

## АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ АЭРОПОРТА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

*К. т. н. И.И. Потапов, к.т.н. А.А.Вареничев*

Всероссийский институт научной и технической информации РАН, Москва  
([ipotapov37@mail.ru](mailto:ipotapov37@mail.ru))

Дан анализ информации о процессах воздействия аэропортов и авиационных полетов на природную окружающую среду. Приведены данные об этом воздействии. Отдельно рассмотрены воздействия авиации на качество атмосферы, оценены процессы поступления загрязнителей в водную среду и почву. Обсуждены вопросы шума и электромагнитного загрязнения.

**Ключевые слова:** авиация, аэропорт, окружающая среда, вода, почва, шум, атмосфера, электромагнитное излучение, загрязнители

## THE ENVIRONMENTAL ASSESSMENT ALGORITHM FOR THE AIRPORT ENVIRONMENT

*Potapov I.I., Varenichev A.A.*

An analysis of the information about pollution processes arising in airports and under aviation flights that impact on the environment are analyzed. Global and regional statistics is given for this influence. Aviation impacts on the environment are considered separately for the atmosphere, water and soil. The noise pollution and electromagnetic influence are considered.

**Key words:** aviation, airport, environment, water, soil, noise, atmosphere, electromagnetic radiation, pollutants.

### Введение

Интенсивное развитие авиационной промышленности и расширение территорий под аэропортами в настоящее время остро ставит проблему оценки риска для окружающей природной среды. Как и другие виды транспорта, самолеты оказывают негативное влияние на окружающую среду [1-5]. Эта проблема достаточно полно была обсуждена на 38-й международной конференции "Аэропорты и окружающая среда", состоявшейся в октябре 2010 г. в аэропорту Шереметьево, и на прошедшей в сентябре 2010 г. 37-й сессии ассамблеи Международной организации гражданской авиации ИКАО (ICAO - International Civil Aviation Organization). Было отмечено, что аэропорты, особенно авиаремонтные предприятия оказывают неблагоприятное воздействие на окружающую среду, а взлетающими самолетами в атмосферу выбрасываются тысячи тонн вредных выхлопных газов, таких как  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$ , а также создают перистые облака, образующиеся из инверсионных следов. Аэропорты также являются источниками генерации интенсивного электромагнитного излучения, опасного для здоровья. Все это так-

же негативно влияет на глобальный климат. Несовершенство или даже отсутствие защитных сооружений приводит к бесконтрольному сливу вредных жидкостей в почву и отравлению грунтовых вод. При этом практически во всех странах территории вблизи аэропортов урбанизируются, что повышает уровень антропогенного воздействия на природную среду.

Наблюдающийся быстрый рост объема воздушных пассажирских перевозок в мире, увеличившийся за полвека в 160 раз, привел к существенному увеличению расхода углеводородного топлива, и как следствие, объема выбросов продуктов сгорания в атмосферу на 3,5-4,5% ежегодно. Такие же темпы роста сохраняются в первое десятилетие XXI века. Если транспорт мира ныне потребляет 20-25% всего сжигаемого ископаемого топлива в год, доля авиации в этом потреблении составляет порядка 13%.

Наряду с выбросами вредных веществ в окружающую среду аэропортов одной из важных задач является снижение шума авиационных двигателей. Проблема снижения авиационного шума остро стоит перед авиаторами с первых дней существования реактивной авиации. В современной гражданской авиации одной из важнейших технических проблем является снижение шума самолетов на местности до величины, обеспечивающей самолету конкурентно необходимый уровень акустических характеристик. До последнего времени этот уровень определялся действующими международными нормами ИКАО (ICAO - International Civil Aviation Organization).

Одним из проявлений озабоченности авиакомпаний в области охраны окружающей среды является глобальный отраслевой альянс авиационных перевозок SkyTeam, который стремится к повышению показателей ответственности его участников перед обществом и окружающей средой. В связи с этим участники альянса SkyTeam в июне 2008 года на Генеральной конференции Международной ассоциации воздушных перевозчиков (ИАТА - IATA - International Air Transport Association) разработали и приняли Документ о корпоративной социальной ответственности. Этот документ задал передовые для отрасли стандарты в области защиты окружающей среды и обеспечения адекватного экономического развития.

В целом Международной финансовой организацией и Всемирным банком принято Руководство по охране окружающей среды, здоровья и труда (ОСЗТ), которое регламентирует допустимые уровни антропогенного воздействия на окружающую природную среду различными источниками, включая и авиацию.

### **Общие вопросы охраны окружающей среды**

За последние сто лет загрязнение окружающей среды усилось разными выбросами. За это время в атмосферу Земли попало, по подсчетам ученых, более миллиона тонн кремния, полтора миллиона тонн мышьяка, около миллиона тонн кобальта. Ввиду своей технологической специфики вредные выбросы, производимые воздушными судами, намного быстрее оседают в атмосферном пространстве и распространяются в нем, поэтому защита окружающей среды от негативного воздействия деятельности воздушного транспорта актуальна во всем мире. В частности, Аэрофлот для снижения вредных выбросов от работы двигателей применяет следующие методы (<http://www.aeroflot.ru/cmc/about/policy>):

- использование присадок к топливу, впрыск воды и др.;
- распыление топлива;
- обогащенные смеси в зоне горения;

- сокращение времени работы двигателей на земле;
- уменьшение числа работающих двигателей при рулении (выброс отходов снижается в 3-8 раз).
- проведение регулярного замера объема сточных вод, поступающих на очистные сооружения, и сбрасываемых в специальный водный объект, предоставленный в пользование авиакомпаниям;
- постоянный контроль качественных и количественных показателей сточных вод;
- контроль эффективности работы очистных сооружений;
- своевременная сдача отходов производства на утилизацию, обезвреживание и уничтожение

Являясь членом альянса SkyTeam Аэрофлот разработал и развивает магистральное направление экологической политики на существенное повышение топливной эффективности парка воздушных судов компании, что позволяет достичь сокращения одной из главных статей производственных расходов и одновременно снизить нагрузки на окружающую среду. Экологическая политика Аэрофлота, полностью отвечая стратегии ИАТА, направленной на снижение негативного воздействия авиатранспортной отрасли на окружающую среду, основана на решении следующих задач:

- модернизация парка воздушных судов посредством замены устаревших энергоемких типов воздушных судов на топливо эффективные;
- сокращение энергоемкости операционной деятельности путем внедрения ресурсосберегающих процессов и технологий;
- оптимизация маршрутной сети и применение новых технологий пилотирования, способствующих снижению шума и выбросов загрязняющих веществ от двигателей воздушных судов в атмосферу;
- внедрение передовых и совершенствование существующих технологий и материалов, обеспечивающих наиболее экологически безопасное техническое обслуживание воздушных судов;
- управление отходами с целью минимизации их воздействия на окружающую среду с акцентом на вторичную переработку сырья («рециклинг») как наиболее эффективный метод утилизации отходов;
- мониторинг и анализ операционной деятельности и технологических процессов с целью выявления новых возможностей повышения своих экологических показателей;
- использование показателей экологической эффективности деятельности в качестве одного из ключевых критериев при выборе поставщиков и подрядчиков;
- приведение производственных объектов и операционной деятельности в соответствие с самыми высокими международными стандартами в области защиты окружающей среды;
- повышение уровня информированности работников ОАО «Аэрофлот» в области охраны окружающей среды, мотивация их к бережному расходованию всех видов ресурсов, воспитание культуры утилизации отходов.

К числу загрязняющих окружающую среду факторов в аэропортах относится электромагнитное излучение. В аэропортах гражданской авиации электромагнитная обстановка определяется в основном излучением мощных радиолокационных станций, предназначенных для навигации воздушных судов. К ним в первую очередь относятся наземные обзорные радиолокаци-

онные станции, работающие в диапазонах ультравысоких и сверхвысоких частот. Действие электромагнитного поля на человека в районах размещения этих станций носит прерывистый характер, который обусловлен периодом вращения электромагнитного излучения. Исследования подтвердили возможность применения расчётных методов для предварительной оценки электромагнитной обстановки вокруг радиолокационных станций. Результаты обследования электромагнитной обстановки в районе ряда аэропортов России показали, что в 60% случаев в близ расположенных населённых пунктах требовались специальные мероприятия по защите населения.

Темпы нарастания загрязнения окружающей среды авиацией напрямую связаны с темпами роста количества авиалиний и авиaperевозок. Из рис. 1 видно, что для США за период 1990-2011 гг. поток авиапассажиров на международных линиях практически удвоился с 75,5 млн. в 1990 г. до 163,7 млн. в 2011 г.

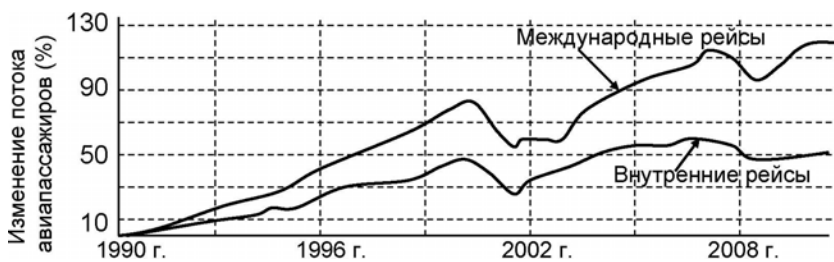


Рис. 1. Сравнение темпов перевозки авиапассажиров в США за период 1990-2011 гг. <http://www.citylab.com/commute/2012/11/global-gateways-connect-america-world/3784/>.

### Методика расчета объемов эмиссии загрязнителей

Агентство охраны окружающей среды США разработало методнку расчета объемов эмиссии загрязняющих веществ в атмосферу, которая состоит из шести разделов [3]:

- 1) Определение высоты слоя перемешивания атмосферы в данном аэропорту для формирования цикла приземления и взлета.
- 2) Оценка активности аэропорта в смысле количества взлетов и посадок лайнеров.
- 3) Определение состава летных средств в данном аэропорту.
- 4) Оценка временного режима функционирования аэропорта.
- 5) Задание коэффициентов эмиссии.
- 6) Расчет объемов эмиссии загрязнителей.

Продолжительность захода на посадку или на взлет зависит от выбранной высоты слоя перемешивания  $H$ , для которой вводится стандарт 915 м. Однако в конкретном случае осуществляется корректировка этих времен:  $TIM_{adj} = TIM_{dlz}(H-152)/763$  для режима взлета и  $TIM_{adj} = TIM_{dlz}H/915$ , где  $TIM_{adj}$  – продолжительность взлета или подготовки к посадке,  $TIM_{dlz}$  – время режима по умолчанию.

Средне взвешенный коэффициент эмиссии загрязняющих веществ для одной тонны топлива оценивается по формуле:

$$\overline{EF}_{ijk} = \sum_{m=1}^{NM_j} (X_{mj} EF_{imk}),$$

где  $EF_{imk}$  – коэффициент эмиссии загрязнителя  $i$ -го типа на тонну топлива для двигателя  $m$ -ой модели при  $k$ -м режиме;  $X_{mj}$  – доля авиалайнеров  $j$ -го типа с двигателями  $m$ -ой модели;  $NM_j$  – полное количество моделей двигателей, используемых на авиалайнерах  $j$ -го типа.

Заметим, что данного  $j$ -го типа авиалайнеров сумма  $X_{mj}$  для всех моделей двигателей, отнесенных к  $j$ -м авиалайнерам равна 1. Полная эмиссия за цикл взлета и подготовки к посадке рассчитывается по формуле:

$$E_{ij} = TIM_{jk} FF_{jk} EF_{ijk} NE_j / 1000,$$

где  $TIM_{jk}$  – продолжительность  $k$ -го режима для  $j$ -го типа авиалайнеров;  $FF_{jk}$  – поток топлива в  $k$ -м режиме (кг/мин) для каждого двигателя, используемого на авиалайнере  $j$ -го типа;  $EF_{ijk}$  – среднее взвешенный коэффициент эмиссии для загрязнителя  $i$ -го типа на тонну топлива для авиалайнеров  $j$ -го типа в момент выполнения  $k$ -го режима;  $NE_j$  – число двигателей на авиалайнере  $j$ -го типа.

Полная эмиссия для данного типа авиалайнеров вычисляется умножением эмиссий за цикл посадки и взлета на их количество:  $E_i = E_{ij} LTO_j$ , где  $E_{ij}$  – полный объем эмиссии  $i$ -го загрязнителя  $j$ -м типом авиалайнеров;  $LTO_j$  – число взлетов и посадок самолетов  $j$ -го типа.

Полный объем выбросов загрязняющих веществ  $i$ -го типа для каждого типа самолетов оценивается по формуле:

$$ET_i = \sum_{j=1}^N (E_{ij} LTO_j),$$

где  $N$  – число типов самолетов.

### Загрязнение атмосферы

В авиации применяется два вида нефтяного топлива – керосин и бензин. Основное отличие по составу продуктов сгорания состоит в том, что этилированный бензин, используемый на самолетах с поршневыми двигателями, дает в отработавших газах свинец, являющийся одним из нежелательных компонентов загрязнения воздушной среды. Роль самолетов с поршневыми двигателями в современной авиации незначительна и постоянно уменьшается. В целом, общая картина образования и химического преобразования загрязнителей в зоне позади двигателей лайнера выглядит так, как схематически показано на рис. 2.

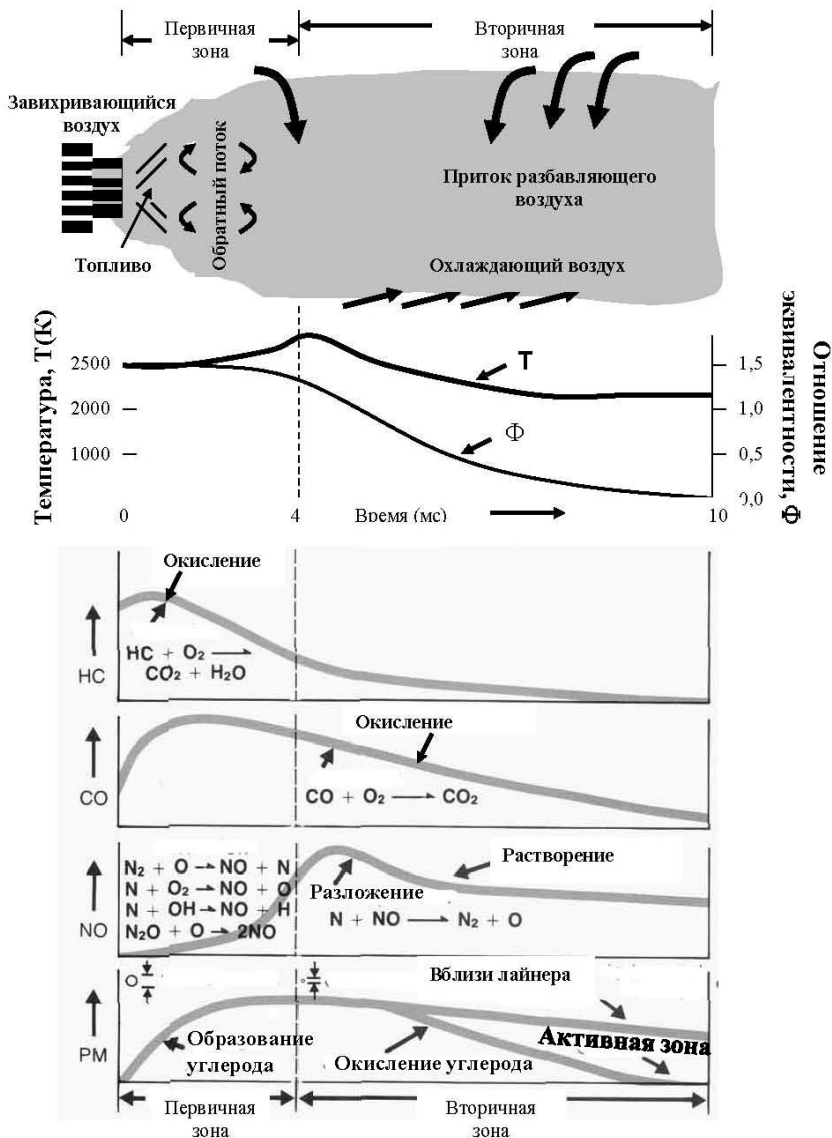


Рис. 2. Структура процессов образования и преобразования загрязнителей атмосферы в зоне сгорания авиационного топлива в турбине самолета [4]

Помимо двуокиси углерода, паров воды, азота, а также некоторых других естественных компонентов атмосферного воздуха, продукты горения керосина содержат окись углерода, различные углеводороды (метан  $\text{CH}_4$ , ацетилен  $\text{C}_2\text{H}_2$ , этан  $\text{C}_2\text{H}_6$ , пропан  $\text{C}_3\text{H}_8$ , бензол  $\text{C}_6\text{H}_6$ , толуол  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$  и др.), альдегиды (формальдегид  $\text{HCHO}$ , акролеин  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CHO}$ , искусственный альдегид  $\text{CH}_3\text{CHO}$  и др.), окислы азота  $\text{NO}$  и  $\text{NO}_2$ , окислы серы, частицы сажи, создающие дымный шлейф за соплом двигателя и ряд других составляющих, образующихся в незначительных количествах из имеющихся в керосине примесей.

Вклад авиации в выбросы  $\text{NO}_x$  в атмосферу оценивается величиной 1,5% от всех поступлений, включая естественные источники поступления окислов азота в атмосферу. Что касается выбросов  $\text{CO}_2$  авиацией, то этот вклад составляет 2-3% от всех его антропогенных источников [5]. Наибольший вклад в загрязнение атмосферы самолеты вносят в режимах взлета и посадки. Этот режим включает снижение самолета с высоты 915 метров к взлётной полосе, приземление, после посадочный пробег, выруливание, вплоть до остановки самолета и отключения всех систем. При взлете этот режим включает запуск двигателей, включение и проверка всех систем, выруливание, взлёт и набор высоты до 915 метров.

Наиболее наглядным физическим процессом воздействия воздушных судов на атмосферу является конденсация водяного пара в струйно-вихревом следе, наблюдаемая с Земли в виде белых шлейфов. Это происходит оттого, что двигатели выбрасывают большое количество частиц, на которых оседают молекулы воды, содержащиеся в атмосфере или образующиеся при сгорании топлива. В результате могут возникать микрокристаллы или микрокапли. С экологической точки зрения, двигатель порождает большое количество веществ, способных в течение длительного времени (сутки, месяцы, годы) взаимодействовать с газами атмосферы. При этом происходят как реакции, уничтожающие озон  $\text{O}_3$ , так и реакции, производящие его.

Десятки тысяч рейсов в сутки по всему миру оказывают существенную нагрузку на окружающую среду, поскольку каждый сожженный литр авиационного топлива выдает более 2,5 кг  $\text{CO}_2$ . За один рейс на расстояние 1000 км. самолет вносит в окружающую среду около 9 тонн выбросов. Сегодня гражданская авиация ответственна за 3% выбросов парниковых газов в мире. Конечно, авиастроители предпринимают действия по снижению уровня потребления топлива путем разработки более эффективных реактивных двигателей. За один рейс самолет потребляет авиационного топлива в объеме, сравнимым с количеством бензина, который сжигается одним автомобилем за год.

Оценка суммарного количества основных загрязнителей, поступающих в воздушную среду контролируемой зоны аэропорта гражданской авиации в результате его производственной деятельности (без учёта загрязнения воздуха спец автотранспортом и другими наземными источниками), показывает, что на площади около 4 км<sup>2</sup> выделяется в атмосферу за 1 сутки от 1000 до 1500 кг оксида углерода, 300 — 500 кг углеводородных соединений и 50 — 80 кг оксидов азота. Такое количество выделяемых вредных веществ при неблагоприятном сочетании метеорологических условий может привести к повышению их концентраций до значительных величин.

В настоящее время выбросы (эмиссии) загрязняющих веществ авиационным транспортом составляют приблизительно три процента от общих выбросов парниковых газов в Европе, однако, рост этих выбросов быстро увеличивается – с 1990 года он вырос на 87 процентов. Предполагается, что

до 2020 года выбросы, вызванные авиационным транспортом, по сравнению с их настоящим уровнем, вырастут, скорее всего, более чем в два раза. Европейская комиссия 20.12.2006 года издала проект корректировки Директивы 2003/187/ЕС с обоснованием внесения выбросов парниковых газов гражданской авиацией. С 2011 года Директива должна распространяться на все внутригосударственные и международные рейсы между аэропортами ЕС, а с 2012 года также на все международные рейсы, которые прибывает в аэропорты ЕС, и вылетают из них. Ожидается, что с 2020 года можно будет снизить величину выбросов CO<sub>2</sub> на 46 процентов, или на 183 миллиона тонн.

Согласно планам ИАТА, с 2020 г. необходимо прекратить рост авиационной эмиссии CO<sub>2</sub>, а к 2050 г. снизить эмиссию на 50% относительно уровня 2005 г.

Агентство США по охране окружающей среды (EPA – Environmental Protection Agency) совместно с федеральной авиационной администрацией (FAA – federal Aviation Administration) провело исследование по оценке имеющихся и потенциальных источников загрязнения атмосферы, так или иначе связанных с функционированием аэропортов. В этом исследовании основное внимание было уделено оценке выбросов загрязняющих веществ коммерческой авиацией [3].

Безусловно, каждый аэропорт имеет свои особенности, связанные с его оснащением, расположением, типом пролетающих самолетов. Так, например, Tsilingiridis [5] приводит данные об эволюции показателей эмиссии загрязнителей атмосферы в 38 аэропортах Греции за 1980-2005 гг. С учетом всех типов воздушных сообщений над территорией Греции установлено, что за 1980-2005 гг. интенсивность авиаперевозок возросла в 2,4 раза. Самый загруженный аэропорт в Афинах характеризуется снижением его вклада в загрязнение атмосферы с 59% в 1980 г. до 42,2% в 2005 г. Однако, такая доля некоторых других аэропортов возросла, например, с 6,3% до 11,7% в аэропорту Thessaloniki и с 6,8% до 9,8% в аэропорту Iraklion соответственно в 1980 г. и 2005 г. При этом темпы роста выбросов окислов азота нарастали быстрее увеличения интенсивности авиаперевозок. Наоборот, эмиссия VOC и CO нарастала медленнее темпов увеличения авиаперевозок, а эмиссия SO<sub>2</sub> и PM<sub>2.5</sub> оставалась стабильной.

## **Воздействие на гидросферу и почву**

Особое внимание при проектировании и эксплуатации аэропортов уделяется сбору, отводу и очистке поверхностных сточных вод. Водоотводные системы аэропортов являются сложными инженерно-техническими сооружениями. Водоотводная система любого современного аэропорта состоит из двух составных частей - водосточной системы, предназначенной для сбора и отвода поверхностных вод, образующихся в периоды выпадения атмосферных осадков и дренажной системы, предназначенной для перехвата и отвода грунтовых вод, поступающих в основание искусственных покрытий. Обе системы взаимосвязаны и работают совместно. Для очистки сточных вод в аэропортах используются очистные сооружения, построенные, как правило, по классической схеме с типовым набором элементов - аккумулярующей емкости, иловой площадки, насосной станции, нефтесборных устройств и элементов биологической очистки - специальных прудов. В таких очистных сооружениях обеспечивается достаточно высокая степень очистки на уровне предельно допустимых концентраций, соответствующих рыбохозяйственному водоему. Основным недостатком классиче-



ских очистных сооружений является потребность значительной территории, требующейся для их размещения. Наряду с "классическими" очистными сооружениями используются более компактные очистные сооружения контейнерного типа. Эти сооружения при обеспечении высокой степени очистки требуют меньшей территории для их размещения по сравнению с классическими. В некоторых аэропортах применяются испарительные и испарительно-поглощающие бассейны. Это бессточные очистные сооружения, обеспечивающие сбор и утилизацию сточных вод без сброса их в водотоки окружающей территории. В результате обеспечивается сохранность экологического баланса территории и предотвращается ее загрязнение. Уменьшить объем вредных стоков от аэропортов можно также посредством применения современных, эффективных химических средств очистки поверхности аэродромов.

При чрезвычайных и аварийных ситуациях самолёты вынуждены сливать в воздухе излишнее топливо для уменьшения посадочной массы. Количество топлива, сливаемого самолётом за 1 раз, колеблется от 1-2 тыс. до 50 тыс. литров (<http://www.studfiles.ru>). Испарившаяся часть топлива рассеивается в атмосфере без опасных последствий, однако, неспарившаяся часть достигает поверхности земли и водоёмов и может вызвать сильные местные загрязнения. Доля неиспарившегося топлива, достигающего поверхности земли в виде капель, зависит от температуры воздуха и высоты слива. Даже при температуре более 20°C на землю может выпадать до нескольких процентов сливаемого топлива, особенно при сливе на малых высотах.

При полёте в нижних слоях стратосферы двигатели сверхзвуковых самолётов выделяют оксиды азота, что ведёт к окислению озона. В стратосфере происходит интенсивное взаимодействие солнечных лучей с молекулами кислорода. В результате молекулы распадаются на отдельные атомы, а те, присоединяясь к сохранившимся молекулам кислорода, образуют озон. Область повышенной концентрации озона, так называемая озоносфера, которая приходится на высоты 20 — 25 км, играет очень важную роль для Земли [1]. Поглощая почти всю ультрафиолетовую радиацию, озон, тем самым, предохраняет живые организмы от гибели (<http://www.studfiles.ru>).

### **Акустическое загрязнение окружающей среды**

Шум воспринимается большинством людей как нечто раздражающее и беспокоящее, вызывая психологический и эмоциональный стресс, который с трудом поддается измерению. Шум может вызывать общую раздражительность, мешать нормальному сну, оказывать влияние на эффективность труда и речевого общения. Особенно сильное раздражение вызывает неожиданный шум, например переход через звуковой барьер сверхзвукового самолета, а также шум, источник которого не сразу удается установить. Возможно, в этом случае проявляется природный инстинкт самосохранения.

Самолет при движении создает шум по двум причинам. Самой основной причиной из них является шум двигателей. Аэродинамика самолета является вторым значительным источником шума, который таким образом возникает как естественный результат движения самолета в воздухе. У новых поколений самолетов более современные технологии позволили уже значительно снизить уровень шума, вызванного обеими этими причинами.

Авиационный шум представляет определенную угрозу в первую очередь здоровью населения зон воздействия аэропортов. По данным Всемирной организации здравоохранения, человек не может отдыхать при уровне шума

более 40 дБ. Шум, превышающий 65 дБ, приводит к беспокойству. Постоянный шум в 80-100 дБ уже опасен для здоровья. Громкость звука выше 120 дБ может привести к повреждению слуха, а в 130-140 дБ - превышает болевой порог и ведет к баротравме, разрушению органов слуха. Уровень звука 180 дБ и выше может оказаться смертельным. По мнению экспертов, в 2006 году 20 млн людей, проживающих вблизи аэропортов (без учета граждан КНР и Индии), постоянно подвергаются шуму 55 дБ.

### Воздействие на здоровье человека

Загрязнение окружающей среды любыми источниками выбросов загрязнителей несомненно приводит к возникновению ситуаций ухудшения условий проживания человека. Что касается выбросов загрязняющих веществ самолетами, то их выбросы в значительной мере ухудшают атмосферу и тем самым приводят к нарушению условий проживания населения. В табл. 1 и 2 дана краткая сводка о возможных, в основном медицинских, последствиях загрязнения атмосферы выбросами авиации.

Таблица 1

#### Типичные воздействия загрязнителей атмосферы на здоровье человека [3]

Загрязнитель	Воздействие на здоровье
Озон	Нарушение функции легких, ухудшение физической работоспособности, увеличенная восприимчивость к респираторной инфекции, повышенная чувствительность дыхательных путей, воспаление легких, нарушение структуры легких.
Угарный газ	Сердечно-сосудистые нарушения, особенно у людей с заболеваниями сердца.
Оксиды азота Частицы вещества	Раздражение легких и понижение сопротивляемости к респираторной инфекции. Преждевременная смерть, обострение сердечно-сосудистых заболеваний и легких, изменение функции легких и возрастание симптомов их заболевания, изменение тканей и структуры легких, уменьшение защитных механизмов дыхательных путей.
Газообразные органические вещества	Раздражение глаз и дыхательных путей, головная боль, головокружение, расстройство зрения и ухудшение памяти.

Таблица 2

#### Типичные воздействия загрязнителей атмосферы на окружающую среду [3].

Загрязнитель	Воздействие на окружающую среду
Озон	Частичная гибель урожая, повреждение деревьев, уменьшение сопротивляемости растений к болезням.
Угарный газ Оксиды азота	Аналогичные воздействия на здоровье животных как у людей. Кислотные дожди, понижение видимости, увеличение скорости формирования озона, образование облаков пыли.
Частицы вещества	Уменьшение видимости, окисление строений и памятников, ухудшение условий видимости при посадке самолетов.
Летучие органические вещества	Повышение скорости образования озона, запахи, прямое воздействие на строения и растения.

## Заключение

По заключению специалистов Роспотребнадзора, для решения проблемы экологии аэропортов, необходимы следующие меры:

1. Аэропорты, как источники загрязнения среды обитания, должны иметь санитарно-защитные зоны с целью исключения влияния на состояние здоровья населения и условия их проживания, а также для ограничения застройки прилегающей к аэропортам территории.

2. Необходимо создание системы мониторинга за состоянием акустической обстановки в зоне влияния аэропортов.

3. На основании различных данных (акустических расчетов, натурных измерений уровня звука на различном удалении от аэропорта, расчета степени риска здоровью населения) прилегающую к аэропорту территорию разделить на зоны с различным функциональным ее использованием (для жилой застройки, объектов коммунального назначения и др.).

4. Следует определиться с методологией установления размера санитарно-защитной зоны от аэропортов: на базе единого норматива при оценке шумового воздействия, учетом оценки риска здоровью населения, единых методик расчета.

5. Оптимизировать режимы ожидания на посадку и простоев самолетов с работающими двигателями.

## Литература

1. *Кароль П.А.* Влияние полетов транспортной авиации мира на озоносферу и климат // Метеорология и гидрология. 2000. № 7. С. 17-32.

2. *Кривин В.Ф., Потапов П.П., Солдатов В.Ю.* Методы глобальной экоинформатики. Изд-во Твори, Винница, Украина, 2019, 383 с.

3. *National air quality and emissions trends report.* - North Carolina: EPA 454/R-03-005 Report. 2003. 190 pp.

4. *Nangle D.F. and Fox D.L.* Aircraft and air pollution // American Chemical Society. 1981. Vol. 51. No.4. P. 391-395.

5. *Tsiliniridis G.* Aircraft air pollutant emissions in Greek airports // Global NEST Journal. 2009. V.11. No.4. P. 528-534.