

**А. Е. Вишняков**  
**A. E. Vishniakov**  
*potat0k@yandex.ru*

**Г. В. Харина**  
**G. V. Kharina**  
*gvkharina32@yandex.ru*

ФГАОУ ВО «Российский государственный  
профессионально-педагогический университет», г. Екатеринбург  
Russian State Vocational Pedagogical University, Ekaterinburg

## **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ЕКАТЕРИНБУРГЕ**

### **ASSESSMENT OF ATMOSPHERIC AIR QUALITY IN YEKATERINBURG**

**Аннотация:** Работа посвящена исследованию степени загрязнения воздуха в Екатеринбурге. Качество атмосферного воздуха оценивали по таким показателям как значения рН, содержание ионов свинца, меди, кадмия, нитратов. Исследования проводились потенциометрическим методом с использованием соответствующих ионселективных электродов. Обнаружено значительное превышение допустимых концентраций свинца в некоторых пробах. Описано негативное влияние тяжелых металлов на организм человека. Отмечено, что приоритетным источником загрязнения воздуха является автотранспорт. Приведены рекомендации по снижению негативного воздействия выхлопных газов автотранспорта на организм человека.

**Abstract:** The work is devoted to the study of the degree of air pollution in Yekaterinburg. The quality of atmospheric air was assessed by such indicators as pH values, the content of lead, copper, cadmium, and nitrate ions. The studies were carried out by a potentiometric method using appropriate ion-selective electrodes. Significant excess of permissible concentrations of lead in some samples was found. The negative effect of heavy metals on the human body is described. It is noted that the priority source of air pollution is motor transport. Recommendations are given to reduce the negative impact of vehicle exhaust gases on the human body.

**Ключевые слова:** воздух, тяжелые металлы, загрязнение, нитраты, автотранспорт.

**Keywords:** air, heavy metals, pollution, nitrates, motor transport.

**Введение.** Воздух является жизненно необходимым для существования человечества как вида. Атмосфера, выполняя защитную экологическую функцию предохранения Земли от низких температур космоса и потоков солнечных излучений, является незаменимой частью всей биосферы [6, с. 295]. Важно отметить необходимость поддержания химического состава атмосферного воздуха, являющегося фактором протекания метеорологических процессов и формирования климата. Несмотря на способность атмосферы к самоочищению, длительное антропогенное загрязнение приводит к негативным экологическим последствиям

глобального масштаба, вследствие чего выполнение защитных и терморегулирующих функций атмосферным воздухом в полной мере невозможно.

Особенно сильному антропогенному загрязнению подвержены города с развитой промышленностью, например, в Свердловской области это Екатеринбург, Первоуральск, Полевской, Верхняя Пышма, Алапаевск, Невьянск и др. Согласно данным Федерального государственного бюджетного учреждения «Уральское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», которое контролирует состояние атмосферы в регионе, уровень загрязнения воздуха в Екатеринбурге (по результатам наблюдений в 2021 г.) был отнесён к категории «высокий» [3]. Больше всего воздух города загрязнен такими веществами, как оксиды азота, диоксид серы, взвешенные частицы [5].

В связи с вышеизложенным цель данной работы заключалась в исследовании антропогенного загрязнения атмосферного воздуха в Екатеринбурге.

**Экспериментальная часть.** С целью оценки степени загрязнения атмосферного воздуха были отобраны пробы поверхностного слоя снежного покрова из различных точек г. Екатеринбурга Свердловской области:

№ 1 – «Летний парк» ул. Кировградская Орджоникидзевский район, микрорайон Уралмаш.

№ 2 – микрорайон ЖБИ, ул. Новгородцевой, придорожный участок.

№ 3 – микрорайон ЖБИ, ул. Новгородцевой, внутренний двор.

№ 4 – Верх-Исетский район, ул. Репина, придорожный участок.

№ 5 – Верх-Исетский район, ул. Репина, внутренний двор.

№ 6 – 28-й километр по Пермской трассе.

№ 7 – Ленинский район, ул. Фурманова, внутренний двор.

№ 8 – Октябрьский район, парк Маяковского.

Данный метод исследования атмосферы на загрязнения был частично рассмотрен в работах [1, 2, 4].

Принимая во внимание, что микрочастицы примесей из атмосферного воздуха со временем осаждаются на поверхности земли, судить об уровне загрязнения можно по результатам анализа проб талой воды.

Пробы снега были расплавлены, профильтрованы через фильтр для получения прозрачных растворов. Качество атмосферного воздуха оценивали по следующим показателям: рН, содержание нитратов, ионов свинца, кадмия и меди в водных образцах. Измерения производились потенциометрическим методом с использованием соответствующих ионоселективных электродов. Кроме того, пробы были проанализированы

на наличие сульфатов. Эксперимент был проведен в учебно-исследовательской лаборатории химии РГППУ.

**Результаты и обсуждение.** Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха в промышленных центрах являются предприятия металлургии, машиностроения, энергетики и транспорт. Авторами [9, с. 206] описаны конкретные химические загрязнители, образующиеся при работе предприятий разных отраслей промышленности. Влияние загрязнителей описано в работе [7]. Соответствие загрязняющих веществ предприятиям тех или иных отраслей промышленности в Свердловской области приведено в табл. 1. Данные взяты из санитарно-эпидемиологические требований [6].

Таблица 1. Загрязняющие вещества, образующиеся при работе различных предприятий

Группа предприятий и транспорт	Образующиеся аэрозоли	Газообразные выбросы
Химическая промышленность	Пыль, сажа	CO, NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> S, CS <sub>2</sub> , органические вещества, кислоты, растворители, соединения тяжелых металлов и др.
Металлургические и коксохимические предприятия	Пыль, оксиды металлов	NO <sub>x</sub> , CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , CO, NH <sub>3</sub> , альдегиды, бензапирен, органические вещества, фтористые соединения, оксиды тяжелых металлов
Горная промышленность	Пыль, сажа	CO, органические вещества, фтористые соединения, соединения тяжелых металлов (в зависимости от процесса)
Промышленность стройматериалов	Пыль	CO, органические вещества
Транспорт	Сажа	NO <sub>x</sub> , CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , CO, углеводороды, альдегиды, бензапирен, органические кислоты, соединения тяжелых металлов
Предприятия теплоэнергетики	Сажа	NO <sub>x</sub> , CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , CO, оксиды тяжелых металлов
Машиностроение	Пыль, сажа, масляные аэрозоли	NO <sub>x</sub> , CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, растворители ароматического ряда, углеводороды, соединения тяжелых металлов и др.

Как следует, из табл. 1, приоритетными загрязнителями атмосферного воздуха в Екатеринбурге являются оксиды азота, серы, углерода, а также тяжелые металлы. О высоких концентрациях сернистого газа, оксидов азота и углерода свидетельствуют данные [10, с. 59]. Повышенное содержание указанных соединений в атмосферном воздухе способствует развитию таких глобальных экологических проблем, как парниковый эффект (NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>), кислотные осадки (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>), разрушение озонового слоя (фреоны, NO<sub>x</sub>).

Результаты анализа проб талой воды приведены в табл. 2. Загрязнение атмосферного воздуха по г. Екатеринбург неравномерное и зависит от места отбора пробы. Как видно из табл. 2, в пробах №№ 1 – 5, 8 обнаружено превышение допустимых концентраций свинца. В выхлопных газах двигателей внутреннего сгорания содержится огромное количество

токсичных веществ, среди которых – соединения свинца. Согласно данным исследователей [11, с. 310], именно автотранспорт в крупных городах России доминирует среди источников загрязнения. В выхлопных газах автотранспорта, работающего на этилированном бензине, содержится тетраэтилсвинец, используемый в качестве присадки к топливу. В [11, с. 315] отмечается, что при сжигании 1 л этилированного бензина в воздух поступает 0,2–0,4 г свинца. В результате больше всего загрязняются придорожные территории. Однако выхлопы автотранспорта распространяются не только вдоль дорог, но и на придомовые парковочные зоны (дворы), скверы и парки вблизи автомагистралей. Свинец, как и многие другие тяжелые металлы, способен аккумулироваться в живых организмах, усиливая негативное воздействие. Избыточные концентрации свинца вызывают психические заболевания; ослабление иммунитета; поражение почек и печени, а также способствуют развитию мутагенного и тератогенного эффектов [12, с. 13]. К признакам свинцового отравления относят анемию (вследствие связывания с эритроцитами), постоянные головные и мышечные боли.

Таблица 2. Содержание тяжелых металлов, нитратов и значений pH в пробах.

Про ба	pH	$C_{Pb^{2+}}$ , мг/дм <sup>3</sup>	ПДК <sub>Pb2+</sub> +, мг/дм <sup>3</sup>	$C_{NO_3}$ мг/дм <sup>3</sup>	ПДК $NO_3$ мг/дм <sup>3</sup>	$C_{Cu^{2+}}$ мг/дм <sup>3</sup>	ПДК <sub>Cu2+</sub> +, мг/дм <sup>3</sup>	$C_{Cd^{2+}}$ мг/дм <sup>3</sup>	ПДК <sub>Cd2+</sub> мг/дм <sup>3</sup>
1	6,52	1,26	<b>0,03</b>	3,46	<b>45,0</b>	1,01	<b>1,00</b>	0,48	<b>0,001</b>
2	7,89	0,12		2,15		0,11		–	
3	6,89	0,21		38,20		0,28		–	
4	7,61	0,10		51,58		0,10		–	
5	7,45	0,12		1,41		0,28		–	
6	5,87	0,06		0,24		0,45		0,01	
7	7,11	0,06		48,22		0,11		–	
8	6,93	0,84		29,56		0,10		–	

« – » определяемые значения находятся ниже предела обнаружения потенциометрическим методом

В пробе №№ 4 и 7 обнаружено превышение допустимых норм нитратов, образовавшихся, очевидно, в результате процесса окисления диоксида азота, содержащегося в выхлопных газах автотранспорта. Данные пробы отобраны в разных районах: № 4 – с придорожной полосы, № 7 – во дворе. Однако при оценке загрязнения поверхности земли выбросами предприятий и выхлопными газами транспорта следует учитывать также доминирующее направление ветра и его скорость. Последнее позволяет разъяснить достаточно сильное загрязнение некоторых придомовых территорий продуктами сгорания топлива.

Значения pH и концентрации ионов меди в исследуемых пробах находятся в пределах допустимых значений. Высокое содержание кадмия, найденное в пробах №№ 1 и 6,

объясняется, скорее всего, ошибкой используемого потенциометрического метода вследствие его недостаточно низкого предела обнаружения.

Из спектра исследуемых образцов снега выгодно отличается проба № 6 в связи с полным соответствием определяемых показателей нормативным значениям. Последнее вполне закономерно, поскольку данная проба отобрана вдали от города.

В промышленных районах (пробы №№ 1, 4, 5) загрязнение, главным образом, свинцом заметно выше, чем в спальных. На рис. 1 превышение допустимых концентраций свинца в пробах. Максимальные концентрации свинца обнаружены в пробах №№ 1 и 8, отобранные в городских парках – «Летний» и им. Маяковского. Оба парка располагаются вблизи транспортных развязок с сильным движением автотранспорта.

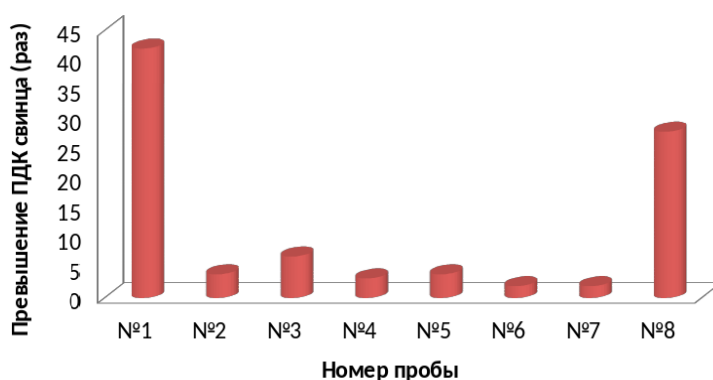


Рис. 1 – Превышение ПДК свинца в исследуемых пробах снега.

**Выводы.** Таким образом, в работе были проанализированы пробы снега на реакцию среды, содержание тяжелых металлов и нитрат-ионов. В пробах №№ 1 и 8 обнаружено многократное превышение ПДК свинца вследствие близости расположения мест отбора проб к автомагистралям. Содержание кадмия и меди находятся в пределах нормы. Содержание нитрат-ионов в пробах №№ 4 и 7 превышают нормативное значение в связи с возможным доминированием направления ветра и скопления автотранспорта. Очевидно, что приоритетным источником загрязнения атмосферного воздуха в Екатеринбурге является автотранспорт. С целью минимизации негативного воздействия выхлопных газов на организм человека необходимо создавать новые транспортные развязки в городе; продумать рациональную организацию движения транспортных потоков в городе, в частности, выделить скоростные дороги безостановочного движения и предусмотреть организацию пересечения улиц на разных уровнях. Нужно стремиться повышать качества моторных бензинов, устанавливать многоступенчатые системы нейтрализации выхлопных газов и, наконец, максимально озеленять придорожные и другие территории.

1. Барабанова А. А. Загрязнение воздуха // Стратегия устойчивого развития регионов России : сборник материалов XVII Всероссийской научно-практической конференции, Новосибирск, 11 ноября 2013 г. Новосибирск : Центр развития научного сотрудничества. С. 123–126.
2. Гарин В. М., Клёнова И. А., Колесников В. И. Экология для технических вузов / под ред. В. М. Гарина. Ростов н/Д : Феникс, 2001. 383 с.
3. Годовой обзор 2021 «Качество атмосферного воздуха городов Свердловской области в 2021 году» / Урал. упр. по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. URL: <http://svgimet.ru/wp-content/uploads/2022/04/Годовой-обзор-2021.pdf>.
4. Гончарова О. В. Экология для бакалавров. Ростов н/Д : Феникс, 2013. 366 с.
5. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды в Свердловской области в 2020 году» / Мин-во природ. ресурсов и экологии Свердл. обл. URL: <https://mprso.midural.ru/uploads/2021/10/макет%202020.pdf>.
6. Коробкин В. И., Передельский Л. В. Экология. Ростов н/Д : Феникс, 2015. 602 с.
7. СанПиН 2.1.3684-21. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий" (с изменениями на 14 февраля 2022 года) // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573536177?ysclid=l4ybkuo4kx589034623>.
8. Махниченко А. С. Влияние тяжёлых металлов на организм человека // Science Time. 2016. № 2 (26). С. 395–401. URL: <https://cyberleninka.ru/journal/n/science-time?i=1103728>.
9. Основы инженерной экологии / В. В. Денисов, И. А. Денисова, В. В. Гутенев, Л. Н. Фесенко ; под ред. В. В. Денисова. Ростов н/Д : Феникс, 2013. 623 с.
10. Ершова К. А. Вопросы применения административной и уголовной ответственности за загрязнение атмосферного воздуха (на примере Свердловской области) // Юридические исследования. 2019. С. 58–67. URL: [https://nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=30498](https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=30498).
11. Экология города / В. В. Денисов, А. С. Курбатова, И. А. Денисова и др. ; под ред. В. В. Денисова. Ростов н/Д : Феникс, 2015. 565 с.
12. Колосова И. И. Влияние ацетата свинца, солей тяжелых металлов на репродуктивную функцию // Вісник проблем біології і медицини. 2013. Вип. 3, т. 2 (103). С. 13–18.