

Новые технологии управления качеством воздуха на объектах со средой обитания

А.Ю. Мещеряков, С.Н. Осипов

Аннотация. С позиций системного подхода рассматривается одна из наиболее актуальных проблем – обеспечение качества воздуха на объектах с искусственной средой обитания. Анализируется современное состояние естественной воздушной среды в городах и регионах РФ. Приводятся данные об источниках изменения качества воздушной среды. Изложен новый подход к изменению качества воздуха на объектах с искусственной средой обитания, в основе которого – технология управления физическими характеристиками воздуха.

Введение

В начале XXI века экологические проблемы и, в частности, проблемы воздушной среды стали очевидными не только для общества, но и для каждого человека. Проблема качества воздуха и создания благоприятной воздушной среды на объектах с искусственной средой обитания приобрела особую важность. Это объясняется тревожной экологической ситуацией, сложившейся в последние годы во многих городах России. Изменились параметры воздушной среды – чистота воздуха, химический состав и физические свойства. Эти изменения обусловлены различными факторами, имеющими природное, техногенное и антропогенное происхождение [1,2].

Технический прогресс последних двух десятилетий привел к значительному изменению, перераспределению времени нахождения человека в средах обитания. Большую часть жизни человек проводит на объектах с искусственной средой обитания. Он уделяет значительное внимание потреблению качественной воды, питанию, сну, отдыху и, как правило, игнорирует один из основных элементов среды обитания – воздушную среду, что приводит к различным негативным процессам в деятельности челове-

ка, вызывает заболевания и преждевременное старение.

Физиологически благоприятной для человека воздушной средой является среда, очищенная от взвешенных в воздухе вредных для организма частиц (пыль, аэрозоли, радиоактивные частицы, сажа, свинец и многие другие) при условии обеспечения нормированных физических характеристик: концентрации отрицательных аэроионов кислорода воздуха и униполярности аэроионов [3].

Социальная значимость исследований в области управления качеством воздуха на объектах с искусственной средой обитания, определяется повышением безопасности и безвредности для человека факторов среды обитания на различных объектах, обеспечением благоприятных условий его жизнедеятельности, сохранением здоровья и снижением риска появления патологических состояний.

Решение проблемы качества воздуха на объектах с искусственной средой обитания необходимо рассматривать во взаимосвязи с изменением состояния естественной воздушной среды, которая является основным источником поступления воздуха на объекты с искусственной средой обитания человека.

1. Классификация объектов с искусственной средой обитания с позиций системного подхода

Под объектами с искусственной средой обитания (ИСО) понимаются объекты, воздушная среда которых полностью или частично изолирована от естественной внешней воздушной среды, предназначенные для временного нахождения человека на объекте с целью выполнения различных функций (работа, отдых, спорт, сон, потребление пищи, лечение и др.). Термин «временное нахождение» весьма относителен и может определяться временем нахождения человека на объекте с ИСО (секунды, минуты, часы, дни, месяцы, годы).

Все объекты с ИСО можно разделить на два класса: частично герметизированные и герметизированные объекты.

Примером частично герметизированных объектов являются: жилые, административные, производственные, спортивные, медицинские, учебные и многие другие помещения, кабины лифтов, салоны автомобилей, поездов и других видов транспорта, а также объекты с принудительной очисткой, вентиляцией и кондиционированием воздуха, имеющие ограниченную связь с внешней воздушной средой.

К герметизированным объектам относятся все объекты, воздушная среда которых полностью изолирована от естественной внешней воздушной среды. Примером таких объектов являются: кабины самолетов, пилотируемых космических станций, подводных обитаемых аппаратов, подводных лодок, некоторые виды боевых транспортных средств, бункеры для несения боевого дежурства войск стратегического назначения, помещения специального назначения с регенерацией воздуха различных министерств, ведомств и т.п.

Известно, что системный подход к решению различных сложных проблем позволяет раскрыть характер системных противоречий, выявить их взаимосвязь и выработать стратегию решения поставленных задач [4]. С позиций системного подхода любой объект с ИСО можно рассматривать как сложную систему с множеством элементов, которые обеспечивают жизнедеятельность человека на объекте и вы-

полнение им заданных функций. Изменение числа элементов или связей между структурными элементами системы приводит к изменению ее структуры и свойств. Системный подход в решении проблемы управления качеством воздуха на объектах с ИСО – это, прежде всего, системные представления и системная организация исследований, требующие рассмотрения с различных сторон, участия в исследованиях специалистов разных областей знаний, специальностей и профилей.

Поскольку герметизированные и частично герметизированные объекты с ИСО являются подсистемами некоторой большей системы, которую представляет собой внешняя среда, весьма важно рассмотреть современное состояние качества воздуха в естественной среде обитания человека.

2. Состояние естественной воздушной среды обитания города

Процесс развития города порождает целый ряд проблем, связанных с условиями проживания, экономикой, транспортом, деградацией качества окружающей среды [5].

Крупные города оказывают влияние на окружающую воздушную среду на расстоянии, в 50 раз превышающем их радиус. Противоречие между стремлением человечества жить в городах и неэффективностью городов в экологическом отношении продолжает усиливаться [6].

В городах России проживает 76% населения страны, при этом каждый шестой россиянин проживает в городе, население которого превышает миллион человек. В настоящее время загрязнение воздуха в крупных городах достигло критического уровня и является основной причиной деградации природной среды, высокой заболеваемости и низкой продолжительности жизни.

За последние годы в Москве сложилась крайне тяжелая экологическая обстановка с точки зрения загрязнения атмосферного воздуха. Положение с загрязнением атмосферного воздуха в Москве следует рассматривать сегодня как близкое к критическому. Веществами, определяющими высокий уровень загрязнения атмосферы, являются: формальдегид, фенол,

взвешенные вещества, аммиак, сероуглерод. Основная доля вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу, приходится на окись углерода, окислы азота и углеводороды. Кроме того, за сутки от автотранспорта в среднем выбрасываются загрязняющие вещества в количестве не менее 33,3 т. сернистого ангидрида, 68,8 кг. свинца, 0,8 т. сажи [7]. Все это негативно сказывается на состоянии воздушной среды и, как следствие, на качестве воздуха в частично герметизированных объектах с ИСО.

Изменилось качество воздушной среды и на территории Центрального федерального округа, в состав которого входят 18 субъектов Российской Федерации. По плотности населения округ занимает первое место среди федеральных округов (57,5 человека на 1 кв. километр) и относится к высокоурбанизированным регионам: более половины населения проживает в 40 крупных городах. Основными источниками изменения качества воздушной среды в городах являются автомобильный транспорт и стационарные объекты. Автомобильный транспорт остается основным загрязнителем атмосферного воздуха. В крупных городах России выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от автотранспорта преобладают над выбросами от промышленных предприятий (Москва, Санкт-Петербург и др.).

В целом по Центральному федеральному округу выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников в атмосферу только в 2005 году составили 1,5 млн. тонн. Наибольшие объемы выбросов загрязняющих веществ приходятся на Липецкую (25,2%), Московскую (11,2%), Тульскую (9,9%), Рязанскую (9,4%) и Белгородскую (6,8%) области, суммарный вклад которых в загрязнение атмосферы в ЦФО превышает 60%. Наименьшее загрязнение воздушной среды наблюдается в Калужской (0,82%), Орловской (0,86%), Тамбовской (1,8%), и Владимирской (1,9%) областях [8].

В ряде регионов из-за высоких антропогенных нагрузок сложилась критическая ситуация, при которой значительно ухудшаются условия проживания населения, повышается фактор риска различных заболеваний, снижается продолжительность жизни населения. К числу таких регионов относятся крупнейшие городские

агломерации – Московская и Санкт-Петербургская.

3. Особенности воздушной среды на объектах с ИСО

Качество воздуха на объектах с ИСО определяется его чистотой, химическим составом и физическими характеристиками. Воздух должен обладать физическими свойствами, в том числе электропроводностью. Электропроводность воздуха обусловлена наличием в нем электроразряженных частиц различной физической и химической природы, которые называются аэроионами. Состояние воздушной среды герметизированных и частично герметизированных объектов во многом определяется количеством разнополярных аэроионов, концентрацией отрицательных аэроионов кислорода, имеющих наибольшую подвижность и униполярностью аэроионов.

Физиологически благоприятным считается лишь определенный аэроионный режим, при отсутствии которого возрастает фактор риска появления различных патологических изменений организма человека. Нормируемыми показателями аэроионного состава воздуха на объектах с ИСО являются концентрация аэроионов обеих полярностей в одном кубическом сантиметре воздуха (ион/см³) и коэффициент униполярности, определяемый как отношение концентрации аэроионов положительной полярности к концентрации аэроионов отрицательной полярности. Значения нормируемых показателей минимально допустимых концентраций аэроионов отрицательной и положительной полярности, соответственно: 600 ион/см³ и 400 ион/см³. Максимально допустимые концентрации аэроионов отрицательной и положительной полярности: 50000 ион/см³. Коэффициент униполярности должен быть больше или равен 0,4, но меньше 1,0. В лечебных целях и на специальных объектах с ИСО могут применяться другие показатели аэроионного состава воздуха.

На объектах с ИСО наблюдается физиологически неблагоприятная аэроионная обстановка, которая характеризуется низкой концентрацией легких отрицательных аэроионов кислорода

воздуха (менее 250 ион/см³), значительными концентрациями легких положительных аэроионов (более 500 ион/см³) и тяжелых аэроионов двух полярностей (более 1000 ион/см³). Такая воздушная среда способствует развитию различных заболеваний в связи с проявлением тромбгеморрагического синдрома, обусловленного потерей отрицательного заряда организмом. На таких объектах необходимо управлять качеством воздушной среды. Возникает необходимость в искусственной генерации аэроионов с высокой подвижностью, создании оптимальной концентрации отрицательных аэроионов кислорода воздуха, обеспечении униполярности аэроионов, с целью вытеснения аэроионов, имеющих меньшую скорость подвижности, и аэроионов, имеющих положительный заряд.

4. Технологии управления качеством воздуха на объектах с ИСО

Технологии, обеспечивающие насыщение воздушной среды отрицательными аэроионами кислорода воздуха, позволяют изменить физические характеристики воздуха и обеспечить качество воздушной среды на объекте с ИСО [9].

К новым технологиям в задачах управления качеством воздуха на объектах с ИСО относятся способ и устройство для его реализации, разработанные в Институте проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук.

Способ основан на вытеснении из воздушной среды объектов с ИСО тяжелых аэроионов путем создания искусственной униполярности аэроионов с различными скоростями движения и обеспечения в ограниченном объеме воздушной среды заданной концентрации аэроионов определенной полярности. Тяжелые аэроионы – различные взвеси, содержащиеся в воздухе: аэрозольные и пылевые частицы, на поверхности которых адсорбированы аэроионы газов воздуха, имеющие электрическую подвижность от $0,0001$ до $0,01$ см²/(В·с). Количество тяжелых аэроионов в воздухе позволяет оценить степень загрязнения воздушной среды. Тяжелые аэроионы отсутствуют в чистом воздухе, лишенном твердых или жидких микрочастиц.

Способ заключается в том, что воздушное пространство объекта с ИСО искусственно насыщают отрицательными аэроионами кислорода воздуха с электрической подвижностью от $2,0$ до $2,2$ см²/(В·с). Это достигается наведением электрического заряда на игольчатом электроде излучателя и созданием вокруг него электрического поля высокого напряжения с обеспечением стекания электрических зарядов (электронов) в окружающее воздушное пространство. Молекула кислорода захватывает электрон, образуя, таким образом, отрицательный аэроион кислорода воздуха. Электрическая подвижность аэроиона кислорода воздуха в момент его искусственного создания – $2,2$ см²/(В·с). Аэроионы, перемещаясь в воздушной среде, легко отдают свой заряд окружающим предметам или ионам противоположного знака, при этом нейтрализуясь или рекомбинируя.

Данный способ обеспечивает возможность создания заданного распределения аэроионов в воздушной среде объекта и возможность изменения формы этого распределения, что позволяет управлять качеством воздуха на объекте с ИСО. В зависимости от соотношения процессов ионизации и деионизации устанавливается определенная степень ионизованности воздуха, которая определяется количеством ионов каждой полярности в одном кубическом сантиметре воздуха.

Практической реализацией способа является электроэфлювиальный генератор «ИАТ–АЛМАЗ» – новейшая разработка в семействе аппаратов для искусственной генерации отрицательных аэроионов кислорода воздуха. Устройство защищено патентом Российской Федерации на промышленный образец. Рассмотрим основные конструктивные особенности построения электроэфлювиального генератора «ИАТ–АЛМАЗ».

Устройство состоит из двух основных элементов – генератора и излучателя. Необходимая концентрация ионов и коэффициент униполярности ионов в воздушной среде на объекте с ИСО обеспечиваются параметрами генератора и конструкцией излучателя.

Генератор выполнен в пластмассовом корпусе ступенчатой цилиндрической формы с коническим завершением для выхода высоко-

вольтного кабеля. Основными элементами генератора являются: стабилизированный блок питания, регулятор напряжения, задающий генератор, высоковольтный трансформатор, умножитель напряжения, токоограничивающий резистор, высоковольтный кабель, светодиодный индикатор, элементы защиты от перегрузок и короткого замыкания. Генератор преобразует напряжение сети в постоянное высоковольтное напряжение отрицательной полярности и по кабелю подает его на излучатель. Генерация аэроионов осуществляется с помощью излучателя.

Излучатель образован из плоских металлических каркасных элементов. Конфигурация излучателя включает центральный и периферийные фрагменты. Центральный фрагмент выполнен в виде многоугольника, периферийные - в виде сегментов радиусного очертания. Каждый периферийный фрагмент соединяется с центральным фрагментом двумя зажимами, которые позволяют менять угол наклона сегментов от 0 до 90°, регулируя ионный поток в воздушном пространстве объекта. Конструкция излучателя позволяет создать объемный контур, внешняя поверхность которого содержит игольчатые электроды, которые генерируют отрицательные ионы кислорода воздуха.

Композиционная целостность электроэффлювиального генератора «ИАТ-АЛМАЗ» обусловлена симметричностью построения основных формообразующих элементов, а рациональность и эргономичность формообразования – возможностью трансформации в различные конфигурации периферийных сегментов излучателя.

Испытания генератора «ИАТ-АЛМАЗ», проведенные в различных учреждениях города Москвы, позволили сделать выводы о безопасности использования устройства и обеспечении нормируемой величины генерируемых аэроионов. При непрерывной работе устройства вредные для организма оксиды азота и озон в воздухе не обнаруживаются. Уровень электростатического поля не превышает 0,8 кВ/м, что значительно ниже нормативной величины, отсутствуют коронный разряд и шум. При работе устройства в помещении площадью 25 м² (объемом 75 м³)

усредненная концентрация отрицательных аэроионов кислорода – $21 \cdot 10^3$ эл.зар./см³, при этом наблюдается снижение усредненной концентрации положительных аэроионов примерно в 100 раз. Эксплуатационные характеристики электроэффлювиального генератора «ИАТ-АЛМАЗ» позволяют эффективно использовать его на различных объектах с ИСО, в том числе на объектах медицинского назначения с целью реабилитации и лечения различных заболеваний и обеспечения качества воздушной среды.

По результатам проведенных клинических испытаний устройства в клиниках Москвы и Санкт-Петербурга электроэффлювиальный генератор отрицательных аэроионов кислорода воздуха «ИАТ-АЛМАЗ» был рекомендован к применению в медицинской практике Комитетом по новой медицинской технике Минздрава России [10, 11]. Результаты клинических исследований показали, что под влиянием высоких концентраций отрицательных аэроионов кислорода воздуха и обеспечения униполярности аэроионов меняется функциональное состояние организма. До лечения у пациентов отмечались те или иные субъективные и объективные симптомы как со стороны общего состояния и самочувствия, так и по показателям заболеваний. Динамика симптомов была весьма заметной и более выраженной по сравнению с динамикой симптомов у больных, не получающих высоких концентраций отрицательных аэроионов. В основной группе больных отмечено существенное улучшение вентиляционной способности легких, что отразилось на большинстве изучаемых показателей и свидетельствовало о значительном уменьшении выраженности нарушений бронхиальной обструкции. У больных контрольной группы наблюдалась также положительная динамика изучаемых показателей функций внешнего дыхания. Установлено, что к фиксируемым лечебным эффектам относятся: метаболический, иммуностимулирующий, бронходрирующий, вазоактивный, бактерицидный. Отрицательные аэроионы кислорода воздуха активизируют процессы регенерации биологических тканей, улучшают обмен веществ в них [12].

Результаты научных исследований внедрены и используются в различных организациях и учреждениях России и за рубежом.

Заключение

Экологической проблемой последнего десятилетия является загрязнение атмосферного воздуха, оказывающее негативное влияние на здоровье населения. Крупные города Российской Федерации имеют среднегодовые уровни загрязнения атмосферного воздуха, значительно превышающие санитарно-гигиенические нормы. Основным источником ухудшения качества воздушной среды в городах является автомобильный транспорт и стационарные объекты.

При решении задач, связанных с обеспечением качества воздуха на объектах с ИСО, необходимо учитывать характер и состояние внешней воздушной среды и основные источники загрязнения атмосферы.

Воздушная среда на объектах с ИСО должна обеспечивать жизнедеятельность человека и исключать негативное воздействие различных факторов на здоровье. При решении проблемы качества воздуха на объектах с ИСО особое внимание должно уделяться физическим характеристикам воздуха, его аэроионному составу и униполярности аэроионов, имеющих разные скорости движения. Аэроионный состав воздуха является эффективным показателем состояния воздушной среды на объекте и способен оказывать сильное физиологическое действие на организм человека.

К новым технологиям в задачах управления качеством воздуха на объектах с ИСО относятся способ и устройство для его реализации, разработанные в Институте проблем управления РАН. Способ основан на вытеснении из воздушной среды герметизированных объектов тяжелых аэроионов путем искусственной генерации отрицательных аэроионов кислорода воздуха и создании униполярности аэроионов с различными скоростями движения. Практической реализацией способа является электроэффлювиальный генератор «ИАТ-АЛМАЗ» для искусственной генерации отрицательных аэроионов кислорода воздуха и обеспечения задан-

ной униполярности аэроионов в воздушной среде объекта с ИСО.

Результаты проведенных научных исследований и клинических испытаний устройства подтвердили эффективность и целесообразность использования предложенного способа и устройства для управления качеством воздуха на объектах с ИСО, в том числе медицинского назначения. Это позволило внедрить полученные результаты в различных учреждениях, в том числе в РЦ ПМЦ Управления делами Президента РФ, МПС РФ, МВД РФ и на других объектах.

Литература

1. Мещеряков А.Ю., Осипов С.Н. Системный анализ и проблемы управления воздушной средой на объектах с искусственной средой обитания // Труды Первой международной конференции «Системный анализ и информационные технологии» САИТ-2005, 12 – 16 сентября 2005 г., Переславль-Залесский, Россия. – М.: КомКнига. – 2005. – Т.2. – С. 36–40.
2. Мещеряков А.Ю., Осипов С.Н. Применение системного анализа в мониторинге воздушной среды мегаполисов // Труды Вторая Международная конференция «Системный анализ и информационные технологии» САИТ-2007 (10 – 14 сентября 2007 г.), Обнинск, Россия. В 2 т. Том 2. – М.: Изд-во ЛКИ. – 2007. – С. 118–121.
3. Мещеряков А.Ю. Медико-биологические аспекты управления физическими характеристиками воздуха на объектах с искусственной средой обитания // Материалы Третьей Международной конференции из серии Наука и бизнес «Международное сотрудничество в биотехнологии: ожидание и реальность» (19 – 21 июня 2006 г.). Пушкино, Россия. Научное издание. – Пушкино: Изд-во Биоресурсы и Экология. – 2006. – С. 122–126.
4. Прангишвили И.В. Системный подход, системное мышление и энтропия фундаментальных знаний // Проблемы управления. – 2004. – № 4. – С. 3–7.
3. Мещеряков А.Ю. Особенности создания и использования систем для управления физическими характеристиками воздуха на объектах с искусственной средой обитания // Тезисы докладов 12-я Международной конференции Системный анализ, управление и навигация, 1 – 8 июля 2007год. Крым, Евпатория. – М.: Изд-во МАИ. – 2007. – С. 73–74.
5. Ресин В.И., Дарзовский Б.С., Попков Ю.С. Вероятностные технологии в управлении развитием города. – М.: Едиториал УРСС, – 2004. – 352 С.
6. С. Н. Голубчиков, В. А. Гутников, И. Н. Ильина, А. А. Минин, Б. Б. Прохоров. Экология крупного города (на примере Москвы). – М.: Научно-производственный экологический центр "Пасва". – 2001. – 192 С.

7. Стабилизация экологической обстановки и использование современных видов моторного топлива: Информационно-аналитические аспекты. – М.: СЭБ Интернационал Холдинг. – 2001. – 368 С.
8. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2005 году. Государственный доклад. – М.: АНО «Центр международных проектов». – 2006. – 500 С.
9. Мещеряков А.Ю., Осипов С.Н. Информационные технологии в управлении качеством воздушной среды // Труды Второй Международной конференции «Системный анализ и информационные технологии» САИТ-2007 (10 – 14 сентября 2007 г.), Обнинск, Россия. В 2 т. Том 2. – М.: Изд-во ЛКИ. – 2007. – С. 37–39.
10. Мещеряков А.Ю. Медицинские аспекты исследования способа аэроионотерапии на объектах с искусственной средой обитания // Избранные Труды Второй международной конференции по проблемам (17 – 19 июня 2003 г.), Москва. В 2 т. – М.: Институт проблем управления РАН. – 2003. – Т.1. – С. 287-283.
11. Мещеряков А.Ю. Результаты исследования действия отрицательных аэроионов воздуха на организм человека в условиях искусственной среды обитания // Материалы Четвертой Международной конференции из серии Наука и бизнес «Нанобио– и другие новые и перспективные технологии» (15 – 18 октября 2007 г.), Пущино, Россия. Научное издание. – Пущино: Изд-во БиоРесурсы и Экология. – 2007. – С. 112–117.
12. Мещеряков А.Ю., Осипов С.Н. К вопросу исследования отрицательно-униполярной аэроионотерапии на объектах с искусственной средой обитания // Труды Института системного анализа Российской Академии наук (ИСА РАН): Том 19. – М.: КомКнига. – 2006. – С. 171–181.

Мещеряков Александр Юрьевич. Старший научный сотрудник Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. Окончил Институт инженеров транспорта в 1975 году. Кандидат технических наук (1984). Автор более 40 научных работ. Область научных интересов – информационные технологии, имитационное моделирование и прикладные аспекты управления средой обитания, экспертные медицинские системы принятия решений, основанные на знаниях.

Осипов Сергей Николаевич. Ученый секретарь Института системного анализа РАН. Окончил МГУ им. М.В.Ломоносова в 1983 году. Кандидат физико-математических наук (1987). Автор 18 научных работ. Область научных интересов – математическое моделирование социально-экономических процессов.