

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ АВТОТРАНСПОРТА НА ЭКОТОКСИЧНОСТЬ УРБОЗЕМОВ  
г. КРАСНОЯРСКА

E.N. Eskova

## ASSESSMENT OF THE IMPACT OF VEHICLES ON URBOZEM ECOTOXICITY OF KRASNOYARSK

**Еськова Е.Н.** – канд. биол. наук, доц., зав. каф. экологии и естествознания Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: nikeskov@mail.ru

**Eskova E.N.** – Cand. Biol. Sci., Assoc. Prof., Chair of Ecology and Natural Science, Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk. E-mail: nikeskov@mail.ru

Цель исследования – определение воздействия автотранспорта на экотоксичность урбоземов г. Красноярск методом фитотестирования. Исследования проводились в 2016 году на базе лаборатории кафедры экологии и естествознания Красноярского государственного аграрного университета. Изучалось влияние на интенсивность и состав автотранспортного потока временных и сезонных факторов. Образцы почвы отбирались в 15–20 м от кромки дороги (пр. Свободный и ул. Высотная) и в качестве контроля – в 200 м от дороги (микрорайон Ветлужанка). Почву отбирали с глубины 0–20 см. В качестве тест-организмов использовались: однодольное растение – пшеница мягкая яровая (*Triticum vulgare* L.), сорт Новосибирская 29 и двудольное растение – кресс-салат (*Lepidium sativum*), сорт Весеннее чудо. Экотоксичность урбоземов устанавливалась по значению индекса фитотоксичности. Полученные в ходе исследования данные показали, что вне зависимости от сезона года большую часть автотранспортного потока на пр. Свободный и ул. Высотной составляют легковые автомобили – от 79,5 до 85,1 %. Суммарная оценка загруженности магистральных улиц Октябрьского района автотранспортом оценивается как высокая. Установлено негативное воздействие городских почв на тест-культуры. Значительно снижаются энергия прорастания и всхожесть семян и размеры проростков по сравнению с контролем. Методом фитотестирования установлено, что урбоземы района исследований характеризуются средней степенью токсичности. Значе-

ния индексов фитотоксичности по кресс-салату, рассчитанные по разным тест-откликам, варьировали от 38,7 до 51,9 % для урбоземов с пр. Свободный и от 32,1 до 46,5 % – с ул. Высотная; по пшенице соответственно от 41,0 до 58,2 % и от 35,0 до 56,3 %.

**Ключевые слова:** автотранспорт, урбандшафты, урбоземы, экотоксичность, фитотестирование, тест-растения, индексы фитотоксичности.

The research objective was the definition of impact of motor transport on the ecotoxicity of urbozem of Krasnoyarsk by phytotesting method. The researches were conducted in 2016 on the basis of laboratory of the Department of Ecology and Natural Sciences of Krasnoyarsk State Agricultural University. The influence on the intensity and structure of motor transportation stream of temporary and seasonal factors was studied. The samples of the soil were selected in 15–20 m from a road edge (Ave. Free and Vysotnaya St.) and as control – in 200 m from the road (residential district of Vetluzhanka). The soil was selected from the depth of 0–20 cm. Monocotyledonous plant – spring soft wheat (*Triticum vulgare* L.), grade Novosibirsk 29 and two-submultiple plant – garden cress (*Lepidium sativum*), the grade Spring miracle were used as test organisms. Urbozem ecotoxicity was established on the value of phytotoxicity index. The data obtained during the research showed that regardless of the season of the year the most part of motor transportation stream on Svobodny Ave. and Vysotnaya St. was made by cars – from 79.5 to 85.1 %. The total score of load of the main streets of Oktyabrsky district by motor transport was found

as high. Negative impact of city soils on test cultures was established. The energy of germination and viability of seeds and the sizes of sprouts in comparison with control decreased considerably. By phytotesting method it was established that the urbozems of the area of researches were characterized by average degree of toxicity. The values of indexes of phytotoxicity on garden cress calculated on different test responses varied from 38.7 to 51.9 % for urbozem in Ave. Svobodny and from 32.1 to 46.5 % – in Vysotnaya St.; on wheat respectively from 41.0 to 58.2 % and from 35.0 to 56.3 %.

**Keywords:** motor transport, urbolandshafts, urbozems, ecotoxicity, phytotesting, test plants, phytotoxicity indexes.

**Введение.** Увеличение площади урбанизированных территорий является одним из проявлений антропогенного воздействия на природную среду. По прогнозам, к 2050 году ожидается увеличение городского населения планеты до 6,5 млрд. человек [1]. В нашей стране почти 73 % населения уже сосредоточено в городах [2]. Поэтому высокой актуальностью отличаются исследования по анализу экологического благополучия городов. Ведь это во многом определяет качество и продолжительность жизни населения.

Красноярск входит в первую десятку городов России по уровню загрязнения атмосферного воздуха. При этом не менее половины объема валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу приходится на автотранспорт. В урболандшафтах происходит интенсивная аккумуляция экотоксикантов. К магистральным улицам г. Красноярска относятся проспект Свободный и улица Высотная (Октябрьский район). Из всех видов антропогенного загрязнения здесь превалирует воздействие автотранспорта. Поэтому они и были выбраны в качестве районов исследования.

**Цель исследований.** Определить воздействие автотранспорта на экотоксичность урбоземов г. Красноярска.

**Задачи исследований:** оценить интенсивность движения автотранспорта в Октябрьском районе г. Красноярска; определить токсичность урбоземов методом фитотестирования.

**Методы исследований.** Исследования проводились в 2016 году на базе лаборатории кафедры экологии и естествознания Красноярского государственного аграрного университета. При изучении влияния на интенсивность и состав автотранспортного потока временных и сезонных факторов весь транспортный поток подразделялся на три группы – легковые автомобили, грузовые автомобили и автобусы [3]. Суммарная оценка загруженности улиц автотранспортом осуществлялась согласно ГОСТ 17.2.2.03-77.

Образцы почвы отбирались в 15–20 м от кромки дороги – пр. Свободный и ул. Высотная и в микрорайоне Ветлужанка – 200 м от дороги, в районе сельхозкомплекса (зона условно экологически безопасная, выступающая в качестве контроля). Отбор образцов производился согласно ГОСТ 17.4.301-83 по методу «конверта». Почву отбирали с глубины 0–20 см. В качестве тест-организмов использовались: однодольное растение – пшеница мягкая яровая (*Triticum vulgare L.*), сорт Новосибирская 29 и двудольное растение – кресс-салат (*Lepidium sativum*), сорт Весеннее чудо.

Всхожесть и энергия прорастания семян определялась согласно ГОСТ 12038-84. Экотоксичность урбоземов устанавливалась по значению индекса фитотоксичности [4]. Вначале индекс фитотоксичности рассчитывался по всем учитываемым параметрам тест-растений: энергия прорастания (ИФТ<sub>э</sub>); всхожесть семян (ИФТ<sub>в</sub>); длина стебля (ИФТ<sub>дс</sub>) и длина корня (ИФТ<sub>дк</sub>) – по формуле

$$\text{ИФТ} = (\text{ФТ}_0 / \text{ФТ}_к) \times 100\%, \quad (1)$$

где ФТ<sub>0</sub> – значение регистрируемого тест-отклика в опыте; ФТ<sub>к</sub> – в контроле.

Затем рассчитывали среднее значение индекса токсичности почв по формуле для отдельных видов тест-культур

$$\text{ИФТ}_{\text{среднее}} = (\text{ИФТ}_э + \text{ИФТ}_в + \text{ИФТ}_{дс} + \text{ИФТ}_{дк}) : 4, \quad (2)$$

где ИФТ<sub>э</sub>, ИФТ<sub>в</sub>, ИФТ<sub>дс</sub>, ИФТ<sub>дк</sub> – индексы токсичности, рассчитанные для каждой тест-функции; 4 – количество тест-откликов, действовавших в эксперименте для конкретно-

го пункта. А в завершении находили среднее ИФТ для обоих видов растений.

**Результаты исследований.** Полученные в ходе исследования данные показали, что вне зависимости от сезона года большую часть автотранспортного потока на пр. Свободный и ул. Высотной составляют легковые автомоби-

ли (табл. 1, рис. 1, 2). В течение года на их долю приходится от 81,6 до 85,1 % от всего транспортного потока на пр. Свободный и от 79,5 до 84,3% на ул. Высотной. Значительно меньше: грузовых автомобилей – 9,8–12,6 и 10,2–14,2 %; автобусов – 4,5–7,4 и 5,5–6,3 % соответственно.

Таблица 1

**Интенсивность и состав транспортного потока**

Показатель	Район исследования	Сезон года			
		Весна	Лето	Осень	Зима
Интенсивность движения, шт/сут	пр. Свободный	37848	48516	39452	32354
	ул. Высотная	41547	52524	44465	34251
Из них, %: легковые автомобили	пр. Свободный	84,3	85,1	82,5	81,6
	ул. Высотная	81,7	84,3	82,7	79,5
грузовые автомобили	пр. Свободный	9,8	10,4	12,1	12,6
	ул. Высотная	12,2	10,2	11,5	12,8
автобусы	пр. Свободный	5,9	4,5	5,4	5,8
	ул. Высотная	6,1	5,5	5,8	6,3

В целом среднесуточная интенсивность движения автотранспорта по проспекту Свободный составляет в зависимости от сезона года от 32,0 до 42,5 тыс. единиц, по ул. Высотная – от 34,3 до 52,5 тыс.шт. Наибольшая интенсивность движения отмечена в летний период. Так, на пр. Свободный данный показатель составляет 42516 ед/сут транспортных средств, что в 1,28 раза больше, чем весной, в 1,23 раза, чем осе-

ню, и в 1,5 раза больше, чем в зимний период. Полученный результат обусловлен увеличением грузо- и пассажиропотока в это время года. Особенно выросло летом количество легковых автомобилей. Их число по сравнению с зимними месяцами на пр. Свободный стало больше на 36,1 %, с весенними – на 22,7 %, на ул. Высотная данные показатели составляли соответственно 22,6 и 23,3 %.

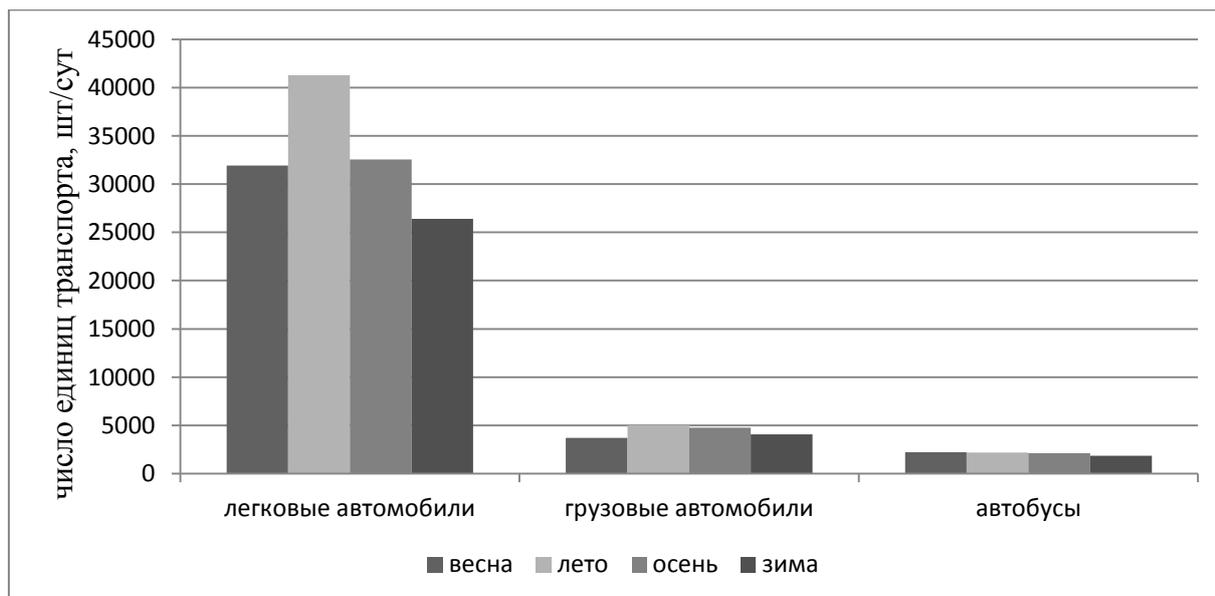


Рис. 1. Сезонная динамика среднесуточной интенсивности транспортного потока на пр. Свободный

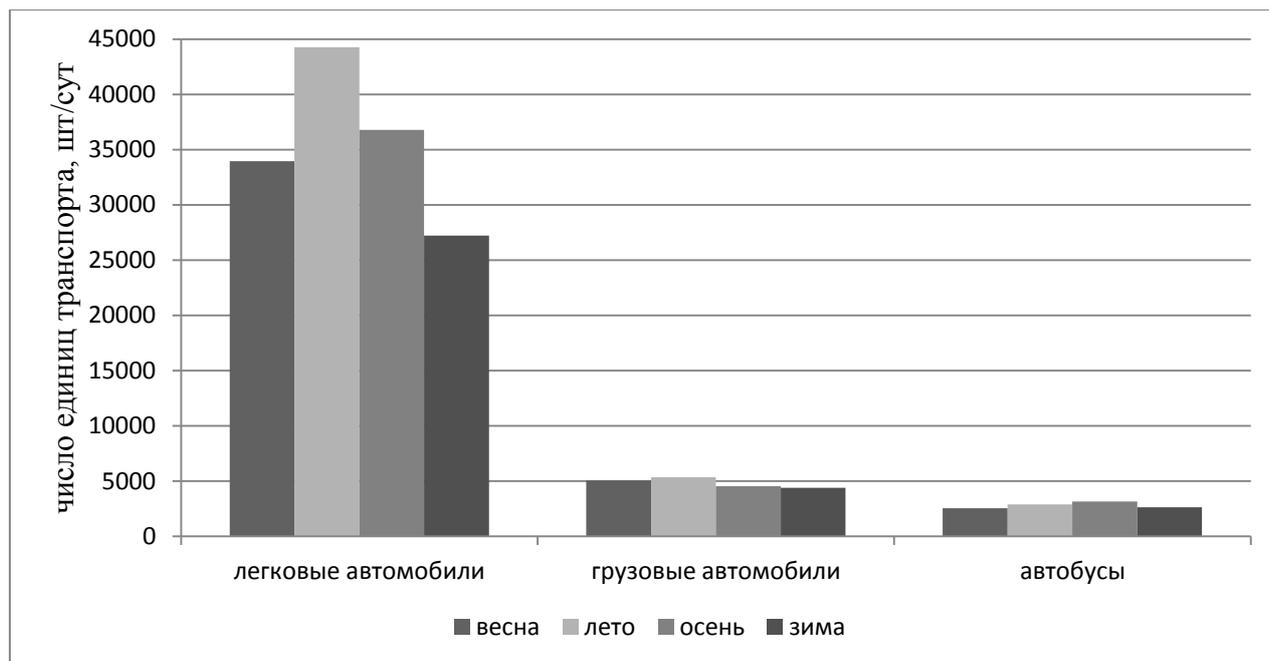


Рис. 2. Сезонная динамика среднесуточной интенсивности транспортного потока на ул. Высотная

В целом наибольшей транспортной загруженностью характеризовалась ул. Высотная в течение всего года. Например, в летние месяцы интенсивность транспортного потока здесь составляла 52,5 тыс/шт в сутки, что на 8,3 % (на 4,0 тыс/шт) больше данного показателя пр. Свободный.

При изучении суточной динамики интенсивности движения автотранспорта за 100 % принималось количество автомобилей в утренние часы: с 8 до 9 часов. Полученные данные отражены в таблицах 2 и 3.

Данные, полученные на ул. Высотная и пр. Свободный, по суточной интенсивности движения практически совпадают. Пики в интенсивности движения легкового транспорта

отмечаются в интервале с 18 до 19 часов вне зависимости от времени года (112,7–124,8% к утренней нагрузке на пр. Свободный и 114,6–121,8% на ул. Высотная). Увеличение интенсивности движения транспорта в этот период, по видимому, связано с активным перемещением населения от места работы домой.

Максимальное количество единиц грузового транспорта в течение года фиксируется в утренние часы (с 8 до 9), затем в течение суток число грузовиков в составе транспортного потока значительно уменьшается.

В интенсивности движения автобусов по пр. Свободный отмечено два пика: это с 13 до 14 часов и с 18 до 19 часов.

Таблица 2

**Суточная динамика интенсивности движения автотранспорта на пр. Свободный, %**

Сезон	Время	Вид автотранспорта		
		Легковые автомобили	Грузовые автомобили	Автобусы
1	2	3	4	5
Весна	8-9 часов	100	100	100
	13-14 часов	45,6	27,5	113,7
	18-19 часов	112,7	17,3	118,5
	23-24 часов	15,1	3,5	54,3

1	2	3	4	5
Лето	8-9 часов	100	100	100
	13-14 часов	58,9	26,8	125,1
	18-19 часов	115,6	13,5	111,2
	23-24 часа	23,5	1,2	57,3
Осень	8-9 часов	100	100	100
	13-14 часов	57,6	54,7	123,7
	18-19 часов	124,8	14,2	131,8
	23-24 часа	12,3	3,8	49,5
Зима	8-9 часов	100	100	100
	13-14 часов	48,9	46,8	117,5
	18-19 часов	114,7	34,7	116,8
	23-24 часа	3,8	0,8	51,8

Таблица 3

## Суточная динамика интенсивности движения автотранспорта на ул. Высотная, %

Сезон	Время	Вид автотранспорта		
		Легковые автомобили	Грузовые автомобили	Автобусы
Весна	8-9 часов	100	100	100
	13-14 часов	46,4	37,5	113,7
	18-19 часов	114,6	15,4	118,5
	23-24 часа	12,2	3,8	55,5
Лето	8-9 часов	100	100	100
	13-14 часов	61,4	25,3	122,1
	18-19 часов	115,1	19,5	117,2
	23-24 часа	25,5	2,2	59,6
Осень	8-9 часов	100	100	100
	13-14 часов	59,2	52,3	123,2
	18-19 часов	121,8	19,1	133,3
	23-24 часа	14,3	3,3	47,5
Зима	8-9 часов	100	100	100
	13-14 часов	48,2	48,8	115,5
	18-19 часов	117,7	23,7	112,8
	23-24 часа	3,1	0,5	54,4

Суммарная оценка загруженности магистральных улиц Октябрьского района автотранспортом, в соответствии с ГОСТ 17.2.2.03-77, оценивается как высокая.

Почвенный покров, являясь одним из основных компонентов городской среды, выполняет важнейшие функции для поддержания гомеостаза урбозкосистем [5]. Для характеристики экологического состояния почв, помимо физических и агрохимических показателей, большое значение имеет оценка степени их

токсичности для растений. Поэтому нами были проведены исследования по оценке антропогенного загрязнения почвенного покрова в районе пр. Свободный и ул. Высотная методом фитотестирования.

Полученные результаты свидетельствуют о негативном влиянии почвы с пр. Свободный и ул. Высотная на тест-культуры. Так, у *Lepidium sativum* L., выращиваемой на почве с пр. Свободный, по сравнению с контролем снижение энергии прорастания составляло 43,9 абс.%

(в 1,9 раза), лабораторной всхожести – на 51,2 абс.% (в 2,3 раза),  $p < 0,01$ . Еще большее угнетение наблюдалось в варианте с почвенными образцами с ул. Высотная: на 48,8 и 54,4 % соответственно.

Семена пшеницы оказались менее чувствительными к почвенному загрязнению. Снижение энергии прорастания в опытных вариантах составляло 34,5 и 36,0 %, а всхожесть была ниже на 43,8 и 47,3 %.

При анализе морфометрических показателей проростков *Lepidium sativum* L. также отмечалось достоверное ( $p < 0,01$ ) угнетение таких тест-функций в опытных вариантах, как длина ростков и длина корней (табл. 4). Так, длина ростков у растений кресс-салата, выращенных на опытных образцах, была ниже по сравнению с контролем на 25,1–29,3 мм, или на 60,0–65,3 %, а длина корней – на 27,3 мм (61,3–67,9%).

Таблица 4

#### Морфометрические показатели *Lepidium sativum* L., мм

Район исследований	Длина проростков	Разница с контролем	Длина корней	Разница с контролем
Ветлужанка (контроль)	41,8±2,07	-	44,5±1,59	-
пр. Свободный	16,7±1,81	25,1	17,2±1,23	27,3
ул. Высотная	14,5±1,03	29,3	14,3±1,45	30,2

В исследованиях, где в качестве тест-растения использовалась *Triticum vulgare* L., наибольший отрицательный эффект проявился на корнях растений. Они были короче корней проростков пшеницы из контрольной группы на 95,3–105,1 мм, или на 58,9–65,0 %.

На основании полученных данных по проращиванию семян кресс-салата и пшеницы были рассчитаны индексы фитотоксичности по каждой тест-функции (энергии прорастания ИФТ<sub>э</sub>, всхожести семян ИФТ<sub>в</sub>, длине ростков ИФТ<sub>др</sub> и корней ИФТ<sub>дк</sub>), а также среднее для всех параметров ИФТ<sub>среднее</sub>. Полученные данные отражены на диаграммах (рис. 3) и в таблице 5.

Значения индексов фитотоксичности по кресс-салату варьировали от 38,7 до 51,9 % – пр. Свободный и от 32,1 до 46,5 % – по ул. Вы-

сотная; по пшенице соответственно от 41,0 до 58,2 и от 35,0 до 56,3 %.

В целом следует отметить, что наиболее чутко реагировал на загрязнение почвы кресс-салат (двудольное растение), а из тест-функций – длина корней. Например, значение индекса фитотоксичности, рассчитанного по этому морфометрическому признаку у кресс-салата, свидетельствует о высокой токсичности почвенного покрова на пр. Свободный. Однако по показателю, рассчитанному как среднее между индексами фитотоксичности по четырем параметрам (ИФТ<sub>среднее</sub>), почвенный покров в районе проспекта Свободный может быть отнесен к группе средней токсичности как для культуры кресс-салата, так и для пшеницы.

Таблица 5

#### Экотоксикологическая оценка почвы по индексам фитотоксичности

Район исследований	ИФТ <sub>среднее</sub> <i>Lepidium sativum</i> L.	ИФТ <sub>среднее</sub> <i>Triticum vulgare</i> L.	ИФТ <sub>среднее</sub> по двум тест-культурам	Заключение по токсичности почвы
пр. Свободный	43,6	48,5	46,1	Средняя
ул. Высотная	38,3	44,7	41,5	Средняя

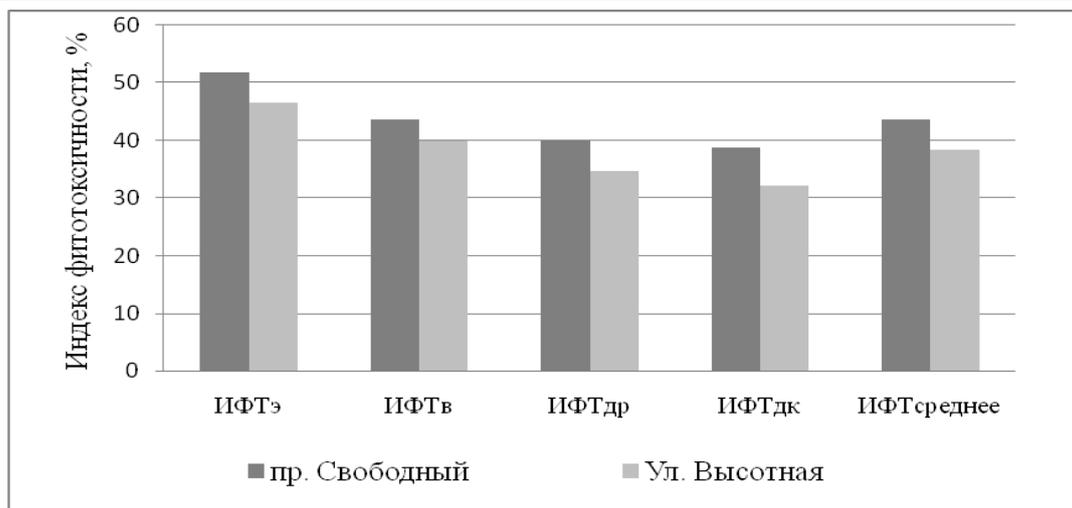


Рис. 3. Индексы фитотоксичности почвенных образцов по тест-параметрам *Lepidium sativum* L.

В завершение расчетов находили среднее между двумя ИФТ<sub>среднее</sub>, установленное для каждого вида тест-растения, и делали заключение о токсичности почвенного покрова. На основании полученных данных сделано следующее заключение: почвенный покров в районе ул. Высотная и пр. Свободный относится к группе средней токсичности.

**Заключение.** На основании проведенных исследований можно сделать вывод о высокой загруженности автотранспортом магистральных улиц Октябрьского района г. Красноярск. Среднесуточная интенсивность движения автомобилей составляет, в зависимости от сезона года, от 32,0 до 52,5 тыс.шт.

Методом фитотестирования установлено, что урбоземы района исследований характеризуются средней степенью токсичности.

#### Литература

1. Иванов К.С. Проблемы современной урбо-экологии. – М.: Изд-во ТГУ, 2015. – 145 с.
2. Дьяченко Г.И. Мониторинг окружающей среды. – Новосибирск, 2003. – 146 с.
3. Федорова А.И., Никольская А.Н. Автотранспорт – основной загрязнитель биосферы больших городов. Практикум по экологии и охране окружающей среды. – М.: ВЛАДОС, 2001. – 288 с.
4. Методика выполнения измерений всхожести семян и длины корней проростков

высших растений для определения токсичности техногенно-загрязненных почв / Л.П.Капелькина, Т.В.Бардина, Л.Г.Бакина [и др.]. – СПб.: Фор-а-принт, 2009. – 19 с.

5. Строганова М.Н., Мягкова А.Д., Прокофьева Т.В. Городские почвы: генезис, классификация, функции // Почва, город, экология: сб. ст. – М.: Изд-во Москов. ун-та, 1997. – С. 15–88.

#### Literatura

1. Ivanov K.S. Problemy sovremennoj urbojekologii. – M.: Izd-vo TGU, 2015. – 145 s.
2. D'jachenko G.I. Monitoring okruzhajushhej sredy. – Novosibirsk, 2003. – 146 s.
3. Fedorova A.I., Nikol'skaja A.N. Avtotransport – osnovnoj zagrjaznitel' biosfery bol'shix gorodov. Praktikum po jekologii i ohrane okruzhajushhej sredy. – M.: VLADOS, 2001. – 288 s.
4. Metodika vypolnenija izmerenij vshozhesti semjan i dliny kornej prorostkov vysshix rastenij dlja opredelenija toksichnosti tehnogenno-zagrjaznennyh pochv / L.P.Kapel'kina, T.V.Bardina, L.G.Bakina [i dr.]. – SPb.: Fora-print, 2009. – 19 s.
5. Stroganova M.N., Mjagkova A.D., Prokof'eva T.V. Gorodskie pochvy: genezis, klassifikacija, funkcii // Pochva, gorod, jekologija: sb. st. – M.: Izd-vo Moskov. un-ta, 1997. – S. 15–88.