



## ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА: КАК ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ ПОМОГАЕТ В ЭКОЛОГИИ

**Морозова Виктория Артемовна**

кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной экологии и автоматизации природоохранных процессов, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Российская Федерация

**Савченко Даниил Романович**

аспирант кафедры инженерной экологии и автоматизации природоохранных процессов, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Российская Федерация

### Аннотация

Повышение уровня загрязнения атмосферного воздуха требует внедрения высокоэффективных технологий контроля и очистки. В последние годы активно развиваются интеллектуальные системы, основанные на алгоритмах искусственного интеллекта (ИИ), способные оптимизировать процессы фильтрации, прогнозировать загрязнения и адаптировать системы очистки в режиме реального времени. В статье рассматриваются современные подходы к очистке воздуха с применением ИИ, включая интеллектуальные фильтры, предиктивное управление, нейросетевые алгоритмы и цифровые двойники экологических систем. Приведены практические примеры использования таких технологий в городской среде и промышленных регионах.

**Ключевые слова:** очистка воздуха, искусственный интеллект, экологический мониторинг, нейросети, интеллектуальные фильтры, устойчивое развитие, цифровые технологии

### 1. Введение

Загрязнение воздуха представляет собой одну из самых острых экологических проблем XXI века. Увеличение концентрации вредных веществ в атмосфере негативно влияет на здоровье населения, климат и экосистемы. Традиционные методы очистки воздуха (механические фильтры, адсорбция, фотокатализ) недостаточно гибки и не всегда эффективно справляются с изменяющимися условиями.

Интеграция искусственного интеллекта (ИИ) в экологические технологии открывает новые горизонты в управлении качеством воздуха и построении адаптивных систем очистки.

## **2. Современные вызовы в области очистки воздуха**

### **2.1. Динамика загрязнения**

Атмосферные выбросы имеют переменный характер, зависящий от времени суток, погодных условий и человеческой активности.

### **2.2. Многообразие загрязняющих веществ**

Диоксиды азота и серы, озон, твердые частицы PM2.5 и PM10, угарный газ, летучие органические соединения — все требуют различных подходов к фильтрации и мониторингу.

### **2.3. Необходимость в адаптивности**

Очистные установки должны подстраиваться под изменяющиеся параметры внешней среды в реальном времени — для этого необходимы интеллектуальные управляющие системы.

## **3. Технологии искусственного интеллекта в экологических системах**

### **3.1. Предиктивное моделирование загрязнений**

Алгоритмы машинного обучения позволяют прогнозировать уровни загрязнения на основе погодных данных, плотности трафика и исторических показателей.  
**Пример:** использование LSTM-нейросетей для предсказания уровня NO<sub>2</sub> в мегаполисах.

### **3.2. Управление интеллектуальными фильтрами**

ИИ может управлять скоростью вентиляции, временем регенерации фильтров и переключением между режимами очистки.  
**Пример:** адаптивные системы очистки в «умных зданиях» на базе нейросетевых контроллеров.

### **3.3. Компьютерное зрение для контроля загрязнений**

Анализ изображений с дронов и камер позволяет в реальном времени выявлять зоны пылеобразования, утечки газов или возгорания.

### 3.4. Цифровые двойники

Создание цифровых моделей городских экосистем позволяет тестировать сценарии и оптимизировать экологическую инфраструктуру без реального вмешательства.

## 4. Практические реализации

### 4.1. Умные очистные станции в Китае и Южной Корее

Очистные модули с ИИ-управлением и анализом данных в реальном времени позволяют вдвое повысить эффективность удаления частиц PM2.5.

### 4.2. Европейские проекты по мониторингу воздуха

Проекты LIFE+ и AI4Cities используют ИИ для распределенного анализа загрязнений в городах и адаптации очистных мер в зависимости от прогноза.

### 4.3. Интеллектуальные фильтры для транспорта

Автомобили с системой ИИ-рециркуляции воздуха снижают воздействие внешних загрязнений на пассажиров и пешеходов в условиях дорожного смога.

## 5. Проблемы и вызовы внедрения ИИ

- **Достоверность данных:** качество анализа зависит от точности сенсоров и калибровки оборудования.
- **Энергоэффективность:** сложные модели ИИ требуют значительных вычислительных ресурсов.
- **Прозрачность алгоритмов:** «чёрный ящик» ИИ вызывает сложности с сертификацией и нормативной поддержкой.
- **Безопасность данных:** необходима защита экосенсорных систем от кибератак.

## 6. Перспективы развития

Будущее лежит в синтезе ИИ, интернета вещей (IoT) и устойчивой архитектуры. Создание самообучающихся экосистем очистки воздуха с минимальным вмешательством человека и высокой адаптивностью может стать стандартом для мегаполисов. Активно развиваются:

- биоадаптивные системы с ИИ, реагирующие на физиологические показатели людей;
- интеграция ИИ в зелёную инфраструктуру (зеленые стены, урбанистические леса);
- распределённые системы мониторинга с самоорганизующейся сетью очистки.

## **Заключение**

Интеграция искусственного интеллекта в экологические технологии очистки воздуха позволяет повысить эффективность, адаптивность и устойчивость систем. Это направление обладает огромным потенциалом для развития устойчивых городов, улучшения качества жизни и борьбы с глобальными климатическими изменениями. Однако для успешного внедрения необходимо решить технологические, этические и нормативные задачи, обеспечить прозрачность алгоритмов и доступность решений.

## **Литература**

1. Chen Z., Wang W., Lin M. AI-based air quality prediction: A review // *Environmental Modelling & Software*. – 2021. – Vol. 144. – 105122.
2. Zhang Y., et al. Smart air filters: A review of material design and intelligent control // *Nano Energy*. – 2022. – Vol. 95. – 107020.
3. Liu J., et al. The application of digital twins in environmental monitoring // *Environmental Science & Technology*. – 2023. – Vol. 57. – P. 556–567.
4. Попов С.А., Миронов В.Н. Искусственный интеллект в экологии: возможности и риски // *Экологическая безопасность*. – 2022. – №4. – С. 33–39.
5. Wu X., et al. Urban Air Quality Monitoring and Prediction using AI Techniques // *Sensors*. – 2020. – Vol. 20(5). – P. 1456.
6. Кузнецова А.И. Интеллектуальные технологии для устойчивых городов. – М.: Наука, 2023. – 268 с.