



**Актуальность темы и привлечённые материалы.** Актуальность темы квалификационной работы вытекает из крайне неблагоприятной геоэкологической и санитарно-гигиенической ситуации в Саратове, обусловленной как природно-ландшафтными и синоптико-климатическими особенностями городской территории и прилегающих к городу земель, так и спецификой градопланировочной структуры, быстрой автомобилизацией населения. Указанные процессы требуют всё более пристального и постоянного внимания к обозначенной автором проблеме.

**Цель квалификационной работы** – выполнить обзор и свести в единое целое результаты градозэкологических работ, проведённых в г. Саратове за 1992 – 2018 гг сотрудниками лаборатории урбоэкологии и регионального анализа географического факультета и геологического факультета СГУ для выделения и картографической фиксации наиболее долговременных проблемных градозэкологических ареалов и постоянно проявляющихся напряжённых градозэкологических ситуаций.

**Задачи исследования.**

1. Ознакомиться и проанализировать результаты снегогеохимических, литогеохимических, и некоторых других атмоэкологических работ, выполненных в Саратове за последнюю четверть века.
2. Выявить проблемные атмогеохимические и литогеохимические ареалы и определить тип и остроту проблемной экологической ситуации в них.
3. Выполнить комплексное градозэкологическое районирование территории г. Саратова на основании анализа и картографической локализации проблемных атмо- и литогеохимических ареалов.

**Объектом изучения** является территория г. Саратова, а **предметом изучения** – снего- и литохимические ореолы, их центры и периферические поля со взаимным наложением и динамикой во времени и пространстве.

Как сказано выше, работа написана на основе анализа результатов исследований, выполненных сотрудниками и студентами географического и

геологического факультетов СГУ и опубликованных в ряде монографий, статей, анализа фондовых материалов лаборатории урбоэкологии и регионального анализа географического факультета.

Работа состоит из введения, 3 разделов, заключения, списка использованных источников и приложений.

### **Основное содержание работы.**

## **1 Анализ выполненных в Саратове атмоэкохимических исследований**

Атмохимическое загрязнение, или загрязнение промышленными и транспортными выбросами воздушного бассейна города, пожалуй, имеет наибольшее значение в градозэкологических исследованиях. Воздух - наиболее подвижная, непрерывная среда, в которой быстро и повсеместно могут распространяться загрязнения, расположенные за десятки, иногда сотни километров от источника выброса.

Можно выделить два наиболее распространенных способа изучения уровня загрязнения атмосферного воздуха: так называемые «*прямой*» и «*косвенный*» методы.

Исследования лаборатории урбоэкологии СГУ основаны на планшетных методах оценки загрязнения воздушного бассейна. Коллектив лаборатории дважды, в 1992 и 1994 гг., выполнял снегохимическую съемку территории г. Саратова и ближнего пригорода. *Снег – чуткий естественный индикатор загрязнения воздушного бассейна города, так как в течение всего холодного сезона он накапливает атмосферные аэрозоли и твердые частицы, выпадающие из атмосферы.*

Отбор снеговых проб на территории городов Саратовской области осуществлялся по регулярной сетке со стороной квадрата в 1 км, со сгущением в центральной части города. Площадки снегоотбора, по мере возможности, совмещались или максимально сближались с площадками снегомерной съемки предыдущих лет, обеспечивая соблюдение принципа синтопности («одноместности») при проведении мониторинговых

наблюдений (Макаров В.З., Пролеткин И.В. и др., 1994). В 1997 г. снегохимическую съемку г. Саратова выполнил Э.А. Молостовский с сотрудниками (Молостовский Э.А., Кононов В.А. и др., 1997).

Таблица 1.1 – Уровни загрязнения почв и снежного покрова металлами и пылью (Ревич Б.А., Сает Ю.Е. и др., 1982)

Название загрязнения	Суммарный показатель загрязнения почвы ( $Z_c^n$ )	Суммарный показатель загрязнения снега ( $Z_c^с$ )	Интенсивность выпадения пыли ( $\text{кг/км}^2$ сутки) ( $Z_p$ )	Интенсивность выпадения металлов ( $\text{мг/км}^2$ сутки) ( $K_p$ )
Низкий	8-16	32-64	100-250	1000
Средний	16-32	64-128	250-450	1000-5000
Высокий	32-128	128-256	450-850	5000-10000
Очень высокий	128 и более	256 и более	850 и более	10000 и более

Анализ данных многолетних наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха на стационарных постах приводит к выводу, что *наиболее загрязненным является воздух в районе Центрального колхозного рынка (ПНЗ 8)*. Основные загрязняющие вещества здесь – оксид углерода, диоксид азота, фторид водорода, фенол и формальдегид. Несколько менее загрязнен район, примыкающий к поселку завода «Техстекло». Здесь велика концентрация сернистого ангидрида, оксида углерода, фторида водорода, растворимых сульфатов. «Набор» химических веществ говорит о вкладе в загрязнение воздуха завода «Техстекло» и транспорта.

Подвижные формы определялись для ртути, кадмия, мышьяка, хрома, свинца, никеля, кобальта и цинка.

В табл. 1.2 даны средние содержания данных элементов как по отдельным районам, так и в целом по городу. Сравнение этих данных позволяет указать районы, наиболее загрязненные тем или иным тяжелым металлом по сравнению со средними общегородскими содержаниями.

Анализ обнаружил, что центральные районы города по величине концентраций целого ряда тяжелых металлов опережают промышленные

районы, в частности, это касается - Октябрьского - по свинцу, Кировского и Волжского - по хрому, Октябрьского - по никелю, Фрунзенского - по ртути.

Таблица 1.2 – Средние содержания тяжелых металлов в снеговом покрове в подвижных формах нахождения (хром, цинк - мг/кг, остальные - мкг/кг). Саратов, 1994г.

Район города	Мышьяк	Кадмий	Свинец	Хром	Никель	Кобальт	Цинк	Ртуть
Заводской	0.94	0.77	0.65	0.03	3.84	0.46	0.01	0.11
Ленинский	1.05	0.87	1.02	0.03	1.65	0.33	0.01	0.10
Кировский	0.97	0.45	0.97	0.05	1.47	0.14	0.01	0.14
Октябрьский	0.26	0.58	1.25	0.02	4.04	0.36	0.01	0.14
Фрунзенский	0.74	0.81	0.98	0.03	1.80	0.15	0.01	0.17
Волжский	0.35	0.64	0.97	0.05	3.14	0.5	0.01	0.13
Город	0.85	0.74	0.91	0.03	2.65	0.38	0.01	0.12

Суммированные превышения концентраций тяжелых металлов в снеговом покрове над средними по городу показывают, что в лидеры выдвигается Волжский район (восточная часть Северной субкотловины, бассейн Глубучева оврага), в пределах которого величина данного показателя выше, чем в промышленных районах.

Аналогичные сопоставления были проведены для нерастворимых форм нахождения тех же тяжелых металлов за исключением ртути. Данные по средним концентрациям элементов для районов города и города в целом приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3 – Средние содержания тяжелых металлов в нерастворимой форме в снеговом покрове районов города (мкг/кг). Саратов, 1994г.

Район города	Мышьяк	Кадмий	Свинец	Хром	Никель	Кобальт	Цинк
Заводской	2.06	8.10	101.5	92.4	328.1	29.0	506.8
Ленинский	5.12	8.51	104.6	81.2	123.7	10.9	234.1
Кировский	1.02	2.06	86.4	67.9	92.6	7.3	259.0
Октябрьский	0.15	3.21	97.6	68.9	223.7	8.7	304.2
Фрунзенский	0.15	7.99	72.4	97.4	178.5	6.8	199.2
Волжский	6.45	9.85	90.8	71.1	112.5	6.1	323.4
Город	3.60	7.68	98.3	81.5	186.8	15.0	335.1

Анализ литературы, результаты инструментальных замеров и расчетные данные, выполненные в лаборатории урбоэкологии СГУ, позволяют сделать следующие выводы:

1) в исторической части города вследствие плотности застройки, слабой проветриваемости улиц, низкой скорости движения автотранспорта концентрация загрязняющих веществ в 2 - 3 раза выше, нежели на широких улицах города при одинаковой интенсивности движения;

2) концентрация загрязняющих веществ нарастает в понижениях рельефа и на участках дорог с крутым подъемом (на просп. Строителей от ул. Шехурдина к ДК завода «Техстекло», на просп. 50 лет Октября от «Стрелки» к «Вишневой»), у светофоров;

3) в утренний пик движения загазованность воздуха выше, чем в вечерний пик из-за более слабой турбулентности воздуха утром;

4) загрязненность воздуха выхлопными газами при скорости ветра до 1,5 м/с прямо пропорциональна интенсивности движения. С дальнейшим увеличением скоростей ветра (от 2 м/с и более) на содержание выхлопных газов заметно сказываются условия рассеивания (ширина улицы, высота домов, сплошность застройки, озеленение улиц и др.);

5) концентрации таких веществ, как окись углерода и двуокись азота, почти не зависят от высоты. Если на улице с интенсивным движением (1500 – 2400 машин в час) дома расположены без отступа от красной линии, то загазованность воздуха на верхних этажах домов почти равна загазованности на полотне дороги. Уменьшение концентрации выхлопных газов ощутимо сказывается на расстоянии 70-100 м от автомагистрали.

#### *Выводы.*

1. Пыль в воздушном бассейне города представляет наиболее опасный компонент загрязнения атмосферы. Он недооценен гигиенистами и градоэкологами.

2. Саратов – пыльный город. По данным прямых и косвенным наблюдений за воздушным бассейном города - средняя полевая нагрузка на

один километр городской территории составляет не менее 1 тонны в сутки. Или 365 тонн в год. Это выше, чем в Казани примерно в 1.5 раза. Уровень пылевой нагрузки в Саратове выше безопасной для здоровья горожан примерно в 1.6 раза

3. Необходимо организовать постоянный контроль за запылённостью городской атмосферы на всех пунктах слежения за экологической ситуацией в городе и организовать новые.

4. Следует ежегодно опубликовывать данные о запылённости атмосферы г. Саратова (твёрдые вещества) в открытой печати.

## **2 Обзор результатов литогеохимических работ**

В начале 90-х гг. прошлого столетия в Саратове была предпринята первая и пока, к сожалению, единственная попытка комплексного и достаточно глубокого изучения состояния санитарно-гигиенической и геоэкологической обстановки в городе. Речь идет о специализированной экологической программе «Экологиче-кий мониторинг Саратова» (ЭМоС), принятой городскими властями в 1992 году.

В процессе выполнения этих работ В.З.Макаровым с сотрудниками лаборатории урбоэкологии была разработана и проверена на практике концептуальная основа и методология комплексного геоэкологического изучения урбанизированных территорий [1]. Предложенный Макаровым подход урболандшафтного районирования территории города, элементарной таксономической единицей которого является урболандшафтный участок, взят за основу при выделении ключевых участков исследования Саратова во все последующие годы.

Проведенные работы позволили нам сформулировать следующие выводы.

1. Анализ распределения валовых концентраций тяжелых металлов по территории Саратова выявил приоритетные для данного города элементы-загрязнители. Это кадмий, свинец, цинк, медь, никель.

2. Выявлена высокая степень подвижности указанных металлов 1–2-го класса опасности, что требует незамедлительной реакции природоохранных служб. Были выделены сильно подвижный кадмий (41% подвижных форм), цинк и свинец (соответственно, 21,75% и 21,7% проб). Наиболее загрязненными оказались промышленные, селитебные и промышленно-селитебные участки, приуроченные в основном к элювиально-аккумулятивному типу геохимических ландшафтов (Меннинг У.Дж., Федер У.А., 1985).

В 2007 г. сотрудниками лаборатории урбозекологии и регионального анализа и лабораторий геоэкологии географического и геологического факультетов СГУ по заказу Комитета охраны окружающей среды и природопользования Саратовской области было осуществлено ещё одно эколого-геохимическое обследование почв на территории Саратова с целью определения их загрязнения солями группы тяжёлых металлов (1–3-го класса опасности) и нефтепродуктами. Подчеркнем, что обследование городских земель для оценки их загрязнения нефтепродуктами было выполнено впервые. Исследования проводились под научным руководством профессора В.З. Макарова, ответственными исполнителями работ были профессор Э.А. Молоствовский и профессор А.Н. Чумаченко. Отбор почвенных проб, их привязка на местности, документальное оформление и пробоподготовка осуществлялись студентами-практикантами СГУ Е.Н. Михеевым, И.Ю. Ивановой и А.В. Величко под руководством и при непосредственном участии И.Ю. Фролова, М.В. Решетникова.

### **Выводы.**

Системное геоэкологическое изучение Саратова, начавшееся в первой половине 1990-х гг. по программе ЭМоС, позволило составить достаточно полное представление о техногенном геохимическом поле в почвах городской территории. В течение последующих семи лет город не получал достоверной геохимической информации о состоянии его территории.



Работы по эколого-геохимическому изучению почвенного покрова Саратова, выполненные в 2007 г., имеют принципиальное значение как в научно-прикладном, так и в организационно-управленческом плане:

- с их постановкой в Саратове началось восстановление регулярной системы эколого-геохимического мониторинга, необходимого для принятия обоснованных природоохранных решений и обеспечения устойчивого развития города;

- получены материалы, свидетельствующие о кардинальных изменениях в структуре геохимического поля города, значительном сокращении его загрязнения солями токсичных тяжёлых металлов (Pb, Zn, Cu, Cd, Ni, Cr, Hg и As) за период 2000–2007 годов.

Полученные результаты свидетельствуют о значительной мобильности техногенного литогеохимического поля тяжёлых металлов и способности почв к быстрому самоочищению. Эта тенденция свойственна всем тяжёлым металлам и отчётливо проявлена на всех модификациях карт Zс. В итоге Саратов, который в 1990-ые гг. относился к группе городов активного загрязнения, в настоящее время перешёл в категорию умеренно и слабо загрязнённых объектами соединениями тяжёлых металлов. Большинство промышленных предприятий перестали быть источником загрязнения тяжёлыми металлами. В этом плане полностью сохранили своё негативное значение лишь заводы «Электроисточник» и ЗАИТ, которые остаются экологически опасными в плане выбросов свинца, кадмия и никеля на специфические для них металлы Cd, Ni, Pb.

### **Общие выводы**

Обзор результатов литогеохимических исследований, выполненных в 1990-е гг., в 2000, 2007 и 2014 гг сотрудниками географического и геологического факультетов позволяет подчеркнуть следующее:

1. Почва и почво-грунты, наряду со снегом, представляют природные планшеты- накопители техногенных выбросов в атмосферу. Взвеси, пыль, содержащие химические элементы осаждаются на земную поверхность

образуя геохимические ореолы. Анализ их химического состава на модельных площадках позволяет определить концентрацию и массу этих выбросов в единицу времени на единицу площади. Данные методы считаются косвенными методами оценки состояния городского воздуха и фиксируя многодневный (в снеговой покров) и многолетний (в почву) процесс накопления химических элементов, выпадающих из атмосферы делают снегогеохимические и литогеохимические исследования эффективным средством анализа качества воздуха в городе.

2. В Саратове в 1992, 1994, 1997, 2007 -2010 гг. были выполнены снегогеохимические работы, а в 1992, 1993, 2000, 2007 2014 гг - литогеохимические исследования. Единый обзор результатов данных исследований был выполнен впервые и представлен в настоящей квалификационной работе и представлен ниже.

### 3. Результаты снегогеохимических работ.

Сравнение результатов снегогеохимических съемок за разные годы на территории г. Саратова позволяет сделать определенные выводы:

- Площадь и состав загрязнения анионными формами и тяжелыми металлами в 90-е гг. XX в. была существенно больше (до 30% площади города) и разнообразнее.
- После резкого падения промышленного производства и уменьшения выбросов из высоких вентиляционных труб промпредприятий ареалы геохимических аномалий существенно сократились по площади и количеству.
- Основными зонами загрязнения ныне являются территории вокруг крупных действующих промышленных предприятий и автомобильных дорог с интенсивным движением транспорта.
- Концентрация загрязнений вблизи названных объектов многократно превышает фоновые значения и не меньше, чем в 90-е гг. и их локализация мало изменилась.
- Многолетние данные по локализации проблемных

снегехимических ареалов, свидетельствуют о превышении средних и фоновых значений растворимых и нерастворимых химических элементов и пыли на городской территории позволяют с достаточной степенью достоверности отнести локусы этих проблемных атмосферных очагов, спроецированных на снеговой покров к зонам повышенного геоэкологического риска.

*Данные литохимических съёмок* свидетельствуют о кардинальных изменениях в структуре геохимического поля города, значительном сокращении его загрязнении солями токсичных тяжёлых металлов (Pb, Zn, Cu, Cd, Ni, Cr, Hg и As) за период 2000–2007 годов. Поэтому Саратов, который в 1990-ые гг. относился к группе городов активного загрязнения, в настоящее время перешёл в категорию умеренно и слабо загрязнённых объектов соединениями тяжёлых металлов, кроме зон, прилегающих к трассам оживлённых автомагистралей. Большинство промышленных предприятий перестали быть источником загрязнения тяжёлыми металлами. В 2007 году полностью сохранили своё негативное значение электрохимические заводы «Электроисточник» и ЗАИТ, которые остаются экологически опасными из-за выбросов свинца, кадмия и никеля.

### **3 Градоэкологическое районирование территории Саратова**

Проблема экологического районирования городской территории чрезвычайно актуальна, так как город как сложная природно-техническая система, включающая в разной степени изменённый природный ландшафт и разнообразные строения, производственные, торговые и селитебные площадки, железные, автомобильные и пешеходные дороги с различным покрытием, зелёные насаждения разной площади и сомкнутости требует постоянного внимания со стороны муниципалитетов, общественности, в городскую среду «погружены» и постоянно проживают горожане разного возраста, экономического достатка и уровня мобильности. Разделение города на выделы разного функционального назначения, экологического состояния

и потребительского качества является существенной задачей его управления и устойчивого развития.

По результатам выполненных в разные годы снегогеохимических, литогеохимических исследований, данных по запылённости атмосферы выполним атмоэкологическое районирование территории Саратова, обозначим ключевые экологические проблемы города. Определим проблемные атмогеохимические ареалы, оценим их напряжённость.

Итак, плохая проветриваемость, обусловленная вогнутым рельефом Приволжской котловины, является основным природным фактором всё более осложняющейся атмоэкологической ситуации в Саратове. Однако главными причинами неблагоприятной ситуации выступают антропогенные факторы. Это плотная застройка в исторической части города с узкими улицами и увеличивающееся из года в год число автомобилей на городских улицах.

Анализ литературы, результаты инструментальных замеров и расчётные данные, выполненные в лаборатории урбоэкологии СГУ, позволяют сделать следующие выводы:

- основными природными факторами, определяющими атмогеохимическое состояние воздушного бассейна Саратова, являются: расположение исторической части города в Приволжской котловине, значительная расчлененность рельефа с перепадами высот в городской черте более 200 м, повышенная повторяемость температурных инверсий и слабый ветровой режим;
- градопланировочные особенности исторической части города: плотная застройка, узкие улицы, пробки и низкая скорость движения автотранспорта приводят к концентрации загрязняющих веществ в 2 - 3 раза выше, нежели на широких улицах города за пределами исторической застройки при одинаковой интенсивности движения;
- концентрация загрязняющих веществ нарастает в понижениях рельефа и на участках дорог с крутым *подъемом* (на просп. Строителей от

*ул. Шехурдина к ДК завода «Техстекло», на просп. 50 лет Октября от «Стрелки» к «Вишневой») и у светофоров.*

**Заключение.** Выполненный обзор и анализ результатов результатов снегогеохимических, литогеохимических, расчётных аналитических работ по загрязнённости и запылённости приземного слоя воздуха над городом Саратовым позволяет сделать общие выводы.

1. Территория Саратова представляет сплошную атмосфернохимическую аномалию, где наиболее проблемные атмосфернохимические ареалы, как правило, локализуются вблизи крупных промышленных предприятий и вдоль оживлённых транспортных магистралей.

2. Анализ локализации наиболее проблемных снегогеохимических ареалов за период с середины 1990 –х гг. до середины 2000-х гг. выявил сокращение их площади в XXI веке, но сохранил их местоположение вблизи оживлённых транспортных магистралей и наиболее крупных предприятий нефтеперерабатывающего, теплоэнергетического, строительного и газораспределительного комплексов.

3. Пылевые выпадения – бич Саратова. В год на один квадратный километр городской территории приходится 365 тонн пыли, что делает город опасным для проживания.

4. Системное геоэкологическое изучение Саратова, начавшееся в первой половине 1990-х гг. по программе ЭМоС, позволило составить достаточно полное представление о техногенном геохимическом поле в почвах городской территории. Работы по эколого-геохимическому изучению почвенного покрова Саратова, выполненные в 2007 г., имеют принципиальное значение как в научно-прикладном, так и в организационно-управленческом плане:

5. Получены материалы, свидетельствующие о кардинальных изменениях в структуре геохимического поля города, значительном

сокращения его загрязнении солями токсичных тяжёлых металлов (Pb, Zn, Cu, Cd, Ni, Cr, Hg и As) за период 2000–2007 годов.

6. Результаты литогеохимических съёмок свидетельствуют о значительной мобильности техногенного литогеохимического поля тяжёлых металлов и способности почв к быстрому самоочищению. Эта тенденция свойственна всем тяжёлым металлам. В итоге Саратов, который в 1990- ые гг. относился к группе городов активного загрязнения, в настоящее время перешёл в категорию умеренно и слабо загрязнённых объектов соединениями тяжёлых металлов. Большинство промышленных предприятий перестали быть источником загрязнения тяжёлыми металлами. В этом плане полностью сохранили своё негативное значение лишь заводы «Электроисточник» и ЗАИТ, которые остаются экологически опасными в плане выбросов свинца, кадмия и никеля.

7. Между тем, *ключевой градоэкологической проблемой* города является *пылевая и химическая загрязнённость его атмосферы*. Саратов постоянно упоминается в списке городов с высоким индексом загрязнения атмосферы (ИЗА). *Из всех крупных административных центров Приволжского федерального округа, Саратов наиболее проблемный город по качеству воздушной среды*

8. *Проблемными атмоэкохимическими ареалами являются Северная и Центральная субкотловины* как плохо проветриваемые и наиболее урбанистически освоенные. Кроме того, плохо проветриваются долины крупных балок и малых рек.