтепродуктов вблизи автозаправочных станций и автомобильных стоянок находится выше принятых относительно фоновых значений, а при удалении от этих загрязнителей – снижается. Поступление нефтепродуктов в почвы, прилегающие к автомобильным дорогам, связано с утечками топлива, моторного и трансмиссионного масел и других жидкостей, обеспечивающие работу систем автомобиля. Факторами, влияющими на их накопление, также являются климатические условия, некачественное топливо, неудовлетворительное техническое состояние агрегатов автомобильного транспорта, резкие маневры [Бышевская, 2013; Васильченко, Галактионова, 2015; Чигринова, 2017].

В городской среде отмечается потеря естественных почв. Строительство жилой и дорожной инфраструктуры существенно изменяет экосистему, нарушая состав и свойства почв, почвы городской среды принято называть урбаноземы. Почвы, формирующиеся на территории автозаправочных станций (АЗС) и автомобильных стоянок, связанные с автотранспортом и его необходимой инфраструктурой как источником загрязнения, классифицируют как интруземы [Синцов, Бармин, 2011]. Процессы самоочищения таких почв затруднены в связи с дефицитом благоприятных условий для роста и развития растительного покрова [Свистова, Корецкая, Щербаков, 2005].

На законодательном уровне мероприятий, решающих проблемы охраны и восстановления почв придорожных территорий, проводится достаточно мало. В основном, предпринимаются решения о попытке снизить автомобильные выбросы, но это не помогает решить полностью проблему ввиду увеличения количества автотранспорта.

Тюмень является крупным областным центром и центром нефтегазовой отрасли. Город интенсивно развивается, увеличиваются площади жилой и нежилой застроек, как следствие – строительство новых дорожных объектов и расширение уже существующих автотранспортных

путей. Все перечисленное формирует серьезное препятствие для создания благоприятной экологической обстановки города Тюмени.

*Цель исследования:* оценка содержания нефтепродуктов и тяжелых металлов (кадмий, медь, цинк, свинец) в почвах придорожных территорий Калининского административного округа города Тюмени.

*Задачи исследования:*

- 1) изучить содержание нефтепродуктов вдоль придорожных территорий вблизи автозаправочных станций и автомобильных перекрестков;
- 2) оценить накопление тяжелых металлов (кадмий, медь, цинк, свинец) вдоль придорожных территорий вблизи автозаправочных станций и автомобильных перекрестков;
- 3) установить взаимосвязь между интенсивностью автомобильного движения и количеством нефтепродуктов, тяжелых металлов в почве;
- 4) определить факторы, влияющие на накопление экотоксикантов вдоль придорожных территорий.

*Объектом исследования* являются почвы придорожных территорий города Тюмени. *Предмет исследования:* содержание нефтепродуктов и тяжелых металлов в почвах придорожных территорий.

## **Материалы и методы**

Для достижения цели и задач в ходе полевых работ проводился отбор почвенных проб придорожных зон в летние периоды 2020–2021 гг. Выбор мест отбора определялся близостью объектов дорожно-транспортной инфраструктуры.

Методика отбора и подготовки проб для химического анализа проводилась в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02–84<sup>1</sup>, ГОСТ 17.4.4.02–2017<sup>2</sup>.

Всего по Калининскому административному округу г. Тюмени обследованы 7 участков вблизи перекрестков автомобильных улиц (Тюменская кольцевая автомобильная дорога и ул. Авторемонтная; Тюменская кольцевая автомобильная дорога и проезд Воронинские горки; ул. Ставропольская и ул. Червишевский тракт; ул. Червишевский тракт, ул. Рабочая, ул. Зои Космедемьянской; ул. Московский тракт и ул. Магнитогорская; ул. Интернациональная и ул. Амурская) и 10 в районе автомобильных заправочных станций («Новый поток» возле экологического парка «Затюменский»; «Лукойл» на ул. Авторемонтная;

<sup>1</sup> ГОСТ 17.4.4.02–84 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. Введен в действие 01.01.1986. М., 1985.

<sup>2</sup> ГОСТ 17.4.4.02–2017 «Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа». М., 2018.

«Н-1» на ул. Институтская; «Газпромнефть» на ул. Барнаульская; «Мечта» на ул. Чернышевского; «Новый поток» на ул. Клары Цеткин; «Лукойл» на пересечении ул. 50 лет ВЛКСМ и ул. Холодильная; «Н-1» на ул. Амурская; «ТПК газ» возле ЖК «Плеханово» на Тюменской кольцевой автомобильной дороге; «Лукойл» между Московским и Червишевским трактами).

Отбор образцов ( $n = 85$ ) осуществлялся на глубине 0–20 см на расстоянии 5 м от дорожного полотна в тихую, безветренную погоду.

Определение тяжелых металлов (валовое содержание и подвижные формы кадмия, меди, цинка, свинца) и нефтепродуктов проводили в аккредитованной лаборатории ООО «Западно-Сибирский экологический центр» методом атомно-абсорбционной спектроскопии (тяжелые металлы), флуориметрическим методом<sup>3</sup>.

Интенсивность автотранспортного движения на исследуемых участках (вблизи перекрестков) Калининского административного округа города Тюмени определяли в утренние, дневные и вечерние часы в летний период 2020 и 2021 гг. в соответствии с ГОСТ 32965–2014 «Методы учета интенсивности движения транспортного потока»<sup>4</sup>.

Полученные данные обрабатывались статистически посредством программного комплекса Microsoft Excel.

## Результаты и обсуждение

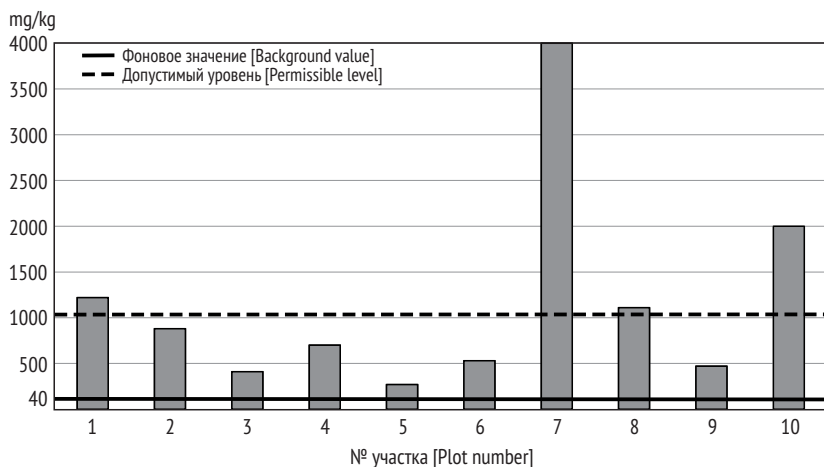
Значительным источником загрязнения почв нефтепродуктами являются автозаправочные станции. На рис. 1 представлено содержание нефтепродуктов в почвах, отобранных вблизи АЗС в Калининском административном округе Тюмени.

Во всех исследуемых образцах почвы отмечены превышения по сравнению с фоном. При значении фоновой концентрации нефтепродуктов в почве (40 мг/кг)<sup>5</sup> уровень этих экотоксикантов в исследуемых пробах превышен в 7–100 раз.

<sup>3</sup> М-МВИ 80–2008. Методика выполнения измерений массовой доли элементов в пробах почв, грунтов и донных отложениях методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектроскопии. СПб., 2008; ПНДФ 16.1:2.2.22–98. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в минеральных, органических, органо-минеральных почвах и донных отложениях методом ИК-спектроскопии. М., 1998; Количественный химический анализ почв и отходов. Методика измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02» (М 03-03–2012).

<sup>4</sup> ГОСТ 32965–2014 «Методы учета интенсивности движения транспортного потока». М., 2019.

<sup>5</sup> Определение валового содержания нефтепродуктов в пробах почвы методом ИКС. Методика выполнения измерений. РД 52.18.575–96 Методические указания. М., 1999.



**Рис. 1.** Содержание нефтепродуктов на почвах придорожных территорий, пробы взяты вблизи АЗС

**Fig. 1.** Petroleum product content sampled near petrol stations in roadside soils

В результате исследования определена степень загрязнения почвы нефтепродуктами в соответствии с классификацией показателей уровня загрязнения в зависимости от содержания нефтепродуктов<sup>6</sup>. Содержание нефтепродуктов в почве участков № 2–6 и 9 соответствуют допустимому уровню загрязнения (менее 1000 мг/кг). Почвы участков № 1, 8, 10 обладают низким уровнем загрязнения (1000–2000 мг/кг), а в районе АЗС «Лукойл» между ул. 50 лет ВЛКСМ и ул. Холодильная (участок № 7) – высоким уровнем загрязнения (3000–5000 мг/кг).

Таким образом, установлено превышение фона и допустимых значений содержания нефтепродуктов в районе АЗС Калининского административного округа Тюмени. Содержание нефтепродуктов варьирует от 410 до 4000 мг/кг, что превышает уровень фона в 10–100 раз, 40% проб превышают допустимый уровень.

В ряде исследований указано, что возможно загрязнение почв городских придорожных территорий кадмием, медью, цинком, свинцом [Шигабаева, 2015; Ловинецкая, 2019]. Нами также были проведены исследования почвы по этим показателям.

<sup>6</sup> Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами. М., 1993.

Содержание кадмия (валовое и подвижной формы) в почвах придорожных территорий в районе АЗС представлено в табл. 1.

Таблица 1

**Валовое содержание и содержание подвижной формы кадмия  
в почвах придорожных территорий  
(пробы отобраны в районе АЗС)  
[Gross and mobile cadmium content in roadside soils sampled  
in the vicinity of the petrol stations]**

№ участка [Plot number]	Содержание кадмия [Cd content]	
	Валовая форма, мг/кг* [Gross form, mg/kg <sup>*</sup> ]	Подвижная форма, мг/кг** [Mobile form, mg/kg <sup>**</sup> ]
1	1,40	0,050
2	4,30	0,050
3	3,10	0,500
4	0,89	0,050
5	1,80	0,050
6	1,60	0,050
7	3,50	0,050
8	7,40	0,074
9	3,20	0,050
10	4,80	0,050

\* Ориентировочно допустимая концентрация – 1,0 мг/кг.

\*\* Ориентировочно допустимая концентрация – 0,5 мг/кг.

[\* Approximate permissible concentration – 1.0 mg/kg.

\*\* Maximum Permissible Concentration – 0.5 mg/kg.]

Содержание кадмия в почвах, отобранных в зоне влияния АЗС, составляет от 0,89 до 7,4 мг/кг. Согласно законодательным документам, в качестве норматива по валовому содержанию кадмия принимают ориентировочно допустимую концентрацию (ОДК), равную 1,0 мг/кг<sup>7</sup>. Наблюдается превышение показателя валового содержания кадмия

<sup>7</sup> Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. М., 2009.



в 9 из 10 исследуемых пробах (от 1,4 до 7,9 ОДК соответственно), в то время как на участке № 4 содержание кадмия не превышает норматив (АЗС «Газпромнефть» на ул. Барнаульская). Таким образом, установлено, что в 90% исследуемых проб отмечены превышения значения валового содержания кадмия в зоне влияния АЗС.

Содержание подвижной формы кадмия в почвах варьирует от 0,05 до 0,5 мг/кг. Среднее значение показателя подвижной формы кадмия по АЗС 0,09 мг/кг.

В табл. 2 представлены данные по содержанию меди в почвах исследуемых территорий.

Таблица 2

**Валовое содержание  
и содержание подвижной формы меди в почве  
(пробы отобраны вблизи АЗС)  
[Gross and mobile Cu content in roadside soils sampled  
in the vicinity of the petrol stations]**

№ участка [Plot number]	Содержание меди [Cu content]	
	Валовая форма, мг/кг* [Gross form, mg/kg*]	Подвижная форма, мг/кг** [Mobile form, mg/kg**]
1	12,1	0,5
2	8,6	0,5
3	8,1	0,5
4	10,1	0,5
5	8,1	0,5
6	8,2	0,5
7	8,6	0,5
8	8,5	0,5
9	8,8	0,5
10	8,9	0,5

\* Ориентировочно допустимая концентрация 66,0 мг/кг.

\*\* Предельно допустимая концентрация 3,0 мг/кг.

[\* Approximate permissible concentration 66.0 mg/kg.

\*\* Maximum Permissible Concentration 3.0 mg/kg.]

Результаты проведенных исследований показывают отсутствие превышений норматива валового содержания меди в образцах почвы вблизи АЗС. При ОДК, равной 66 мг/кг<sup>8</sup>, уровень валового содержания меди составляет 0,1–0,2 ОДК. Среди исследованных почв возле автозаправочных станций наибольшее содержание меди на участке № 1 (АЗС в районе экологического парка «Затюменский») со значением 12,1 мг/кг, минимальное – в точке № 5 (АЗС «Мечта»), со значением 8,1 мг/кг. Среднее валовое содержание меди – 9 мг/кг.

Содержание подвижной формы меди во всех пробах не превышает 0,5 мг/кг, это свидетельствует об отсутствии превышения ПДК, которое составляет 3 мг/кг.

В табл. 3 представлены результаты исследования содержания валового и подвижной формы цинка в почвах, отобранных вблизи АЗС.

По результатам исследований валовое содержание цинка не превышает нормативы (ОДК 110 мг/кг<sup>9</sup>). В данном случае превышение нормативов содержания подвижной формы цинка в почвах отсутствуют (0,1–0,7 ОДК). Среднее валовое содержание цинка – 49,5 мг/кг.

При ПДК подвижной формы цинка 23,0 мг/кг<sup>10</sup> на участке № 1 (АЗС «Новый поток» возле экологического парка «Затюменский») отмечается содержание цинка, равное ПДК, на остальных участках нормативы не превышены.

Таким образом, отмечается отсутствие превышений нормативов по валовому содержанию и по подвижной форме цинка в точках отбора почв придорожных территорий в зоне влияния АЗС.

Не менее важным с позиции оценки качества почв является определение содержания свинца (табл. 4).

Превышения по ПДК (32 мг/кг) валового содержания свинца в почвах придорожных территорий не отмечены.

При ПДК 6 мг/кг подвижной формы свинца в почвах, отобранных в районе АЗС, превышение норматива не отмечается. Среднее содержание подвижной формы свинца в пробах составляет 1,4 мг/кг.

Таким образом, превышений по валовому содержанию и по подвижной форме содержания свинца в отобранных пробах не отмечается.

<sup>8</sup> Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. М., 2009.

<sup>9</sup> Там же.

<sup>10</sup> Санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Постановление Роспотребнадзора от 28.01.2021 г. № 2.

**Валовое содержание и содержание подвижной формы цинка  
в почве (пробы отобраны вблизи АЗС)  
[Gross and mobile Zn content in roadside soils sampled  
in the vicinity of the petrol stations]**

№ участка [Plot number]	Содержание цинка [Zn content]	
	Валовая форма, мг/кг* [Gross form, mg/kg*]	Подвижная форма, мг/кг** [Mobile form, mg/kg**]
1	77,0	23,00
2	49,0	5,70
3	46,0	4,90
4	10,6	1,06
5	16,0	1,60
6	74,0	20,00
7	55,0	5,60
8	61,0	6,50
9	34,0	3,60
10	73,0	7,70

\* Ориентировочно допустимая концентрация 110,0 мг/кг.

\*\* Предельно допустимая концентрация 23,0 мг/кг.

[\* Approximate permissible concentration 110.0 mg/kg.

\*\* Maximum Permissible Concentration 23.0 mg/kg.]

В целом анализ содержания тяжелых металлов в пробах, отобранных в районе десяти АЗС, показал отсутствие превышений нормативных показателей по меди, цинку, свинцу, однако по валовому содержанию кадмия и нефтепродуктов установлено превышение нормативов соответственно в 90 и 40% случаев.

Исследованиями показано, что почвы вблизи перекрестков отличаются повышенным содержанием экотоксикантов [Синцов, Бармин, 2011]. В нашей работе представлены результаты определения содержания нефтепродуктов и тяжелых металлов в почвах, отобранных вблизи семи перекрестков Калининского административного округа города Тюмени с различной интенсивностью движения (рис. 2, табл. 5, 6).

Таблица 4

**Валовое содержание и содержание подвижной формы свинца  
в почве (пробы отобраны вблизи АЗС)  
[Gross and mobile Pb content in roadside soils sampled  
in the vicinity of the petrol stations]**

№ участка [Plot number]	Содержание свинца [Pb content]	
	Валовая форма, мг/кг* [Gross form, mg/kg*]	Подвижная форма, мг/кг** [Mobile form, mg/kg**]
1	8,9	1,30
2	12,1	1,23
3	6,5	2,30
4	8,7	1,50
5	1,6	1,22
6	3,4	1,25
7	8,3	1,40
8	5,1	0,79
9	18,0	1,04
10	19,0	1,60

\* Предельно допустимая концентрация 32,0 мг/кг.

\*\* Предельно допустимая концентрация 6,0 мг/кг.

[\* Maximum Permissible Concentration 32.0 mg/kg.

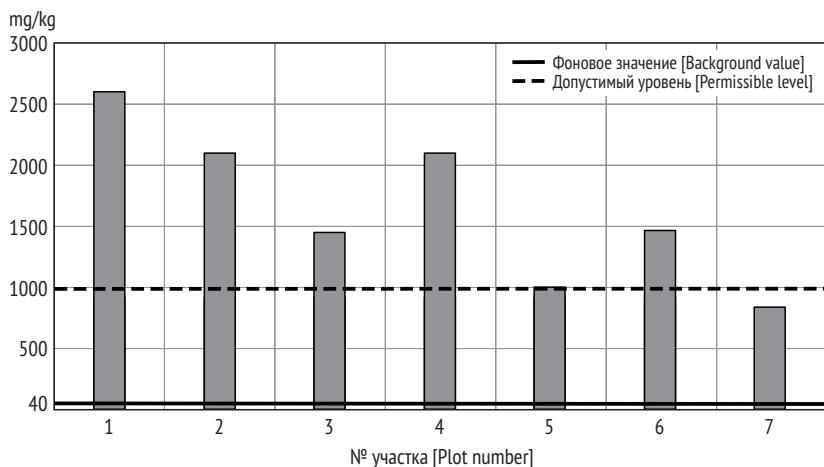
\*\* Maximum Permissible Concentration 6.0 mg/kg.]

На рис. 2 представлено содержание нефтепродуктов в почвах придорожных зон вблизи перекрестков. По результатам лабораторных исследований отмечены превышения по допустимому уровню загрязнения почв по нефтепродуктам на участках 1–6.

Содержание нефтепродуктов исследуемых перекрестков превышают фон в 21–65 раз. Среднее значение содержания нефтепродуктов в обследуемых участках равно 1652 мг/кг.

Таким образом, установлено превышение уровня фона и допустимых значений содержания нефтепродуктов вблизи перекрестков. Содержание нефтепродуктов составляет от 840 до 2600 мг/кг, при этом все значения превышают фон, а 85% проб – допустимый уровень.

В табл. 5 представлены данные по валовому содержанию тяжелых металлов в почвах придорожных территорий вблизи автомобильных перекрестков.



**Рис. 2.** Содержание нефтепродуктов в образцах почв придорожных территорий вблизи автомобильных перекрестков

**Fig. 2.** Petroleum product content in roadside soil samples near road crossings

Таблица 5

**Валовое содержание тяжелых металлов в почвах придорожных территорий вблизи автомобильных перекрестков [Gross heavy metal content in soils of roadside areas near road crossings]**

№ участка [Plot number]	Содержание валовой формы, мг/кг [Gross form content, mg/kg]			
	Cd	Cu	Zn	Pb
1	1,60	8,7	63,0	8,6
2	4,40	8,2	78,0	20,0
3	3,00	7,1	12,0	18,0
4	1,70	8,0	76,0	5,1
5	0,81	9,1	11,3	36,0
6	0,84	8,3	68,0	5,6
7	1,31	6,3	17,0	5,3

Ориентировочно допустимая концентрация для кадмия 1,0 мг/кг, для меди 66,0 мг/кг, для цинка 110,0 мг/кг, предельно допустимая концентрация для свинца 32,0 мг/кг.

[Approximate permissible concentration for Cd is 1.0 mg/kg, for Cu is 66.0 mg/kg, for Zn is 110.0 mg/kg, the maximum permissible concentration for Pb is 32.0 mg/kg.]

Валовое содержание меди в почвах исследуемых перекрестков не превышает норматив и изменяется от 6,3 до 9,1 мг/кг соответственно. Среднее значение составляет 8 мг/кг.

Превышение норматива валового содержания по цинку не установлено и составляет 11,3–78 мг/кг, при среднем значении 46,5 мг/кг.

Установлено отсутствие превышения норматива валового содержания свинца. Среднее содержание свинца составляет 14,1 мг/кг.

Таким образом, значения валового содержания меди, цинка, свинца вблизи автомобильных перекрестков не превышают нормативы. В 71% проб значения кадмия превышают норматив.

В табл. 6 представлено содержание подвижной формы тяжелых металлов в образцах почв, отобранных на участках вблизи перекрестков.

Таблица 6

**Содержание подвижной формы тяжелых металлов в почвах придорожных территорий вблизи автомобильных перекрестков  
[Mobile form heavy metal content in soils of roadside areas near road crossings]**

№ участка [Plot number]	Содержание подвижной формы, мг/кг [Mobile form, mg/kg]			
	Cd	Cu	Zn	Pb
1	0,05	0,5	6,6	2
2	0,05	0,5	8,2	2,2
3	0,05	0,5	1,2	3,6
4	0,05	0,5	7,6	1,25
5	0,05	0,5	1,13	2,4
6	0,05	0,5	11,1	1,02
7	0,05	0,5	1,7	1,7

Ориентировочно допустимая концентрация для кадмия 0,5 мг, предельно допустимая концентрация для меди 3 мг/кг, для цинка 23,0 мг/кг, для свинца 6,0 мг/кг.

[Approximate permissible concentration for Cd is 0.5 mg/kg, the maximum permissible concentration for Cu is 3.0 mg/kg, for Zn is 23.0 mg/kg, for Pb is 6.0 mg/kg.]

Превышение содержания подвижной формы кадмия в исследуемых пробах соответствует нормативу и равно 0,05 мг/кг. Содержание подвижной формы меди не превышает норматив, среднее значение составляет 0,5 мг/кг. Превышения ПДК подвижной формы цинка не отмечено. Содержание изменяется от 1,13 до 11,1 мг/кг.

Превышений значений ПДК подвижной формы свинца в пробах также не отмечено, его содержание изменяется от 1,7 до 3,6 мг/кг. Отсутствие превышения значений свинца, возможно, обусловлено отказом от использования в автомобильном топливе в качестве присадки соединений свинца, использование которых прекращено в 2003 г<sup>11</sup>.

Таким образом, в исследуемых пробах, отобранных вблизи перекрестков, отмечены превышения значений допустимого уровня нефтепродуктов в 85% проб. В 71% проб значения валового содержания кадмия превышают норматив. Превышений значений подвижной формы тяжелых металлов не отмечено.

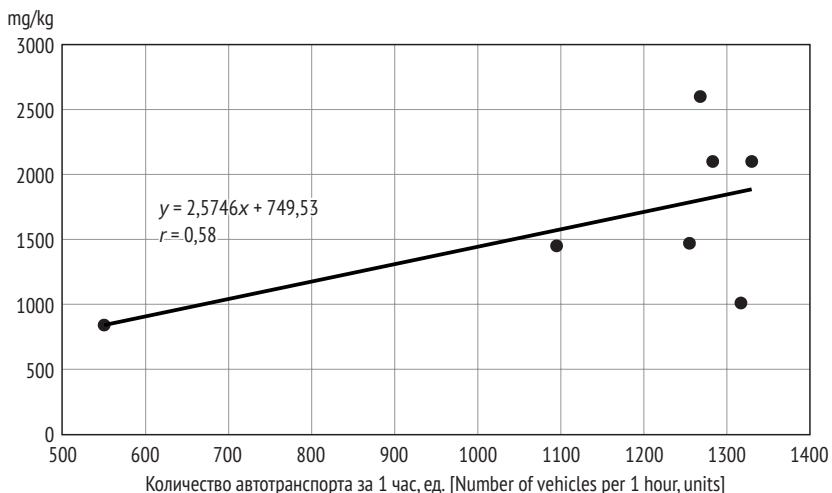
В рамках данного исследования рассчитана интенсивность автотранспортного потока вблизи перекрестков. Исходными данными стали усредненные значения по учету автотранспортных средств за 1 час в утренний, дневной, вечерний режимы дня в летний период 2021 г. на семи перекрестках Калининского административного округа города Тюмени:

- 1) Тюменская кольцевая автомобильная дорога и ул. Авторемонтная – 1268 ед.;
- 2) Тюменская кольцевая автомобильная дорога и проезд Воронинские горки – 1330 ед.;
- 3) автотранспортное кольцо пересечений ул. Ямской, Белинского, Таврической – 1095 ед.;
- 4) ул. Ставропольская и Червишевский тракт – 1283 ед.;
- 5) ул. Червишевский тракт, ул. Рабочая, ул. Зои Космодемьянской – 1317 ед.;
- 6) Московский тракт и ул. Магнитогорская – 1255 ед.;
- 7) ул. Интернациональная и ул. Амурская – 550 ед.

В рамках исследования рассчитаны коэффициенты корреляции между интенсивностью автотранспортного потока и содержанием тяжелых металлов и нефтепродуктов в почвах придорожных территорий вблизи перекрестков (рис. 3–6).

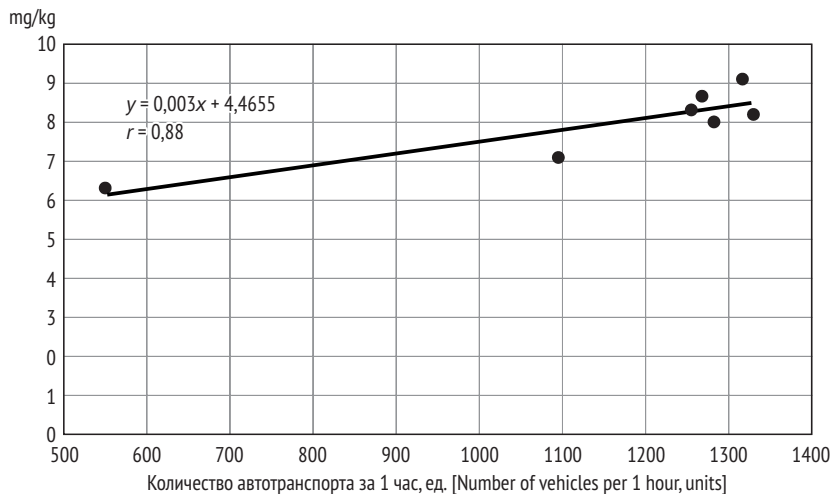
В ходе анализа отмечается положительная связь между количеством автотранспорта и содержанием нефтепродуктов тяжелых металлов. Наши исследования согласуются с рядом работ [Автотранспортное загрязнение..., 1999; Синцов, Бармин, 2011 и др.], которые также отмечают роль автомобильного транспорта в накоплении экотоксикантов. Интенсивность автотранспортного потока имеет тесную взаимосвязь с накоплением меди ( $r = 0,88$ ), нефтепродуктов ( $r = 0,58$ ) и цинка

<sup>11</sup> Федеральный закон «О запрете производства и оборота этилированного автомобильного бензина в Российской Федерации» от 22.03.2003 № 34-ФЗ.



**Рис. 3.** Зависимость между интенсивностью автотранспортного потока и содержанием нефтепродуктов в почвах вблизи перекрестков

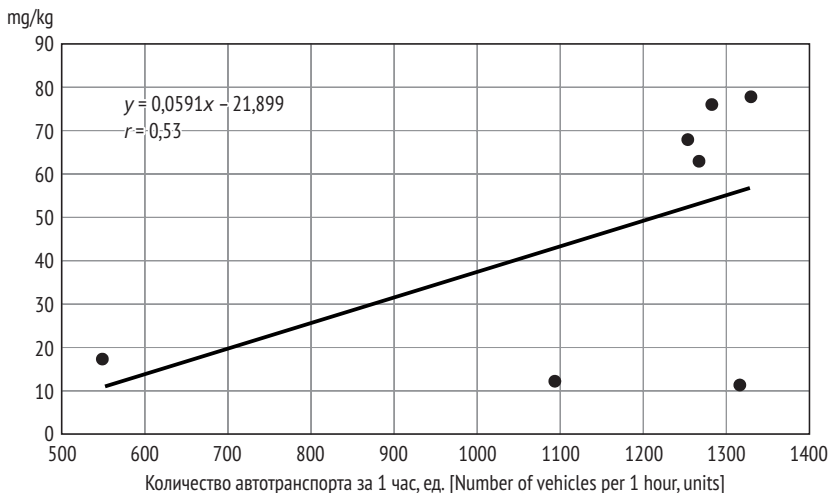
**Fig. 3.** Relationship between the intensity of motor traffic flow and the content of oil products in soils near intersections



**Рис. 4.** Зависимость между интенсивностью автотранспортного потока и валовым содержанием меди в почвах вблизи перекрестков

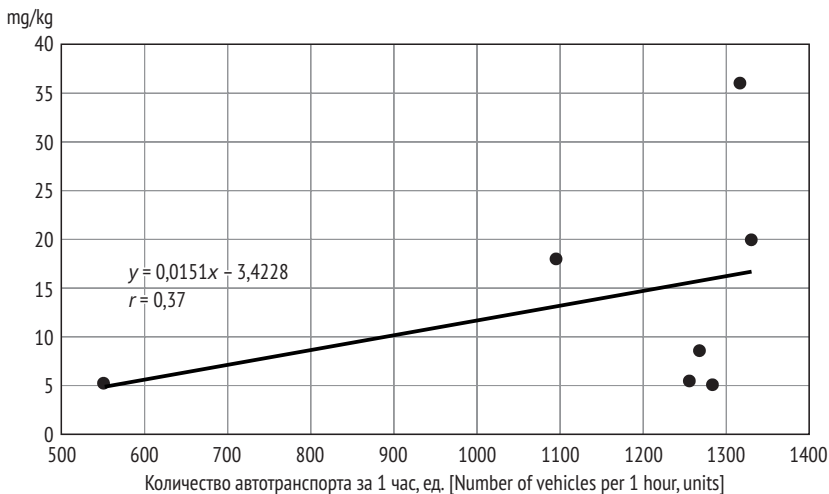
**Fig. 4.** Relationship between traffic intensity and gross Cu content in soils near intersection





**Рис. 5.** Зависимость между интенсивностью автотранспортного потока и валовым содержанием цинка в почвах вблизи перекрестков

**Fig. 5.** Relationship between traffic intensity and gross Zn copper content in soils near intersection



**Рис. 6.** Зависимость между интенсивностью автотранспортного потока и валовым содержанием свинца в почвах вблизи перекрестков

**Fig. 6.** Relationship between traffic intensity and gross Pb content in soils near intersection

( $r = 0,53$ ). Наименее достоверное влияние интенсивность движения автотранспорта оказывает на содержание свинца в почвах придорожных зон. Не установлена зависимость с кадмием.

## Выводы

1. По обобщенным данным содержание нефтепродуктов вблизи исследуемых автомобильных перекрестков Тюмени выше, чем в районе АЗС в среднем на 30%. Валовое содержание свинца в почвах на территории перекрестков выше, чем в почвах в зоне влияния АЗС в среднем на 64%. Напротив, валовое содержание кадмия, меди и цинка вблизи автомобильных перекрестков ниже, чем в зоне влияния АЗС.

2. Установлено отсутствие превышения нормативов содержания валового и подвижной формы тяжелых металлов, за исключением кадмия, в пробах, отобранных вблизи АЗС и автомобильных перекрестков.

3. Зависимости между интенсивностью автомобильного потока прямые; характеризуются коэффициентами корреляции от 0,37 до 0,88. Наиболее тесная взаимосвязь установлена между интенсивностью автомобильного потока и уровнем накопления меди.

## Библиографический список / References

Автотранспортное загрязнение придорожных территорий / Подольский В.П., Артюхов В.Г., Турбин В.С., Канищев А.Н. Воронеж, 1999. [Podolskii V.P., Artyukhov V.G., Turbin V.S., Kanishchev A.N. Avtotransportnoe zagryaznenie pridorozhnykh territorii [Motor transport pollution of roadside areas]. Voronezh, 1999.]

Бышевская В.А Трансформация придорожных геосистем Смоленской области // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2013. № 1. С. 8–13. [Byshevskaya A.V. The transformation of roadside geosystems of the Smolensk region under the impact of motor transport complex. *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Natural and Medical Sciences*. 2013. Vol. 1. Pp. 8–13. (In Rus.)]

Васильченко А.В., Галактионова Л.В. Оценка токсического загрязнения почв нефтепродуктами в результате деятельности автозаправочных станций с использованием метода биотестирования // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2 (Ч. 2). С. 242–250. [Vasilchenko A.V., Galaktionova L.V. Assessment of toxic pollution soil resulting from oil petrol stations using the method of bioassay. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2015. No. 2-2. Pp. 242–250. (In Rus.)]

Гелашвили Б.Д., Копосов Е.В., Лаптев А.В. Экология Нижнего Новгорода // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2008. С. 820–823. [Gelashvili D.B., Koposov E.V., Laptev A.V. Ecology of Nizhny Novgorod. *Izvestia RAS SamSC*. 2008. Pp. 820–823. (In Rus.)]

Ловинецкая С.Б. Эколого-биологическая оценка содержания нефтепродуктов в почвах придорожных территорий и возможность их ремедиации: Дис. ... канд. биол. наук. Тюмень, 2019. [Lovinetskaya S.B. Ekologo-biologicheskaya otsenka soderzhaniya nefteproduktov v pochvakh pridorozhnykh territorii i vozmozhnost ikh remediatsii [Ecological and biological assessment of petroleum products in roadsides oils and the possibility of remediation]. PhD dis. Tyumen, 2019.]

Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Промышленно-транспортная экология. М., 2001. [Lukanin V.N., Trofimenko Yu.V. Promyshlennno-transportnaya ekologiya [Industrial and transport ecology]. Moscow, 2001.]

Свистова И.Д., Корецкая И.И., Щербаков А.П. Микробомониторинг автотранспортного загрязнения чернозема в разных типах придорожных экосистем // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2005. С. 107–114. [Svistova I.D., Koretskaya I.I., Shcherbakov A.P. Microbiological monitoring of road pollution of chernozem in different types of roadside ecosystems. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geocology.* 2005. No. 2. Pp. 107–114. (In Rus.)]

Синцов А.В., Бармин А.Н. Современная классификация почвенного покрова городских территорий // Геология, география и глобальная энергия. 2011. С. 149–155. [Sintsov A.V., Barmin A.N. Modern classification of the soil cover of urban areas. *Geology, Geography and Global Energy.* 2011. No. 3. Pp. 149–155. (In Rus.)]

Чигринева Н.А. Экологическая оценка содержания нефтепродуктов в почве // Современные научные исследования и инновации. 2017. № 3. С. 31–35. [Chigrineva N.A. Environmental assessment of oil products in the soil. *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovatsii.* 2017. No. 3. Pp. 31–35. (In Rus.)]

Шигабаева Г.Н. Тяжелые металлы в почвах некоторых районов г. Тюмени // Вестник ТюмГУ. Экология и природопользование. 2015. № 2 (2). С. 92–102. [Shigabaeva G.N. A heavy metals in soils of several districts of Tyumen. *Tyumen State University Herald. Natural Resource Use and Ecology.* 2015. No. 2 (2). Pp. 92–102. (In Rus.)]

Статья поступила в редакцию 24.11.2022, принята к публикации 29.12.2022  
The article was received on 24.11.2022, accepted for publication 29.12.2022

## Сведения об авторах / About the authors

**Синдирева Анна Владимировна** – доктор биологических наук; заведующая кафедрой геоэкологии и природопользования Института наук о Земле, Тюменский государственный университет

**Anna V. Sindireva** – Dr. Hab. (Biology); Head at the Department of Geoecology and Nature Management of the Institute of Earth Sciences, Tyumen State University

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8596-7584>

E-mail: [a.v.sindireva@utmn.ru](mailto:a.v.sindireva@utmn.ru)

**Терентьев Глеб Робертович** – аспирант кафедры геоэкологии и природопользования Института наук о Земле; Тюменский государственный университет

**Gleb R. Terentev** – postgraduate student at the Department of Geoecology and Nature Management of the Institute of Earth Sciences, Tyumen State University

E-mail: gleb-mamleev@yandex.ru

#### Заявленный вклад авторов

**А.В. Синдирева** – научное руководство исследованием, интерпретация результатов, подготовка текста статьи

**Г.Р. Терентьев** – сбор полевого материала, интерпретация результатов, статистическая обработка данных, подготовка текста статьи

#### Contribution of the authors

**A.V. Sindireva** – scientific management of the study, interpretation of the results, preparation of the text of the article

**G.R. Terentev** – collection of field material, interpretation of results, statistical processing of data, preparation of the text of the article

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи  
All authors have read and approved the final manuscript