



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2024. Т. 24, вып. 2. С. 101–106

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2024, vol. 24, iss. 2, pp. 101–106

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-2-101-106>, EDN: ZHAXKL

Научная статья

УДК [524.3-852(470.44)]



Анализ загрязнения снежного покрова пылью в Кировском районе г. Саратова

В. З. Макаров[✉], А. М. Неврюев

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Макаров Владимир Зиновьевич, доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой физической географии и ландшафтной экологии, декан географического факультета, makarovvz@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0505-5257>

Неврюев Александр Михайлович, заведующий учебно-научной лабораторией урбоэкологии и регионального анализа географического факультета, nevruiev5@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7985-8629>

Аннотация. В статье приведены результаты анализа загрязнения снегового покрова в разных частях Кировского района г. Саратова. Проведено сравнение полученных данных с показателями 1992 года. Была определена связь транспортных узлов с наиболее высокими значениями пылевой нагрузки и увеличением количества автомобилей. Выявлены современные пространственные и временные тенденции загрязнения снежного покрова. Нашел подтверждение факт, что наибольшая концентрация пыли в снежном покрове выявляется на участках с высокой транспортной нагрузкой. Определение взаимосвязи увеличения пылевой нагрузки на исследуемых участках и количества автомобилей во временном промежутке 30 лет подтверждает значительное влияние транспорта на экологическое состояние окружающей среды на урбанизированных территориях.

Ключевые слова: снеговой покров, пылевая нагрузка, транспортная нагрузка, экологическое состояние

Для цитирования: Макаров В. З., Неврюев А. М. Анализ загрязнения снежного покрова пылью в Кировском районе г. Саратова // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2024. Т. 24, вып. 2. С. 101–106. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-2-101-106>, EDN: ZHAXKL

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

Analysis of snow cover pollution by dust in the Kirovsky district of Saratov

V. Z. Makarov[✉], A. M. Nevruiev

Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

Vladimir Z. Makarov, makarovvz@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0505-5257>

Alexander M. Nevruiev, nevruiev5@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7985-8629>

Abstract. The article presents the results of an analysis of snow cover pollution in different parts of the Kirovsky district of Saratov. A comparison of the obtained data with the 1992 indicators was carried out. The connection between transport hubs with the highest dust load values and an increase in the number of cars was determined. Current spatial and temporal trends in snow cover pollution have been identified. The fact was confirmed that the highest concentration of dust in the snow cover is detected in areas with high traffic load. Determining the relationship between the increase in dust load in the study areas and the increase in the number of cars over a period of 30 years confirms the significant impact of transport on the ecological state of the environment in urbanized areas.

Keywords: snow cover, dust load, traffic load, ecological state

For citation: Makarov V. Z., Nevruiev A. M. Analysis of snow cover pollution by dust in the Kirovsky district of Saratov. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2024, vol. 24, iss. 2, pp. 101–106 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-2-101-106>, EDN: ZHAXKL

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

Введение

В Саратове начиная с 1992 г. и по настоящее время сотрудниками географического и геологического факультетов Саратовского государственного университета было выполнено

около 10 снегогеохимических съёмок территории города. Оценивалась загрязненность снегового покрова твердыми выпадениями из атмосферы от стационарных и транспортных источников выбросов. Работы проводились в 1992, 1994, 1997, 2001, 2003, 2007, 2012, 2014, 2020, 2024 гг. В ре-



зультате был получен обширный материал по снежгеохимии территории Саратова и сформирована соответствующая база данных, на основе которой обнаружены и картографированы геохимические ореолы разной конфигурации и площади по урболандшафтными районам и урболандшафтными зонам Саратова за холодный период в разные годы. Результаты работы частично опубликованы в статьях и монографиях, частично нашли отражение в научных отчетах по грантам и хозяйственным темам [1, 2].

Выявилось достаточно устойчивое местоположение техногенных геохимических аномалий вокруг крупных работающих предприятий в северной и южной промышленных зонах Саратова и сплошное техногенное геохимическое поле в северной субкотловине в исторической части города.

С начала нового века после закрытия многих промышленных производств и резкого роста количества автомобильного транспорта конфигурация геохимических ореолов, их химический состав в снеге и почвогрунтах существенно изменились, особенно со второй половины нулевых годов. Требуется сравнительный анализ обнаруженных различий в снежгеохимической картине твердых выпадений из городской атмосферы.

Объектом исследования стала территория Кировского района города – третьего по численности населения и функциональному значению административного района города. Его площадь 33 кв. км, он занимает примерно половину северной субкотловины, восточные, северо-восточные склоны Лысогорского плато, южные и юго-западные склоны и водораздельные поверхности Соколовогорского плато и граничит с Волжским, Ленинским и Фрунзенским районами города. В Кировском районе проживает 132 856 человек (2021 г.). Здесь находятся железнодорожный вокзал Саратов-1, международный аэропорт (не функционирует с 2019 года), автовокзал. От железнодорожного вокзала начинается главная улица областного центра – улица Московская, пересекающая историческую часть города от железнодорожного до речного вокзала (рис. 1)

За последнюю четверть века в Кировском районе закрылись многие промышленные предприятия, увеличилась доля жилой застройки за счет снижения площади зеленых насаждений, резко возросло число автомобилей на узких улицах городского центра. Все это привело к ухудшению градозащитной ситуации. Поэтому основной целью предлагаемой статьи стал сравнительный анализ загрязненности снежного покрова в разных районах города с последующим объяснением причин выявленных изменений геохимических аномалий по их конфигурации и содержанию.

Задачи исследования:

- составление актуализированной карты урболандшафтного районирования Кировского района г. Саратова на основе дешифрирования космических снимков и полевых натурных обследований;
- проведение анализа загрязнения снежного покрова в выбранных 10 ключевых урболандшафтных участках Кировского района;
- оценка уровня пылевых выпадений из атмосферы и их сравнение с данными 30 лет назад;
- выявление ведущих факторов загрязнения приземного слоя атмосферы в разных типах урболандшафтных участков Кировского района г. Саратова.

Материалы и методы исследования

На первом этапе исследования на основании космических снимков высокого разрешения ESRI была составлена предварительная карта функционального зонирования Кировского района. Для получения более достоверных результатов при составлении карты был использован метод маршрутного обследования для уточнения содержания космофотокарты и визуальной оценки некоторых объектов в разных видах урболандшафтных участков. Затем на карту функционального использования территории были наложены углы наклона поверхности и с помощью функции «оверлей» составлена карта урболандшафтного районирования Кировского района г. Саратова (рис. 2).

На рис. 2 представлены функциональные зоны Кировского района. Наибольшая по площади функциональная зона – жилая, расположенная в основном на слабопокатых (приводораздельных) поверхностях с уклоном до 3°. Второе место по площади занимает зона сельскохозяйственного назначения, которая в большей степени расположена на слабопологих склонах различной экспозиции с уклонами до 5°. Среди всех функциональных зон наименьшую долю составляют территории, занятые гаражной застройкой и кладбищами.

В настоящее время в Кировском районе г. Саратова наибольшая доля приходится на жилую застройку разного характера (мало-, средне- и высокоэтажную) на слабопокатых (приводораздельных) поверхностях. На втором месте по площади использования располагаются земли сельскохозяйственного назначения на слабопологих склонах разной экспозиции с уклонами до 5°, что связано с расположением в рассматриваемом районе города полей НИИ Юго-Востока. Третье место занимает промышленный тип использования, наименьший по площади функциональной зоной являются гаражная застройка (как пережиток советского времени) и территории, занятые кладбищами. Говоря о сопоставлении функциональных зон и распределении загрязнения снежного покрова, стоит от-

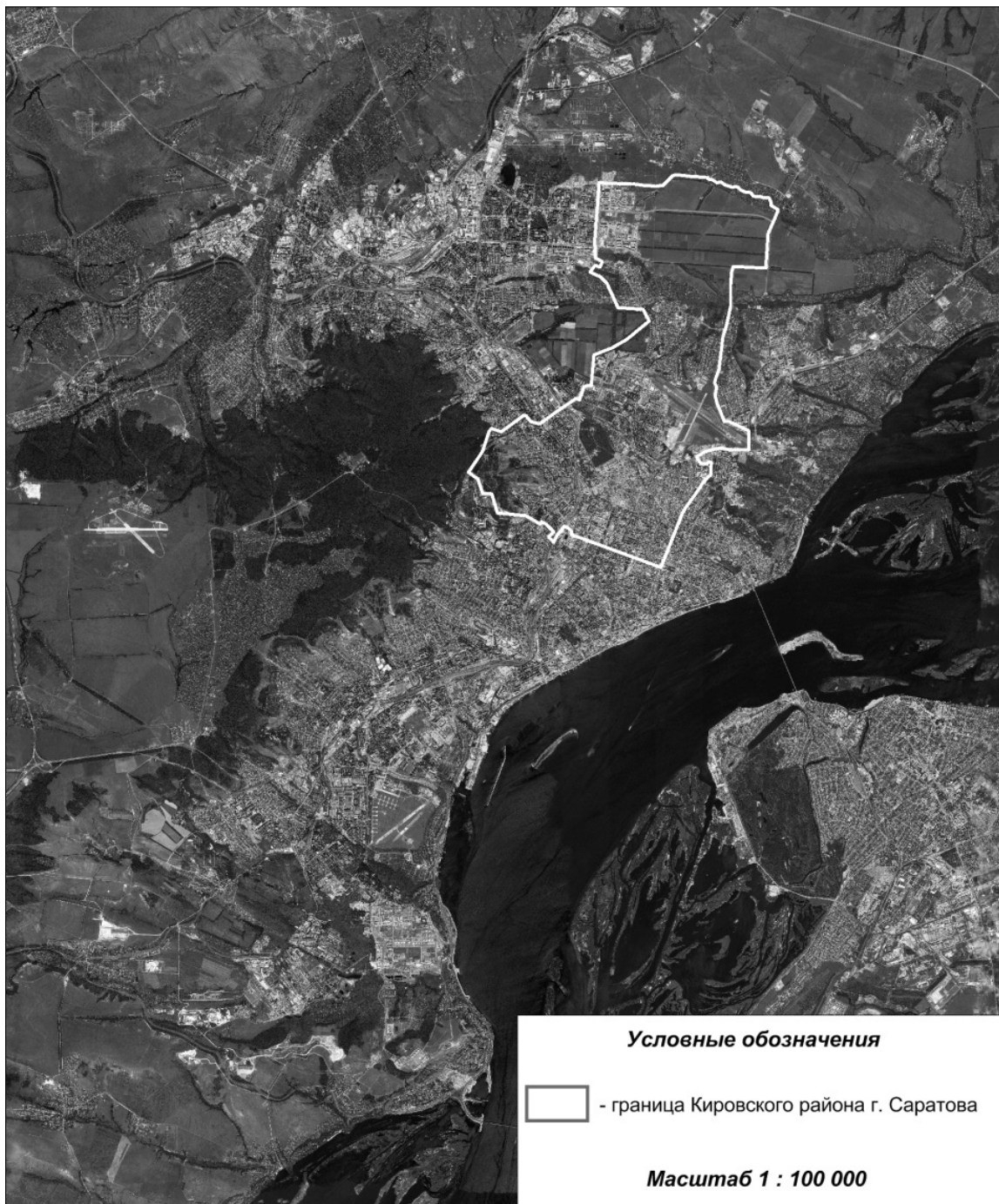


Рис. 1. Космофотокарта Кировского района в структуре г. Саратова

метить, что на территориях с плотной застройкой снежный покров не выдувается и не перемещается вниз по склону, тем самым накапливая на себе пылеватые частицы за весь зимний период.

На следующем этапе исследования проводилось определение уровня загрязнения пылью снежного покрова на 10 модельных площадках (см. рис. 2). При выборе месторасположения точек для отбора проб снега учитывались материалы снегового опробования лаборатории

урбоэкологии и регионального анализа географического факультета СГУ за 1994 г.

Пробы снега были отобраны согласно руководству по контролю загрязнения атмосферы 7 марта 2024 года [3]. Отбор проб снега был произведен в период его максимального накопления, незадолго до периода снеготаяния на открытых местах.

Пробы отбирались на участке 1 × 1 м методом «конверта», в углах и в центре каждого

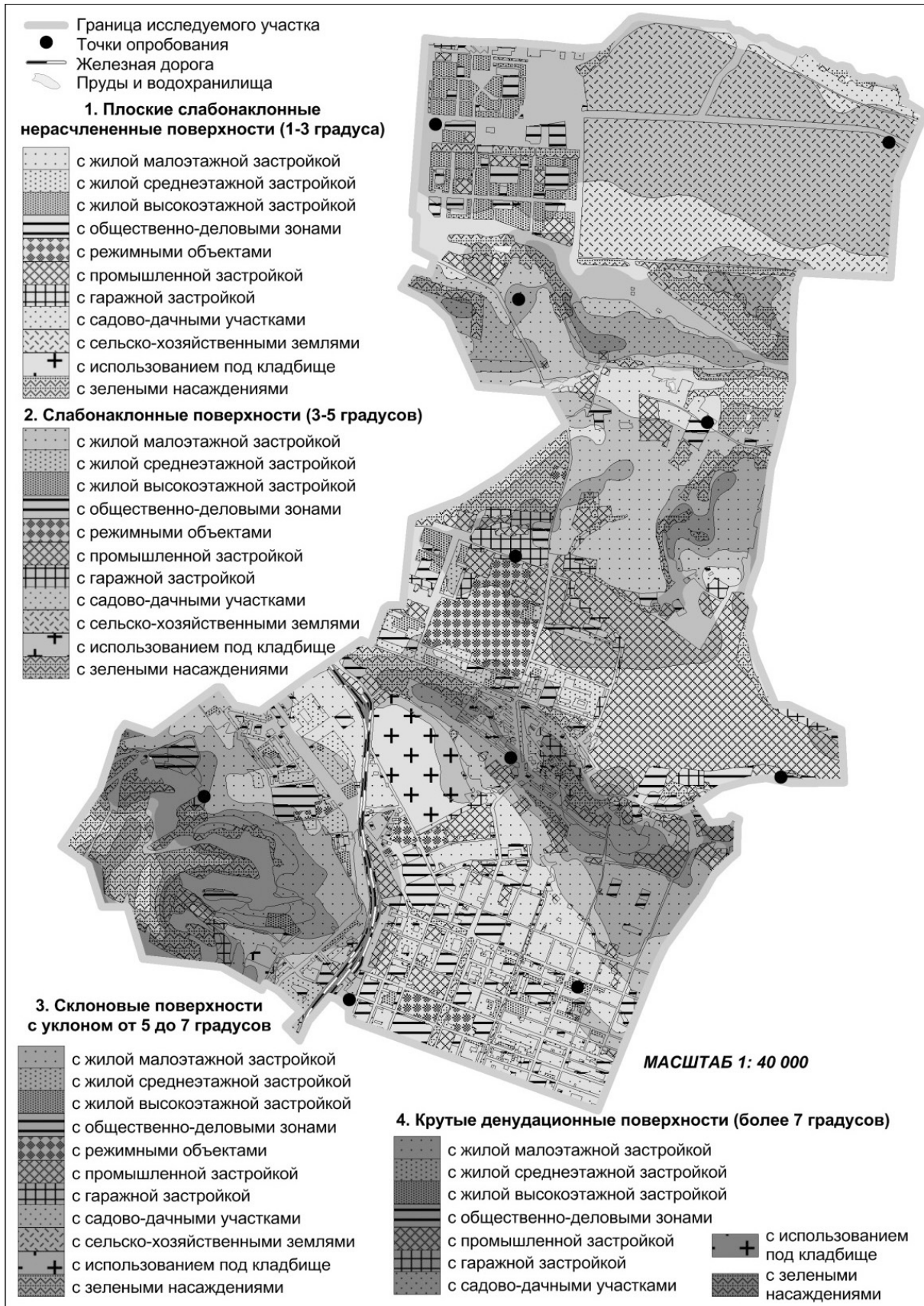


Рис. 2. Урбандшафтное районирование Кировского района г. Саратова



квадрата; пробы отбирались на всю мощность из шурфов, с поверхности удалялся мусор (листья, ветки и др.), исключалось попадание в образец частиц почвы. Всего было отобрано 10 проб снега, места отбора проб указаны на рис. 2.

Из отобранных проб составлялась сборная проба весом не менее 1 кг, которая помещалась в емкость из химически стойкого полимерного материала (пластиковый контейнер объемом 2 л). Каждый контейнер был промаркирован с указанием:

- даты отбора, что позволяет определить время, за которое накопились в снегу атмосферные осадки. Время рассчитывается от даты установления устойчивого снежного покрова (по данным гидрометеослужбы 73 дня в 2024 году);
- места отбора;
- размера шурфа по длине и ширине для расчета площади, на которую проектируются пылевые выпадения из атмосферы.

После транспортировки образцов в лабораторию пробы снежного покрова переводились в талую воду при комнатной температуре в емкостях из химически стойкого полимерного материала.

Далее была произведена фильтрация талой воды через бумажные фильтры (предварительно взвешенные на электронных аналитических весах), удерживающие нерастворимую фракцию (пыль) для дальнейшего определения веса пыли.

Бумажный фильтр с осевшей на нем пылевой фракцией высушивался и повторно взвешивался на электронных весах для определения веса атмосферной пыли на площадь шурфа.

Пересчет веса пыли (Р) на единицу площади в единицу времени производился по формуле

$$P = Pa/S \cdot T,$$

где P_a – вес пыли, осажженной снегом, S – проективная площадь осаднения, T – временной интервал в сутках между моментом опробования и датой установления устойчивого снежного покрова [4].

Для пылевых выпадений определялись концентрация пыли в мг и пылевая нагрузка (масса поступления пыли на снежный покров) в мг/(м² в сут.).

Результаты исследования и их обсуждение

Наибольшая пылевая нагрузка фиксировалась на модельных площадках 3, 6 и 7. Точка под номером 3 находится в зоне зеленых насаждений на наклонных поверхностях с крутизной до 5°, которая является буферной зоной между проезжей частью и жилой застройкой. Точка отбора 6 расположена в промышленной зоне, где базируются стоянка и ремонт спецтехники, 7 точка расположена в квартале с жилой средне- и высокоэтажной застройкой на слабопокатых приводораздельных частях долины реки Гуселки. Все указанные выше типы площадок находятся вблизи автодорог с интенсивной транспортной нагрузкой. Наименьшая пылевая нагрузка отмечается на площадке 4, которая расположена на возвышенности, подвергается незначительному воздействию антропогенных факторов (табл. 1) и приурочена к склонам, занятым растительностью Лысогорского плато (памятник природы «Кумысная поляна»).

В табл. 2 и на рис. 3 приведены данные результатов сравнения пылевой нагрузки на снежный покров в 1994 и 2024 гг., пробные площадки являются идентичными по месту отбора.

При сравнительном анализе было выявлено, что в 2024 г. отмечалось увеличение загрязнения снежного покрова на всех исследуемых участках. Так как основным источником загрязнения

Таблица 1

Пылевая нагрузка на площадках отбора снеговых проб по данным инструментальных замеров в 2024 году

№ снеговой пробы	Место отбора	Дата отбора пробы	Площадь отбора пробы, м ²	Масса фильтра, мг	Масса фильтра с осадком, мг	Масса пылевого осадка, мг	Вес пыли, мг/(м ² в сут.)
1	Ул. Посадского, 180/198	07.03.2024	1	827,4	894,2	66,8	91,5
2	Ул. Техническая, 1Б	07.03.2024	1	815,2	857,6	42,4	58,08
3	Привокзальная площадь	07.03.2024	1	829,3	919,4	90,1	123,42
4	Ул. Волгоградская, 45	07.03.2024	1	828,4	851,4	23,0	31,50
5	Ул. Безымянная, 1	07.03.2024	1	851,1	909,0	57,9	79,31
6	Ул. Аэропорт, 42	07.03.2024	1	830,5	916,6	86,1	117,94
7	Ул. Зерновая, 33	07.03.2024	1	823,2	910,0	86,8	118,90
8	Ул. 1-я Гуселка, 50	07.03.2024	1	830,0	902,3	72,3	99,05
9	Ул. Топольчанская / Просп. Героев Отечества	07.03.2024	1	831,0	870,0	39,0	53,42
10	Остановка «Поворот на кирпичный завод»	07.03.2024	1	822,5	866,0	43,5	59,59



Таблица 2

Результаты пылевой нагрузки на снежный покров в точках отбора снеговых проб в 1994 и 2024 годах

№ точек	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1994 г.	52,72	51,76	38,13	26,63	52,16	43,35	35,29	38,31	24,83	57,12
2024 г.	91,5	58,08	123,42	31,5	79,31	117,94	118,9	99,05	53,42	59,59

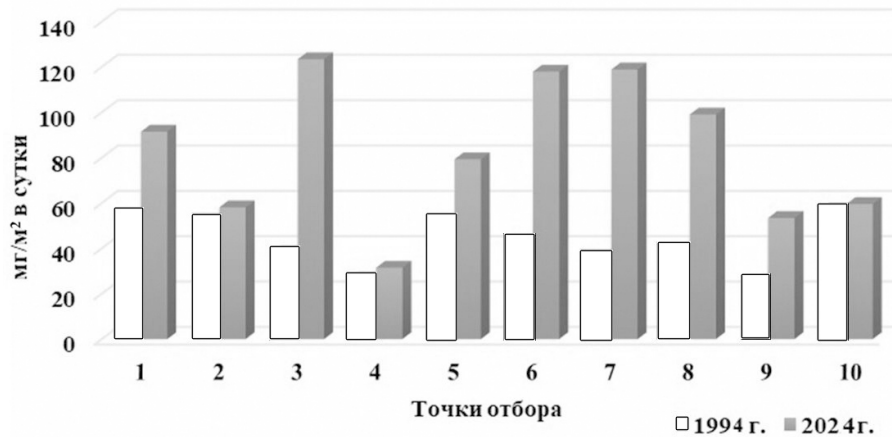


Рис. 3. Сравнение пылевой нагрузки в точках отбора снеговых проб в 1994 и 2024 годах

в городе является автотранспорт, такой результат является следствием увеличения количества автомобилей в городе [3]. По данным Росстата количество легковых автомобилей на 1000 человек с 1990 по 2020 год увеличилось в 4,7 раза [5]. При этом наибольший прирост пылевой нагрузки был зафиксирован в районах Аэропорта и Привокзальной площади, там, где сегодня отмечается наличие активного автомобильного потока.

Выводы

Среднее значение пылевой нагрузки на территории Кировского района г. Саратова составляет 83,27 мг/м² в сутки. Согласно градации уровней загрязнения снегового покрова пылью, в трех исследуемых точках района уровень загрязнения отмечается как низкий (от 100 до 250 мг/м² в сутки), в остальных точках – очень низкий уровень загрязнения (менее 100 мг/м² в сутки).

Результатами исследования было подтверждено, что наибольшая концентрация пыли в снежном покрове выявляется на участках с высокой транспортной нагрузкой. Определение взаимосвязи увеличения пылевой нагрузки на исследуемых участках и роста количества автомобилей во временном промежутке 30 лет еще раз подтверждает значительное влияние транспорта на экологическое состояние окружающей среды на урбанизированных территориях.

Библиографический список

- Макаров В. З., Решетников М. В., Суровцева О. В., Чумаченко А. Н. Динамика техногенных геохимических аномалий на территории г. Саратова за 1992–2010 годы // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2012. Т. 12, вып. 1. С. 33–39. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2012-12-1-33-39>, EDN: TBRXQX
- Макаров В. З., Молоствовский Э. А., Новаковский Б. А., Суровцева О. В., Чумаченко А. Н. Структура и динамика техногенных геохимических полей на территории Саратова // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2009. Т. 9, вып. 2. С. 3–13. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2009-9-2-3-13>, EDN: МЕНСЕР
- РД, 52.04.186–89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. М., 1991. 409 с.
- Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве / подгот. Б. А. Ревичем [и др.]. М. : Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов ; Главное санитарно-профилактическое управление МЗ СССР, 1990. 15 с.
- Росстат. Хронология российской статистики [сайт]. URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 12.04.2024).

Поступила в редакцию 16.03.2024; одобрена после рецензирования 29.03.2024; принята к публикации 12.04.2024
The article was submitted 16.03.2024; approved after reviewing 29.03.2024; accepted for publication 12.04.2024