
Мониторинг кислых примесей в атмосфере урбанизированных территорий и прогнозирование экологических рисков для населения

И.Ю. Глинянова

Волгоградский государственный технический университет

Аннотация: Мониторинг кислых примесей в атмосфере урбанизированных территорий способствует прогнозу экологических рисков для населения. Цель данной работы заключалась в мониторинге кислых примесей в атмосфере жилой зоны пос. Светлый Яр (Светлоярский район Волгоградской области) и прогнозировании экологических рисков для населения за весенне-летний период 2019 г. В результате проведенных исследований был выявлен показатель кислотности: $pH=4.56\pm 0.03$ при уровне значимости $p = 0.05$, что свидетельствовало о кислой среде атмосферного воздуха и о неблагоприятном воздействии его на дыхательную систему организма человека.

Ключевые слова: мониторинг, аэрозоли; кислотность, pH, урбосреда, экологические риски

Введение. Мониторинг атмосферного воздуха в населенных пунктах позволяет контролировать там экологическую ситуацию [1, 2] и прогнозировать экологические риски для населения, разрабатывать экологические мероприятия для защиты их от действия неблагоприятных факторов.

Известно, что кислые примеси в атмосферном воздухе урбанистических территорий действуют на систему дыхания человека. Так, нормальное функционирование носовой полости, ее мукоцилиарной системы, осуществляющей местную защиту слизистой оболочки органов дыхания от внешних воздействий, включая инфекцию, находится в диапазоне: $pH=7-7.5$ [3, 4]. Незначительный сдвиг значений показателя pH в кислую среду, а именно: $pH < 6.26$, может существенно повлиять на работу слизистой оболочки носа и вызывать назальные симптомы [5]. Установлено, что при $pH=5.8$ происходит значительное повышение активности фермента глутаминазы в носовой полости, который может способствовать развитию острого астматического воспаления дыхательных путей [6]. Вдыхание кислотного аэрозоля со значениями $pH=5$, $pH=3$, $pH=2$ способствует

развитию бронхоспазмов [7], а при рН=3 наблюдается заметное повреждение носового прохода [8]; при рН=2.9; рН=2 может происходить сужение бронхов [9].

Существующая и доказанная зависимость между кислыми аэрозолями из атмосферного воздуха и функционированием дыхательной системы человека свидетельствует об актуальности исследований мониторинга кислых примесей в атмосферном воздухе с целью прогнозирования экологических рисков для населения. В этой связи целью исследования является мониторинг показателя кислотности аэрозолей в жилой зоне р.п. Светлый Яр (Светлоярский район Волгоградской области) за весенне-летний период в 2019 году и прогнозирование экологических рисков для населения.

Материал и методы исследования. Материалом исследования послужили листья с аэрозольными частицами одного вида древесных растений (абрикосовые деревья (*Prunus armeniaca*)) в пос. Светлый Яр, где 1 образец составлял 150 см² площади листовой поверхности. Отбор листьев с дерева производился случайным образом. Площадь 1 листа абрикосового дерева ориентировочно составляла 15 см². Площадь листьев рассчитывалась методом сканирования с использованием графического редактора Adobe Photoshop. Итого в одной точке отбиралось не менее 50 листьев с 5-ти абрикосовых близко растущих деревьев (*Prunus armeniaca*) суммарной площадью не менее 750 см². Листья отбирались с 5 деревьев (5 повторов) в конце вегетации (октябрь 2019 г.) с открытой стороны растения на высоте 0,6–2,0 м. над уровнем земли с разных сторон. В одной точке исследования было получено 5 образцов (1 образец: 10 листьев абрикосовых деревьев (*Prunus armeniaca*)). Всего было изучено 30 образцов с 6-ти точек исследования.

Так, 1 образец листьев абрикосовых деревьев (*Prunus armeniaca*) помещали в стеклянный контейнер со 100 мл дистиллированной воды,

перемешивали в течение нескольких минут стеклянной палочкой, чтобы смыть частицы с поверхности листьев. В результате этого получались аэрозольные суспензии, которые далее исследовались по показателю кислотности (рН). Величину водородного показателя (рН) измеряли на электрохимическом оборудовании серии "МУЛЬТЕСТ" (Россия) [10].

Результаты исследования. Проведенные исследования в 6-ти точках на территории пос. Светлый Яр позволили выявить нижеследующие значения показателя кислотности (рН), которые отражены в таблице 1.

Таблица № 1

Результаты исследования показателя кислотности (рН) аэрозольных суспензий (смыв аэрозольных частиц с листьев абрикосовых деревьев (*Prunus armeniaca*) за весенне-летний период 2019 года в пос. Светлый Яр (Светлоярский район Волгоградская область)

№ пробы	рН в точках исследования					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1	4,8	4,5	4,7	4,3	4,6	4,7
2	4,5	4,6	4,8	4,4	4,8	4,6
3	4,7	4,7	4,6	4,4	4,4	4,4
4	4,6	4,5	4,3	4,5	4,6	4,3
5	4,5	4,5	4,5	4,7	4,5	4,8

Данные, которые были получены в пос. Светлый Яр, по показателю кислотности (рН) являлись распределенными по достаточно большой территории, поэтому требовалось доказать, что внутри исследуемого земельного участка показатели выборки различаются незначительно. Для верификации незначимости различий был использован аппарат проверки гипотез об однородности выборок - непараметрический критерий Краскела–Уоллиса. Проверка статистической гипотезы проводилась на уровне значимости, равном 0.05. Все необходимые расчеты осуществлялись в статистическом пакете R (версия 3.6.1, R Core Team 2020).

Гипотезы, выдвинутые в исследовании:

H0: Статистически значимых различий между результатами групп нет;
H1: Различия между результатами групп статистически значимы.
Результаты проверки гипотезы об отсутствии статистически значимых различий между значениями показателя кислотности аэрозольных суспензий (рН), измеренных в каждой точке исследования на территории пос. Светлый Яр отражены в таблице 2.

Таблица № 2

Результаты проверки гипотезы об однородности выборок внутри пос.
Светлый Яр, 2019 год

χ^2	Число степеней свободы (Df)	P-value
3,18	5	0.6719

Проверка на нормальность тестом Колмогорова-Смирнова в модификации Лиллиефорса, показала, что данные показателя кислотности за весенне-летний период 2019 года имеют нормальное распределение (таблица №3)

Таблица №3

Проверка на нормальность данных показателя кислотности (рН) за весенне-летний период 2019 года тестом Колмогорова-Смирнова в модификации Лиллиефорса

D	P-value
0.153	0.07

На рисунке 1 представлена гистограмма плотности распределения значений электропроводности аэрозольных суспензий из зоны поселка Светлый Яр.

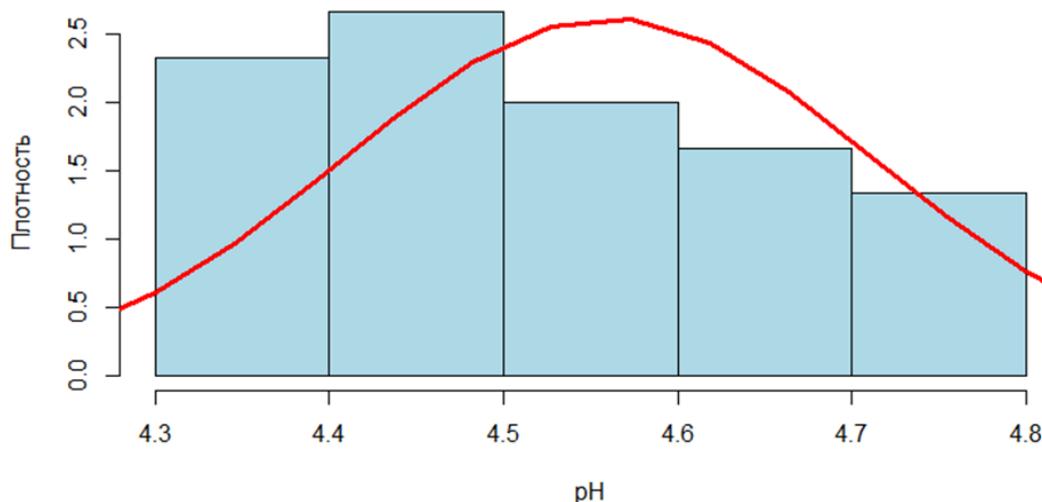


Рис.1. Гистограмма плотности распределения значений кислотности аэрозольных суспензий из поселка Светлый Яр, совмещенная с графиком плотности нормального распределения (красная линия)

Таким образом, при уровне значимости $\alpha=0,05$ гипотеза об однородности выборок была признана значимой. В этой связи полученные описательные статистики по показателю pH за весенне-летний период 2019 года в пос. Светлый Яр (Светлоярский район Волгоградская область) (таблица №4) подвергались оцениванию с позиции экологических рисков.

Таблица № 4

Описательные статистики показателя pH за весенне-летний период 2019 года в пос. Светлый Яр (Светлоярский район Волгоградская область)

pH	Стандартная ошибка	Медиана	Мода	Стандартное отклонение	Дисперсия выборки	Экцесс	Асимметричность	Счет
4.56	0.027792	4.55	4.5	0.152225	0.023172	-0.8377	-0.0151	30

Как видно из таблицы 4, значения показатели кислотности в пос. Светлый Яр наблюдались в среднем: $pH=4.56\pm 0.028$, то есть <5 . Данный факт свидетельствовал об экологических рисках для населения, связанных с кислой средой аэрозолей, поскольку известно, что кислотное загрязнение воздуха может вызывать обострение астмы, способствовать развитию бронхоспазмов, угнетать работы дыхательной системы человека. Так, исследование, например, влияния кислотного тумана городской среды на дыхательную систему жителей Кусиро (остров Хокайдо, Япония), где показатель кислотности тумана мог в течение нескольких месяцев варьироваться от 3,32 до 6,91 (среднее значение $pH=5$), увеличивал количество посещений японцами больниц в связи с обострением астмы среди жителей Кусиро [11]. Долгосрочное же хроническое воздействие кислых примесей может инициировать, например, преждевременную смертность [12]. Brusselle G.G. [etc] обнаружили, что при вдыхании кислотных оксидов из атмосферного воздуха в живом организме может разрушаться легочная ткань, развиваться аномальные воспалительные реакции дыхательных путей и легких, формироваться обструктивная болезнь легких [13].

Выводы. Проведенное исследование установило в пос. Светлый Яр (Светлоярский район Волгоградской области) наличие кислых аэрозолей в атмосферном воздухе жилых зон. Данный факт свидетельствует о возможных экологических рисках для населения с нагрузкой на дыхательную систему, которая может быть вызвана нарушением ее деятельности, развитием бронхоспазмов. Источником кислых аэрозолей в жилой зоне пос. Светлый Яр (Светлоярский район Волгоградской области) могут быть как антропогенные, так и природные выбросы, что требует дальнейшего исследования территории и выявления источников загрязнения.

Литература

1. Глинянова И.Ю. Экологическая безопасность жилых зон населенных пунктов на основе мониторинга показателя кислотности аэрозолей // Инженерный Вестник Дона. 2021. №9. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2021/7180.

2. Глинянова И.Ю. Обеспечение экологической безопасности жилых зон населенных пунктов на основе мониторинга аэрозольных частиц // Инженерный Вестник Дона. 2021. №7. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2021/7070.

3. Озерская И.В., Геппе Н.А. Факторы, влияющие на состояние цилиарного эпителия и мукоцилиарный клиренс // Эффективная фармакотерапия. Пульмонология и оториноларингология, 2011, №2. с.24-28.

4. Магомедов М.М., Магомедов Г.М. Кислотно-основное равновесие и мукоцилиарный клиренс в полости носа при хроническом рините и воспалительных заболеваниях ОНП // Вестник Оториноларингологии, 2013, №2, с. 43-45.

5. Chusakul S. [et al.] Comparison of Buffered and Nonbuffered Nasal Saline Irrigations in Treating Allergic Rhinitis // Laryngoscope.2013.V.123.issue1.pp53-56. DOI:10.1002/lary.23617.

6. Hunt J.F. [et al.] Expression and activity of pH-regulatory glutaminase in the human airway epithelium // American journal of respiratory and critical care medicine.2002.V.165.issue1.pp.101-107. DOI:10.1164/ajrccm.165.1.2104131.

7. Miric M. Risk of acute bronchospasm and bronchial hyperreactivity from inhaled acid aerosol in healthy subjects: Randomized, double-blind controlled trial // Croatian medical journal.2004.V.45.issue6.p.709-714.

8. Beckspeier I. [et al.] Sulfite oxidase activity in rat nasal tissue and pathological responses to inhalation of sulfur-oxides // Journal of aerosol science.1990.V.21.p.463-466.DOI:10.1016/0021-8502 (90)90281-2.

9. Atzori L. Sodium metabisulfite and citric acid induce bronchoconstriction via a sulfite-sensitive pathway in the isolated guinea pig lung // *Respiration*.V.64. issue 2.pp.145-151.

10. Глинянова И.Ю. [и др.] Пат. 2735034 Российская Федерация, МПК 51 G01N 33/00. Способ оценки экологического состояния территории / Глинянова И.Ю. и др.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образование высшее образование "Волгоградский государственный технический университет" (ВолгГТУ). - № 2020114508; заявл. 23.04.2020; опубл.27.10.2020, Бюл. №30. - 12 с.

11. Tanaka H. Two-year follow-up study of the effect of acid fog on adult asthma patients // *Internal Medicine*.1996.V.35.issue2.p.100-104. DOI:10.2169/internalmedicine.35.100

12. Lippmann M (2003) Conference Proceedings, 2, p.83-92.

13. Brusselle GG, Bracke KR, Maes T, D'Hulst AI, Moerloose KB, Joos GF, Pauwels RA (2006) *Pulmonary Pharmacology & Therapeutics* 19, p.155-165.

References

1. Glinyanova I.YU. *Inzhenernyj Vestnik Dona*. 2021. №9. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2021/7180.

2. Glinyanova I.YU. O. *Inzhenernyj Vestnik Dona*. 2021. №7.URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2021/7070.

3. Ozerskaya I.V., Geppe N.A. *Effektivnaya farmakoterapiya. Pul'monologiya i otorinolaringologiya*, 2011, №2, p.24-28.

4. Magomedov M.M., Magomedov G.M. *Vestnik Otorinolaringologii*, 2013, 2, pp. 43-45.

5. Chusakul S. [et al.] *Laryngoscope*.2013.V.123.issue1.p.53-56.DOI:10.1002/lary.23617.

6. Hunt J.F. [et al.] *American journal of respiratory and critical care medicine*.2002.V.165.issue1.pp.101-107. DOI:10.1164/ajrccm.165.1.2104131.



7. Miric M. Croatian medical journal.2004.V.45.issue6.p.709-714.
8. Beckspeier I. [et al.] Journal of aerosol science.1990.V.21.p.463-466.DOI:10.1016/0021-8502 (90)90281-2.
9. Atzori L. Respiration.V.64.issue2.pp.145-151.
10. Glinyanova I.YU. [i dr.] Pat. 2735034. Byul. №30. - 12 p.
11. Tanaka H. Internal Medicine.1996.V.35.issue2.p.100-104.
DOI:10.2169/internalmedicine.35.100
12. Lippmann M (2003) Conference Proceedings, 2, pp.83-92.
13. Brusselle GG, Bracke KR, Maes T, D'Hulst AI, Moerloose KB, Joos GF, Pauwels RA (2006) Pulmonary Pharmacology & Therapeutics 19, pp.155-165.