

*Ломова Ольга Александровна, канд. пед. наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности и здоровьесберегающих технологий,*

*Петрозаводский государственный университет, Россия г. Петрозаводск*

*e-mail: [olglomova@gmail.com](mailto:olglomova@gmail.com)*

*Кирилов Александр Алексеевич, студент, направление подготовки*

*«Техносферная безопасность» Петрозаводский государственный*

*университете, Россия г. Петрозаводск*

## **ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОЗДУХА ЛЕТУЧИМИ ОРГАНИЧЕСКИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ**

**Аннотация:** В данной статье рассматривается проблема загрязнения воздуха летучими органическими соединениями (ЛОС), их источники и воздействие на окружающую среду и здоровье человека. Статья освещает актуальность проблемы, исследует механизмы влияния ЛОС на атмосферу и последствия для глобального потепления. Также рассмотрены стратегии и технологии для снижения выбросов ЛОС и уменьшения их негативного воздействия. Отмечается важность комплексного подхода и сотрудничества между государством, промышленными предприятиями и гражданским обществом для успешного решения проблемы.

**Ключевые слова:** летучие органические соединения, загрязнение воздуха, снижение выбросов, технологии, стратегии.

**Abstract:** This article discusses the problem of air pollution by volatile organic compounds (VOCs), their sources and impact on the environment and human health. The article highlights the relevance of the problem, explores the mechanisms of the influence of VOCs on the atmosphere and the consequences for global warming. Strategies and technologies for reducing VOC emissions and reducing their negative

impact are also considered. The importance of an integrated approach and cooperation between the state, industrial enterprises and civil society for the successful solution of the problem is noted.

**Keywords:** volatile organic compounds, air pollution, emission reduction, technologies, strategies.

**Введение.** Загрязнение воздуха является одной из самых острых экологических проблем в мире. С каждым годом количество летучих органических соединений, выбрасываемых в атмосферу, растет, что приводит к серьезным последствиям для здоровья человека и окружающей среды. Летучие органические соединения (ЛОС) представляют собой большую группу химических соединений, содержащих углерод и другие элементы, которые могут испаряться при обычных температурах и давлениях. Они включают в себя различные соединения, такие как бензол, толуол, этилен, ацетилен и многие другие. Загрязнение воздуха ЛОС происходит в результате промышленных процессов, автомобильного транспорта, использования растворителей и многих других источников. Некоторые из этих соединений являются канцерогенами, токсичными для нервной системы и могут вызывать другие серьезные заболевания.

Целью данного исследования является изучение основных источников загрязнения воздуха летучими органическими соединениями и их влияние на окружающую среду и атмосферу, а также выявление путей снижения негативного воздействия на окружающую среду и здоровье человека. Для достижения этой цели необходимо провести анализ существующей литературы и исследований, которые были проведены на данную тему.

**Определение и источники летучих органических соединений (ЛОС).** Летучие органические соединения (ЛОС) – это органические химические вещества, которые имеют высокое давление паров при комнатной температуре. Высокое давление пара коррелирует с низкой температурой кипения, которая зависит от количества молекул образца в окружающем воздухе, черта,

известная как летучесть. ЛОС многочисленны, разнообразны и распространены повсеместно. Они включают в себя широкий спектр соединений, таких как алканы, алкены, алкины, ароматические углеводороды и прочие [1].

Европейский Союз определяет ЛОС как «любое органическое соединение, имеющее начальная точка кипения ниже или равна 250° С (482°F), измеренная при стандартном атмосферном давлении 101,3 кПа».

Источники летучих органических могут быть классифицированы на три основные категории:

1. Природные источники: ЛОС могут происходить от растений [2] и животных, включая их метаболические процессы, распад органических материалов в почве и древесинах, источники нефти и газа, а также от гниющих органических веществ [2].

2. Антропогенные источники: ЛОС могут быть произведены человеческой деятельностью, такой как транспортные средства, промышленные процессы, сельское хозяйство, использование растворителей, отходы и т.д.

3. Естественные источники внутренней и внешней среды: ЛОС могут образовываться в атмосфере при естественных процессах, таких как молния, океанские прибрежные зоны, диоксид азота, фенолы и др. [3].

Примеры летучих органических соединений включают в себя: метан, этан, бензол, толуол, стирол, хлордифторометаны, диоксин, формальдегид, акролеин, бензальдегид, ацетон, трихлорметан, хлорметан, перхлорэтилен и многие другие.

**Влияние ЛОС на окружающую среду и атмосферу.** Летучие органические соединения (ЛОС) могут иметь негативное влияние на окружающую среду и атмосферу. Некоторые из основных воздействий ЛОС на окружающую среду и атмосферу включают:

1. Окисление и образование фотохимического смога: Некоторые ЛОС, такие как углеводороды, окисляются в атмосфере и образуют фотохимический смог. Этот смог может вызвать раздражение дыхательных путей и глаз, а также повышение уровня озона на поверхности Земли, что может негативно влиять на

здоровье людей и животных [4].

2. Последствия для здоровья: Некоторые ЛОС, например, бензол, могут привести к возникновению рака. Если человек длительное время находится в окружении высокого уровня бензола в воздухе, это может вызвать лейкемию - вид рака, который поражает кроветворящие органы. Международное агентство по изучению рака (IARC) подтвердило, что бензол является веществом, способным вызвать рак у человека [5]. Другие ЛОС, такие как формальдегид, могут вызывать раздражение глаз и дыхательных путей, а также вызывать аллергические реакции у некоторых людей [6].

3. Влияние на климат: Некоторые ЛОС, такие как хлорфторуглероды, могут разрушать озоновый слой, что может усилить эффект парникового газа и привести к глобальному потеплению [7].

4. Аккумуляция в природной среде: Некоторые ЛОС, такие как полихлорированные бифенилы (ПХБ), могут накапливаться в природной среде и приводить к отравлению животных и людей, которые потребляют зараженные продукты [8].

5. Разрушение экосистем: Некоторые ЛОС могут негативно влиять на живые организмы в экосистеме, что может привести к разрушению их жизненных циклов и снижению биоразнообразия.

Из-за вредных последствий для окружающей среды и человеческого здоровья, эти отрицательные факторы могут иметь неблагоприятные последствия для нашей планеты в целом. Чтобы предотвратить это, мы предлагаем несколько способов уменьшения отрицательного воздействия на окружающую среду и здоровье человека, которые включают в себя стратегии и технологии для сокращения выбросов вредных веществ.

**Стратегии снижения выбросов ЛОС.** Существует несколько стратегий, которые могут быть использованы для снижения выбросов ЛОС и их влияния на окружающую среду и здоровье человека:

1. Переход на более экологически чистые виды топлива.

Один из способов снижения выбросов ЛОС является переход на более

экологически чистые виды топлива, такие как биотопливо, сжиженный природный газ (СПГ) и электрическая энергия. Эти виды топлива имеют намного меньший уровень выбросов вредных веществ, чем традиционные виды топлива, используемые в ЛОС. Один из примеров перехода на экологически чистые виды топлива в мире — это использование биотоплива в авиации. В 2011 году, авиакомпания KLM первой в мире начала выполнять коммерческие рейсы с использованием биотоплива. Рейс, выполненный на линии Амстердам-Париж, использовал смесь из 50% биотоплива и 50% керосина. Биотопливо было произведено из масла жаток ореха макадамии, которое было выращено на необработанных землях в Индонезии. В результате использования биотоплива в этом рейсе были снижены выбросы углеродных оксидов на 50-80% по сравнению с традиционным керосином. Более того, биотопливо, используемое в этом рейсе, было произведено с учетом принципов устойчивого развития, что означает, что оно было произведено без нанесения ущерба окружающей среде и без угрозы продовольственной безопасности [9].

## 2. Внедрение систем очистки выхлопных газов.

Другой способ снижения выбросов ЛОС - внедрение систем очистки выхлопных газов. Эти системы позволяют улавливать и удалять вредные вещества из выхлопных газов ЛОС, прежде чем они попадут в атмосферу. Такие системы очистки могут быть установлены как на новых ЛОС, так и на уже существующих. Существует несколько видов систем очистки выхлопных газов, включая катализаторы, фильтры твердых частиц и системы очистки окислов азота.

## 3. Улучшение технологий сжигания топлива.

Третий способ снижения выбросов ЛОС - улучшение технологий сжигания топлива. Новые технологии сжигания топлива могут значительно уменьшить количество вредных выбросов, так как они позволяют более эффективно сжигать топливо. Например, системы смешения воздуха и топлива, такие как турбулентные системы, могут значительно снизить количество оксидов азота, выходящих в атмосферу. Примером улучшения технологий

сжигания топлива в мире является проект Clean Sky, запущенный Европейской комиссией и европейскими авиакомпаниями. Этот проект был создан для разработки более эффективных и экологически чистых двигателей для авиации. В рамках проекта были разработаны новые технологии сжигания топлива, которые позволяют более эффективно использовать топливо и снижать выбросы вредных веществ в атмосферу. Например, новые двигатели, разработанные в рамках проекта, имеют более эффективные системы внутренней смеси воздуха и топлива, которые позволяют сжигать топливо более полно и уменьшать количество выбросов оксидов азота. Одним из конкретных примеров успеха проекта Clean Sky является разработка двигателя Rolls-Royce Trent XWB, который используется на самолетах Airbus A350. Этот двигатель имеет более эффективную систему сжигания топлива, которая позволяет снизить выбросы оксидов азота на 50% по сравнению с предыдущими моделями двигателей. Кроме того, этот двигатель имеет более низкий уровень шума и меньший расход топлива, что также способствует снижению вредных выбросов в атмосферу [10].

**Технологии снижения воздействия выбросов ЛОС на окружающую среду и здоровье человека.** Кроме того, существует несколько технологий, которые могут быть использованы для снижения воздействия выбросов ЛОС на окружающую среду и здоровье человека:

1. Улучшение систем воздушной навигации.

Улучшение систем воздушной навигации может помочь снизить воздействие выбросов ЛОС на окружающую среду и здоровье человека. Оптимизация маршрутов полетов может сократить время воздушных перелетов и, как следствие, количество выбросов ЛОС. Кроме того, использование новых систем навигации, таких как системы точного позиционирования и навигации (GPS), может помочь избежать ненужных полетов и тем самым снизить количество выбросов. Один из примеров улучшения систем воздушной навигации для снижения выбросов ЛОС — это проект Single European Sky ATM Research (SESAR), который реализуется Европейским союзом. Цель проекта -

улучшить систему воздушного трафика в Европе и снизить воздействие выбросов ЛОС на окружающую среду. Один из компонентов проекта SESAR — это оптимизация маршрутов полетов с помощью новых технологий воздушной навигации и автоматизации [11]. Новые системы навигации, такие как GPS, позволяют точно определять местоположение ЛОС и оптимизировать их маршруты, снижая время полетов и количество выбросов ЛОС. Проект SESAR уже был успешно реализован на нескольких аэропортах в Европе, таких как аэропорт Хитроу в Лондоне и аэропорт Шарль де Голль в Париже. В результате использования новых систем навигации и оптимизации маршрутов полетов было достигнуто снижение выбросов ЛОС на 8-10%, что является значительным достижением в снижении воздействия ЛОС на окружающую среду и здоровье человека.

2. Внедрение солнечных батарей и других источников возобновляемой энергии

Использование солнечных батарей и других источников возобновляемой энергии на земле может снизить потребность в генерации электричества на месте, что приведет к снижению выбросов углеродных оксидов и других вредных веществ.

3. Разработка новых материалов.

Разработка новых материалов может помочь снизить количество выбросов ЛОС и уменьшить воздействие на окружающую среду и здоровье человека. Один из реальных примеров использования новых материалов для снижения выбросов ЛОС — это создание самолетов Boeing 787 Dreamliner. Для создания этого самолета были использованы новые материалы, такие как композиты из углеродных волокон, которые значительно легче и прочнее, чем традиционные материалы, такие как алюминий. Благодаря этому, Dreamliner потребляет меньше топлива и выбрасывает меньше вредных веществ в атмосферу по сравнению с другими традиционными ЛОС [12]. Кроме того, новые материалы, использованные в Dreamliner, также обеспечивают более тихий полет, что также является положительным фактором для окружающей

среды и здоровья людей, живущих вблизи аэропортов.

**Заключение.** В ходе данной статьи мы рассмотрели различные проблемы загрязнения воздуха летучими органическими соединениями (ЛОС). Обозначили источники ЛОС, их влияние на окружающую среду и атмосферу, а также последствия для здоровья человека. Ключевые стратегии и технологии, которые могут помочь снизить выбросы ЛОС и уменьшить их вредное воздействие, также были представлены. Решение проблемы загрязнения воздуха ЛОС требует комплексного подхода и активного сотрудничества между государственными органами, промышленными предприятиями, научным сообществом и гражданским обществом. Инвестиции в исследования и разработку новых технологий, внедрение более чистых процессов производства, улучшение систем очистки выбросов и снижение потребления энергии являются неотъемлемой частью решения этой проблемы. В заключение, хотим подчеркнуть, что борьба с загрязнением воздуха летучими органическими соединениями – это долгосрочная задача, требующая упорных и последовательных действий на всех уровнях. Совместные усилия всех участников этого процесса позволят достичь улучшения качества воздуха, снижения вредного воздействия на окружающую среду и здоровье человека, а также создания основ для устойчивого развития нашей планеты.

#### **Библиографический список:**

1. Goldstein, A. H. Known and unknown organic constituents in the Earth's atmosphere / A. H. Goldstein, I. E. Galbally. Текст: непосредственный// Environmental Science and Technology. 2007. № 41(5). С. 1514-21.
2. Pichersky, E. The formation and function of plant volatiles: Perfumes for pollinator attraction and defense / E. Pichersky, J. Gershenzon. Текст: непосредственный // Current Opinion in Plant Biology. 2002. № 5(3). С. 237-243.
3. Laothawornkitkul, J. Biogenic volatile organic compounds in the Earth system: Tansley review / J. Laothawornkitkul, J. Taylor, D. N. Paul. Текст: непосредственный // New Phytologist. 2009. № 183(1). С. 27-51.

4. Sillman, S. Tropospheric Ozone and Photochemical Smog / S. Sillman. Текст: непосредственный // Treatise on Geo chemistry. 2014. № 2. С. 415-437.
5. Трудков, С.Т. Опасность бензола / С. Т. Трудков. Текст: электронный // Laboratory Research: [сайт]. URL: <https://laboratoria.by/stati/opasnost-benzola> (дата обращения: 06.03.2023).
6. Дорогова, В. Б. Формальдегид в окружающей среде и его влияние на организм (обзор) / В. Б. Дорогова, Н. А. Тараненко, О. А. Рычагова. Текст: непосредственный // Acta Biomedica Scientifica. 2010. № 1. С. 1-4.
7. Chlorofluorocarbons and Ozone Depletion. - Текст: электронный // GeeksforGeeks: [сайт]. URL: <https://clck.ru/33uoаН> (дата обращения: 01.03.2023).
8. Крятов И.А. Полихлорированные бифенилы и диоксины - опасные и персистентные загрязнители окружающей среды (обзор) / И.А. Крятов Текст: непосредственный // Гигиена и санитария. 1991. №12. - С. 1-5.
9. Сороковая, Е. Авиакомпании переходят на биотопливо / Е. Сороковая. - Текст: электронный // Библиотека гуманитарной и технической литературы: [сайт]. URL: <https://clck.ru/33uoZG> (дата обращения: 03.03.2023).
10. Совместное предприятие Clean Sky. - Текст: электронный // ВикибриФ: [сайт]. - URL: [https://ru.wikibrief.org/wiki/Clean\\_Sky](https://ru.wikibrief.org/wiki/Clean_Sky) (дата обращения: 02.03.2023).
11. Single European Sky. - Текст: электронный // European Commission: [сайт]. URL: <https://clck.ru/33uoi2> (дата обращения: 12.03.2023).
12. Boeing 787-9. Фото. Характеристики. - Текст: электронный// AVIA.PRO: [сайт]. URL: <https://avia.pro/blog/boeing-787-9> (дата обращения: 13.03.2023).