



УДК 351.814.12; 351.77.6
ГРНТИ 87.15

ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОЦЕНКЕ НЕБЛАГОПРИЯТНОГО ВЛИЯНИЯ ВОЕННЫХ АЭРОДРОМОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

*О.В. КЛЕПИКОВ, доктор биологических наук, профессор
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
О.Н. ФИЛИМОНОВА, доктор технических наук, доцент
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
М.В. ЕНЮТИНА, кандидат технических наук, доцент
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
И.Н. НАЗАРЕНКО, кандидат химических наук, доцент
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

Проведена оценка неблагоприятного воздействия при эксплуатации военной авиационной техники на окружающую среду в мирное время в зоне влияния аэродромов. Показано, что проблема разработки универсальной методики, позволяющей оценить уровень загрязнения воздушного бассейна аэродрома, связана с применением значительного количества разнообразных по химическому составу соединений, подвижности источников загрязнения, уникальности климатических и геологических факторов каждого объекта анализа, которым является аэродром. Вследствие осаждения токсичных веществ из атмосферного воздуха и сброса сточных вод происходит загрязнение поверхностных вод и почвы аэродрома и прилегающей к нему территории, а также при работе авиационных двигателей акустическому воздействию подвергается личный состав и люди, проживающие в окрестностях аэродрома. Источниками, повышающими уровень электромагнитного фона вблизи военных аэродромов, являются радиолокационные станции.

Ключевые слова: военный аэродром, загрязняющие вещества, мониторинг, окружающая среда.

REVIEW OF ADVERSE IMPACT ASSESSMENT STUDIES MILITARY AIRFIELDS ON THE ENVIRONMENT

*O.V. KLEPIKOV, Doctor of biological sciences, Professor
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)
O.N. FILIMONOVA, Doctor of technical sciences, Assistant Professor
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)
M.V. ENYUTINA, Candidate of technical sciences, Assistant Professor
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)
I.N. NAZARENKO, Candidate of chemical sciences, Assistant Professor
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)*

An assessment of the adverse impact of the operation of military aircraft on the environment in peacetime in the zone of influence of airfields. It is shown that the problem of developing a universal methodology to assess the level of air pollution in the airfield, connected with considerable variety on the chemical composition of the compounds, the mobility of pollution sources, unique climatic and geological factors of each object of analysis, which is the airfield. Due to the deposition of toxic substances from air and wastewater discharge pollution of surface waters and soil of the airfield and surrounding areas, as well as aircraft engine acoustic impact is subjected to the staff and the people



living in the vicinity of the aerodrome. Sources that increase the level of electromagnetic background near military airfields are radar stations

Keywords: military airfield, pollutants, monitoring, environment.

Введение. Военная авиационная техника и наземные объекты, которые обеспечивают ее работу, являются источниками негативного воздействия на окружающую среду. К ним относятся боевые самолеты, вертолеты, аэродромы, склады авиационного горючего, радиолокационные системы и т.д. [1]. Не ограничивая возможностей по обеспечению безопасности и национальных интересов Российской Федерации, военная деятельность должна осуществляться с учетом возможных неблагоприятных экологических последствий.

Актуальность. Определение реального воздействия авиации на окружающую среду признано актуальной задачей [2]. На приаэродромной территории выявлены следующие типы неблагоприятных воздействий на окружающую среду: химическое загрязнение, электромагнитное и акустическое воздействие. Для оценки ситуации и обоснования оптимальных природоохранных решений необходимо выявить основные характеристики факторов, оказывающих наибольшее влияние на загрязнение окружающей среды и экологическую обстановку на аэродромах.

Показано [3, 4], что выхлопные газы двигателя воздушных судов, в том числе и образовавшиеся аэрозоли, оказывают существенное влияние на содержание озона, формирование облачности и другие показатели экологической безопасности, а также приводят к значительному загрязнению приземного слоя атмосферы в районах расположения аэродромов.

Наибольшее значение для загрязнения *атмосферного воздуха* на аэродромах имеют подвижные источники загрязнения – самолеты на этапах взлета-посадки и стационарные источники загрязнения, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Загрязняющие вещества атмосферного воздуха на военных аэродромах

Наименование источника	Наименование компонента
Место стоянки самолета	Пары бензина и керосина, оксиды азота и углерода, пыль и аэрозоли масел
Опробирование двигателей и вспомогательных силовых установок самолетов	Пары керосина, оксиды азота и углерода, фенол, формальдегид, аэрозоли масел, пыль и продукты деструкции масел
Заправка самолетов специальными жидкостями и горюче-смазочными материалами	Пары топлива, аэрозоли минеральных, синтетических масел и рабочих жидкостей
Мойка самолетов с использованием моющего средства	Компоненты моющего средства
Расконсервация деталей самолета, переборка тормозов и т.п.	Ацетон, бутилацетат, толуол, этилацетат, пары бензина
Технологические операции с бортовым оборудованием	Канифоль, свинец, пыль графитовая, пары керосина
Заправка бортовых огнетушителей	Этиленгликоль, фреон-12В, фреон-114В
Зарядка аккумуляторов	Аэрозоли кислот и щелочей

При эксплуатации военной авиации выбросы газотурбинных двигателей наиболее значительны при взлете-посадке, т.е. в непосредственной близости к аэродрому. Масса топлива, потребного для обеспечения полета составляет от 30 до 60 % взлетной массы самолета, а невырабатываемый остаток топлива, который военная авиационная техника при возвращении на аэродром должна «досжигать» на взлетно-посадочной полосе достигает 3–4 % от ее полной заправки. Помимо этого, выбросы вредных веществ происходят при работе двигателей спецавтотранспорта, работе аэродромных энергетических установок, на этапе «гонка двигателей» и т.д. [5, 6].



За счет эмиссии авиационных двигателей во время взлетно-посадочного цикла в приземный слой атмосферы поступают: углеводороды (C_nH_m) (метан, ацетилен, этан, толуол и др.); оксиды углерода (CO) и азота (NO_x); сажа (C); диоксид серы (SO_2); сульфатный аэрозоль (вследствие взаимодействия сажи и диоксида серы).

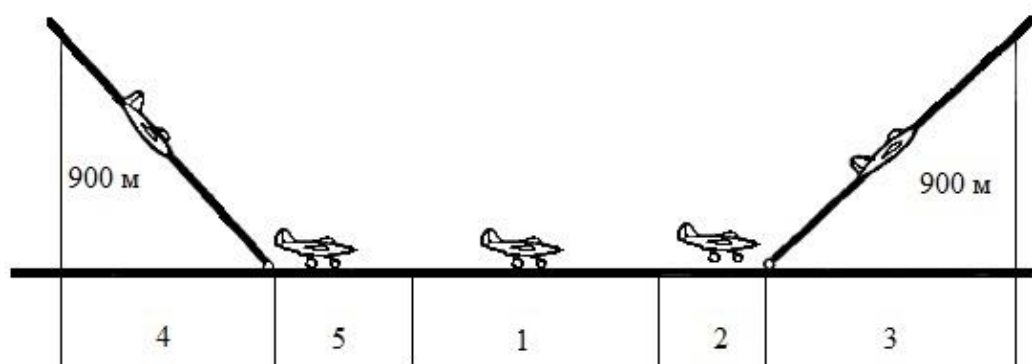
В струе выхлопа газотурбинного двигателя самолета наличествуют токсичные альдегиды (формальдегид $HCHO$, акролеин $CH_2=CH-CHO$, уксусный альдегид CH_3CHO и др.) [7].

Проведенные за рубежом исследования [8–10] показали, что в состав летучих органических соединений, выделяемых в атмосферу реактивным двигателем среднего класса входят этилен ($H_2C=CH_2$), формальдегид ($CH_2=O$), метан (CH_4), пропен (C_3H_6), ацетальдегид (CH_3-CHO), этин ($HC\equiv CH$), ацетон ($H_3C-CO-CH_3$), глиоксаль ($OHC-CHO$), акролеин ($H_2C=CH-CHO$), бутен (C_4H_8), метилглиоксаль ($C_2H_4O_2=CH_2CO-CHO$), 1,3-бутадиен ($H_2C=CH-CH=CH_2$), бензол (C_6H_6), *n*-додекан ($C_{12}H_{26}$), бутиральдегид ($CH_3-CH_2-CH_2-CHO$), кремнийорганические соединения ($C_6H_{18}O_3Si_3$, $C_8H_{24}O_4Si_4$) и другие.

При исследовании качественного и количественного состава газообразных соединений и аэрозолей, выделяемых в атмосферный воздух при работе авиационных двигателей, было выявлено, что при смешении горячих газов ($330\text{ }^\circ\text{C}$) в струе выхлопа с холодным воздухом (от плюс $25\text{ }^\circ\text{C}$ до минус $50\text{ }^\circ\text{C}$) в результате ряда физико-химических процессов происходит изменение содержания загрязняющих веществ и образование заряженных кластеров, жидких (органических и сульфатных) и твердых (ледовых) аэрозольных частиц [11]. Автором [12] в научном исследовании, в котором обоснована модель нестационарной ионно-индуцированной нуклеации и формирования жидких сульфатных аэрозольных частиц, показано, что в струе выхлопа образуются нейтральные и отрицательные кластеры с большим числом молекул серной кислоты и воды [12].

Кроме того, в приземном слое атмосферы вследствие эмиссии авиационных двигателей может увеличиваться концентрация озона, а также выпадать кислотные дожди [13].

Принято считать, что в зоне аэродрома на этапах взлета и посадки самолета к загрязнению приземного атмосферного воздуха приводит эмиссия авиадвигателей [7]. На рисунке 1 приведены этапы взлетно-посадочного цикла, влияющие на загрязнение атмосферного воздуха приаэродромных территорий.



1 – холостой ход и руление перед взлетом; 2 – взлет; 3 – набор высоты до 900 м;
4 – заход на посадку с 900 м; 5 – руление и холостой ход после посадки

Рисунок 1 – Этапы взлетно-посадочного цикла, влияющие на загрязнение атмосферы приаэродромных территорий

Такой подход, учитывающий этапы взлетно-посадочного цикла, для оценки загрязнения зоны аэропорта утвержден в качестве стандартного Международной организацией гражданской авиации (ИКАО). Введенные ИКАО нормативы на эмиссию из авиадвигателей предусматривают ограничения на концентрацию в струе выхлопа следующих компонентов:



оксиды углерода и азота, сажи и неокисленных углеводородов. Индекс эмиссии предлагается ужесточить до следующих показателей для перспективных двигателей по: оксидам азота в диапазоне $EINO_x=5-10$, сажевым частицам $EI(\text{сажа}) \leq 0,15$ и существенное снижение эмиссии диоксида углерода (до 80 %) [11].

Величина индекса эмиссии (EI) существенно отличается для различных загрязняющих веществ и зависит от режима работы авиационного двигателя. Для продуктов неполного сгорания авиационного топлива (CO , C_nH_m) величина EI уменьшается при увеличении тяги двигателя, что происходит на этапах взлета, набора высоты и крейсерского полета. В режиме малого газа, т.е. во время холостого хода, руления перед взлетом и после посадки индексы эмиссии указанных веществ максимальны [7].

Индексы эмиссии сажи и оксидов азота возрастают с увеличением относительной тяги двигателя. Это объясняется тем, что частицы сажи наиболее интенсивно образуются в зонах двигателя, где большой избыток топлива и высокая температура. Температурными условиями объясняется и увеличение индекса эмиссии оксидов азота. Индекс эмиссии диоксида серы определяется ее содержанием в авиационном топливе и от величины относительной тяги не зависит.

Индексы эмиссии также зависят от конструкции авиационного двигателя, его типа и модификации, качества регулировки [7]. Существенное влияние на этот показатель оказывает также тип применяемого авиационного топлива [14, 15]. Для расчета эмиссии загрязняющих веществ авиационными двигателями за взлетно-посадочный цикл необходимо знать относительную тягу двигателей на каждом этапе цикла и их продолжительность. Средние значения этих величин для военного аэродрома приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Средние значения параметров взлета-посадки самолета

Наименование этапа	Относительная тяга	Продолжительность, мин
1 – Холостой ход и руление перед взлетом	0,07	8
2 – Взлет	1	0,5
3 – Набор высоты до 900 м	0,85	1,4
4 – Заход на посадку с 900 м	0,3	4
5 – Руление и холостой ход после посадки	0,07	5

Точную оценку загрязнения зоны аэропорта выбросами загрязняющих веществ от самолетов различных типов можно провести, используя конкретные данные об индексах эмиссии авиационных двигателей, что определяется опытным путем на основе сертификационных испытаний. Созданный ИКАО банк о данных эмиссии различных типов зарубежных двигателей содержит необходимую информацию для определения индексов эмиссии сертифицированных двигателей [13]. Подобной информации о российских авиационных двигателях военной авиации в открытой научной печати недостаточно.

Предприняты также попытки оценить возможное загрязнение воздуха в зоне аэродрома математическим моделированием распространения выхлопных газов в районе аэродрома [15–19].

Вместе с тем, нельзя считать движущийся самолет подвижным точечным источником загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха так как слишком высока скорость струи выхлопа газов из сопла двигателя, и она направлена параллельно поверхности земли. Кроме того, фиксируются более высокие значения по температурным параметрам – 300–600 °С, скорости истечения выхлопных газов – 100–600 м/с. В этой связи, была предложена методика расчета уровня загрязнения атмосферного воздуха выбросами от воздушных судов, основанная на моделировании струи авиационного двигателя с учетом параметров газодинамического образования в виде совокупности точечных источников, которая апробирована на самолетах гражданского назначения, что не в полной мере может быть применено к военным летательным аппаратам [20].



Экологические проблемы авиационных частей и подразделений Военно-воздушных сил, помимо эмиссии авиационных двигателей в зоне аэродрома, связаны с поступлением в атмосферный воздух паров топлива вследствие утечек и произвольных разливов, при чрезвычайных и аварийных ситуациях, а также при регламентных технических работах на складах горюче-смазочных материалов (ГСМ) – продувке и опорожнении дренажных емкостей, при сливе топлива, за счет «малого» и «большого» дыхания резервуаров [21].

Марки топлив, применяемых в самолетах военной авиации, зависят от типа двигателя. Для дозвуковых газотурбинных самолетов используют керосины марок ТС-1 и РТ, которые являются взаимозаменяемыми, разрешается заправка и дозаправка самолета любым из этих топлив, а также их смесями [14].

Типичный состав и свойства отечественного авиационного керосина ТС-1 определены ГОСТ 10227-86. Химический состав керосина ТС-1 приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Массовая доля различных классов углеводородов в топливе

Свойство	Показатель
Массовая доля предельных алифатических углеводородов, %	20–60
Массовая доля бициклических ароматических углеводородов, %	5–25
Массовая доля нафтеновых углеводородов, %	20–50
Массовая доля непредельных углеводородов, %, не более	2
Массовая доля общей серы, %, не более	0,2

Известно, для повышения качества авиационного топлива, в него, как правило, добавляют различные химические присадки, улучшающие эксплуатационные показатели [14]. К ним относятся: антиоксиданты, противоводокристаллизационные, антистатические присадки, ингибиторы коррозии, улучшающие противоизносные свойства топлив, деактиваторы металлов, биоцидные добавки и др. Существуют многофункциональные присадки, так называемые присадки-синергисты. В результате применения таких веществ в окружающую среду на территории аэродромов попадают фенолы и серосодержащие вещества из присадок-антиокислителей, салицилиден, аминифенолы из деактиваторов металлов, этилцеллозоль (жидкость «И») или его смесь с метанолом (жидкость «И-М»), используемых в качестве противоводокристаллизационных присадок и др.

Таким образом, разработка универсальной методики, позволяющей оценить уровень загрязнения воздушного бассейна аэродрома, усложняется в связи с применением значительного количества разнообразных по химическому составу соединений, подвижности источников загрязнения, уникальности климатических и геологических факторов каждого объекта анализа, которым является аэродром, что обуславливает необходимость региональной корректировки существующих методик оценки загрязнения окружающей среды приаэродромных территорий.

При сбросе сточных вод и вследствие осаждения загрязняющих веществ из атмосферного воздуха также происходит значительное загрязнение поверхностных вод и почвы.

Выявлено шесть видов жидких стоков, связанных с техногенным воздействием авиационной части [21]:

ливневые сточные воды, содержащие химические токсичные вещества, используемые для мойки летательных аппаратов, удаления снега и льда, остатки авиационного топлива, смазочных материалов, а также противопожарной пены, используемой при авариях;

сточные воды, загрязненные нефтепродуктами в связи с заправкой и эксплуатацией летательных аппаратов и автотранспортных средств;

промышленные стоки, образующиеся при ремонте и техническом обслуживании летательных аппаратов;

стоки от аварийных сливов топлива летательными аппаратами на земле и в воздухе;



стоки, содержащие продукты атмосферных осадков, загрязненных пылегазовыми выбросами и отходами от объектов авиачасти;

бытовые стоки от душевых, прачечных, столовых, туалетов и др.

Одним из основных источников загрязнения поверхностных и подземных вод являются утечки или протечки авиационного топлива и других нефтепродуктов. В результате длительных проливов нефтепродуктов возможно образование подповерхностного скопления авиационного топлива на глубинах от 0,5 м до нескольких метров (это загрязняет грунт и подземные воды), что выявлено при обследовании аэродромов [22].

К другим видам нефтепродуктов и минеральных веществ, используемых на аэродромах и загрязняющих поверхностные и подземные воды можно отнести твердые смазки (графит, дисульфид молибдена, слюда, тальк), минеральные консистентные смазки (антифрикционные, консервационные, уплотнительные, приработочные, специального назначения) и жидкие масла (моторные, турбинные, компрессорные, трансмиссионные, гидравлические, консервационные, уплотнительные), синтетические масла (углеводородные, дизфирные, полиэфирные, фторуглеводородные, силиконовые) [14].

К токсичным органическим соединениям, которые содержатся в сточных водах авиационных частей и подразделений, относятся ацетон и бензол, а также различные соединения алюминия (оксид, хлорид и нитрат алюминия), бериллия (сульфат и хлорид бериллия), хрома и некоторых других металлов, кислот и щелочей. В поверхностном стоке аккумулируются остатки моющих и дезинфицирующих реагентов, продукты разрушения искусственных покрытий и другие минеральные взвеси, нефтепродукты, растворенные органические примеси и азотосодержащие вещества [7].

При проведении мониторинга земель приаэродромных территорий установлено, что в поверхностных водах водоемов, расположенных в зоне их влияния, содержания свинца, хрома, кадмия, бериллия, марганца в 5–20 раз превышают их фоновое значение, а также выявлены повышенные концентрации нитратов, аммония, серной и соляной кислот [23].

В поверхностные стоки аэродромов в холодное время года могут попадать вещества, применяемые в качестве антиобледенителей самолетов или противогололедных реагентов. В их состав входят такие химические соединения как карбамид, аммиачная селитра, поверхностно-активные вещества и др. Эти соединения обнаруживаются на поверхности почвы, в сточных и грунтовых водах [24].

Исследование загрязнений грунтовых вод, взятое с веб-сайта регионального офиса ЕРА США № 9 [25] показало: в подземных водах вблизи международного аэропорта Таксон обнаружены трихлорэтилен, хром, дихлорэтилен, спирты, метилэтилкетон и др. растворители; отработавшее масло и смазочные материалы; отходы лакокрасочных веществ и шламы, кадмий, цианиды. В подземных водах вблизи аэропорта «Phoenix-Goodyear» (Аризона) [26] обнаружены: трихлорэтилен, хром, перхлорэтилен, 1,1-дихлорэтилен, хлороформ, тетрахлорид углерода, ацетон. Превышены допустимые концентрации по хрому кадмию, алюминию, меди.

Анализ почвы приаэродромных территорий [23] показал, что масса загрязнений твердыми частицами 1 м² поверхности в центре летного поля в 4–6 раз ниже концевых участков взлетной полосы. Были определены химические элементы – магний, алюминий, кремний, сера, калий, кальций, титан и железо в различных соединениях с кислородом.

Проведенная на территории аэродрома оценка уровня загрязнения почвы твердыми частицами показала, что элементный состав загрязнений включает такие тяжелые металлы как свинец (Pb), кадмий (Cd), цинк (Zn), медь (Cu), никель (Ni), хром (Cr), при этом количественный анализ выявил превышение нормативного значения по Pb, Cd, Zn, Cu [27]. Определены также места наибольшего загрязнения: начало и конец взлетно-посадочной полосы. По данным автора [28] на поверхности летного поля обнаружены восемь неорганических химических элементов в различных соединениях с кислородом: железо (Fe), титан (Ti), кальций (Ca), калий (K), сера (S), кремний (Si), алюминий (Al), магний (Mg).



Радиолокационные станции навигации воздушных судов различного функционального назначения, являются мощным источником электромагнитного воздействия на окружающую среду и человека. Отмечается, что из всего комплекса физических полей электромагнитной природы целесообразно рассматривать только диапазон частот от 30 кГц до 300 ГГц, как наиболее распространенный, на который приходится наибольшая доля энергетической нагрузки личного состава. Источниками, повышающими уровень ЭМ-фона вокруг летательных аппаратов, могут быть бортовые многофункциональные радиолокационные станции (РЛС): станции управления огнем, обнаружения целей, средства связи, радиоэлектронной борьбы, навигации и др. Радиоизлучающие средства (РИС) могут создавать достаточно высокие уровни интенсивности излучения вокруг воздушных судов и в местах нахождения личного состава, обслуживающего эту технику. Наиболее высокий риск воздействия у специалистов РЛС, у персонала РСП и РСБН соответственно в 10 и 20 раз меньше. Наибольший непрофессиональный риск переоблучения у инженерно-технической службы (ИТС), личного состава службы ГСМ, аэродромной службы, руководителей полетами, диспетчеров, летного состава. Максимальные уровни воздействия могут достигать до $1,0\text{--}2,5 \text{ Вт/м}^2$ [29].

Под воздействие работающих авиационных двигателей, которые являются источником акустического загрязнения, помимо личного состава, попадает значительное число людей, проживающих в окрестностях аэродрома [13]. Шумы создаются тремя основными источниками – турбулентным потоком (или аэродинамическим), двигателем и системами самолета [30]. Клиническая картина заболеваний авиационных специалистов определяется совместным действием шума и инфразвука и характеризуется комплексом симптомов, таких как снижение слуховой чувствительности, сердечно-сосудистые заболевания, расстройство центральной нервной системы [31, 32]. Параметры влияния шума и инфразвука на личный состав войсковых подразделений Военно-воздушных сил рассмотрены в [33].

Выводы. Контроль состояния объектов окружающей среды на приаэродромных территориях осложняется большим перечнем химических загрязнителей, наличием воздействия шумового фактора и электромагнитных полей. Задача разработки универсальной методики, позволяющей оценить неблагоприятное воздействие факторов, присущих военным аэродромам, связана также с подвижностью источников загрязнения, уникальностью климатических и геологических условий территорий расположения аэродромов. В перспективе требуется разработка автоматизированной системы многоточечного экологического контроля, объединенного в единую систему мониторинга объектов окружающей среды приаэродромных территорий, на основе которой будет возможно проведение аналитических оценок уровня экологической безопасности объекта и эффективности природоохранных мероприятий в предметной области решения задач, поставленных перед военной авиацией в мирное время.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булатов В.И. Россия: экология и армия. М.: Новый мир, 1999. 168 с.
2. Экологические проблемы в авиации и пути их решения / В.А. Миягашева и др. // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. Секция «Эксплуатация и надежность авиационной техники». 2016. Т. 1. С. 808–810.
3. Global change: state of the science / D.J. Wuebbles, A. Jain, J. Edmonds, D. Harvey, K. Hayhoe. // Environmental Pollution. 1999. V.100. P. 57–86.
4. Radiative forcing from particle emissions by future supersonic aircraft / G. Pitari, D. Iachetti, E. Mancini, V. Montanaro, N. De Luca, C. Marizy, O. Dessens, H. Rogers, J. Pyle, V. Grewe, A. Stenke, O. A. Sovde // Atmospheric Chemistry and Physics. 2008. V.8. No. 14. P. 4069–4084.
5. Военная экология: учебник для высших военных учебных заведений / И.П. Айдаров, Б.Н. Алексеев, А.В. Бударрагин и др. Под ред. Н.В. Петрухина, А.В. Тарабары, И.А. Постовита. М.: Изд-во «Русь-СВ», 2000. 360 с.



6. Турчинович А.О. Моделирование распространения загрязняющих веществ от двигателей самолетов на этапах взлетно-посадочного цикла и при гонке двигателей с учетом кинетической модели: дис. ... канд. техн. наук. Новосибирск, 2015. 184 с.
7. Асатуров М.Л. Загрязнение окружающей среды при авиатранспортных процессах: учебное пособие / М.Л. Асатуров. СПб.: Университет ГА, 2010. 94 с.
8. Knighton W.B., Herndon S.C., Miake-Lye R.C. Aircraft engine speciated organic gases: speciation of unburned organic gases in aircraft exhaust // Technical support document. 05/27/09.
9. Руководство ЕМЕП/ЕАОС по инвентаризации выбросов 2013.
10. John M. Storey, Samuel A. Lewis, Brian H. West, et. Hydrocarbon species in the exhaust of diesel engines equipped with advanced emissions control devices // Final Report CRC Project No. AVFL-10b-2. P. 1–19.
11. Старик А.М., Фаворский О.Н. Авиация и атмосферные процессы // Актуальные проблемы авиационных и аэрокосмических систем: процессы, модели, эксперимент. 2015. Том 20, № 1 (40). С. 1–20.
12. Савельев А.М. Образование ультрадисперсных заряженных и нейтральных аэрозолей в элементах проточного тракта и выхлопной струе турбореактивного двигателя. Дис. ... на соискание учен. степени канд. техн. наук по спец. 01.04.14. Москва, 2010. 180 с.
13. Иванова А.Р. Влияние авиации на окружающую среду и меры по ослаблению негативного воздействия / А.Р. Иванова // Труды Гидрометцентра России. 2017. Вып. 365. С. 5–14.
14. Коняев Е.А., Немчиков М.Л. Авиационные горюче-смазочные материалы: учебное пособие. М.: МГТУГА, 2013. 80 с.
15. Кашеваров А.В., Потапов Ю.Ф., Стасенко А.Л. Влияние вида горючего на физико-химические свойства струй самолетов и распространение их компонентов в окрестности аэропорта // Ученые записки ЦАГИ. 2001. Том XXXII. № 3–4. С. 165–175.
16. Манохин В.Я. Математическое моделирование формирования воздушной среды приаэродромных территорий вредными выбросами летательных аппаратов // Труды седьмой международной научно-практической конференции «Высокие технологии в экологии». Воронеж: ВГАСУ. 2004. С. 241–247.
17. Маслов В.А., Дзюбенко О.Л. Методика прогнозирования формирования уровней загрязнения окружающей воздушной среды аэродромов и прилегающих территорий // Современные научные исследования и инновации. 2012. № 10 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2012/10/18142> (дата обращения 07.02.2019).
18. Кулаков С.Ю. К вопросу моделирования загрязнения атмосферного воздуха на территории военного объекта // Современные вопросы науки – XXI век: сборник научных статей по материалам VII Международной НПК. Тамбов: Изд-во Тамбовского областного института ПКРО, 2011. Вып. 7. Ч. 3. С. 81–83.
19. Маслов В.А. Моделирование и прогнозирование загрязнения окружающей воздушной среды приаэродромных территорий выбросами воздушных судов. Дис. ... на соискание учен. степени канд. техн. наук по спец. 05.23.11. Воронеж: ВВАИИ, 2003. 141 с.
20. Кулаков С.Ю., Базарский О.В. Методика расчета уровня загрязнения атмосферы авиационными двигателями воздушных судов // Фундаментальные исследования. 2014. № 8. С. 1617–1621.
21. Отмахова Т.В. Экологические проблемы авиационных частей военно-воздушных сил и пути их решения. Дис. ... на соиск. ученой степени канд. технич. наук по спец. 11.00.11. Москва, 1998. 141 с.
22. Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И. Предупреждение и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов. М.: Ин-октаво, 2005. 20 с.



23. Шевырев В.Е. Мониторинг земель приаэродромных и сопредельных территорий Воронежской области. Дис. ... на соискание учен. степени канд. геогр. наук по спец. 25.00.26. Воронеж, 2004. 128 с.
24. Салогуб А.Л., Барабаш Д.Е. Воздействие антигололедных реагентов на состояние окружающей среды приаэродромных территорий // Всероссийская научно-практическая конференция «Совершенствование наземного обеспечения авиации», 2000, С. 10–12.
25. U.S. Environmental Protection Agency [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://yosemite.epa.gov/r9/sfund/overview.nsf/507c94f730e0ebf488256958005cda5f/e0b741a467f5be0a8825660b007ee678?OpenDocument> (дата обращения 07.02.2019).
26. U.S. Environmental Protection Agency [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://yosemite.epa.gov/r9/sfund/overview.nsf/507c94f730e0ebf488256958005cda5f/0511a5f2a604caa88256ca600721061?OpenDocument> (дата обращения 07.02.2019).
27. Геворгян В.М., Пономарева О.И., Кемер О.В. Экологические особенности почвенного покрова аэродромных комплексов гражданской авиации // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 4 (4). С. 795-798.
28. Салогуб А.Л. Геоэкологическая оценка загрязнения поверхностного стока летного поля аэродрома твердыми частицами неорганических веществ. Дис. ... на соискание учен. степени канд. геогр. наук по спец. 25.00.36. Воронеж: ВВАИИ, 2004. 132 с.
29. Дроздов В.В., Панихидников С.А. Общая экология с основами экологической безопасности военной деятельности: учебное пособие. С.-Пб.: СПбГУТ, 2013. 432 с.
30. Специфика влияния авиационного транспорта на окружающую среду [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://diplomba.ru/work/131236> (дата обращения 07.02.2019).
31. Еремина Ю.В. Разработка и исследование специальной одежды для защиты от воздействия агрессивной акустической среды. Дис. ... на соискание учен. степени канд. техн. наук по спец. 05.19.04. Шахты, 2016. 120 с.
32. Зинкин В.Н., Солдатов С.К., Богомолов А.В., Шведов А.П. Обоснование использования специалистами средств индивидуальной защиты при воздействии авиационного шума // Информатика и системы управления. 2009. № 4. С. 139–141.
33. Шешегов П.М. Научное обоснование системы управления риском развития нейросенсорной тугоухости у авиационных специалистов ВВС ВКС при действии авиационного шума. Дис. ... на соискание ученой степени доктора мед. наук по спец. 14.02.01. Ахтубинск, 2017. 321 с.

REFERENCES

1. Bulatov V.I. Rossiya: `ekologiya i armiya. M.: Novyj mir, 1999. 168 p.
2. `Ekologicheskie problemy v aviacii i puti ih resheniya / V.A. Miyagasheva i dr. // Aktual'nye problemy aviacii i kosmonavtiki. Sekciya «`Ekspluatatsiya i nadezhnost' aviacionnoj tehniki». 2016. T. 1. Pp. 808–810.
3. Global change: state of the science / D.J. Wuebbles, A. Jain, J. Edmonds, D. Harvey, K. Hayhoe. // Environmental Pollution. 1999. V.100. Pp. 57–86.
4. Radiative forcing from particle emissions by future supersonic aircraft / G. Pitari, D. Iachetti, E. Mancini, V. Montanaro, N. De Luca, C. Marizy, O. Dessens, H. Rogers, J. Pyle, V. Grewe, A. Stenke, O. A. Sovde // Atmospheric Chemistry and Physics. 2008. V.8. No. 14. Pp. 4069–4084.
5. Voennaya `ekologiya: uchebnik dlya vysshih voennyh uchebnyh zavedenij / I.P. Ajdarov, B.N. Alekseev, A.V. Budaragin i dr. Pod red. N.V. Petruhina, A.V. Tarabary, I.A. Postovita. M.: Izd-vo «Rus'-SV», 2000. 360 p.
6. Turchinovich A.O. Modelirovanie rasprostraneniya zagryaznyayuschih veschestv ot dvigatelej samoletov na `etapah vzletno-posadochnogo cikla i pri gonke dvigatelej s uchetom kineticheskoy modeli: dis. ... kand. tehn. nauk. Novosibirsk, 2015. 184 p.



7. Asaturov M.L. Zagryaznenie okruzhayushej sredy pri aviatransportnyh processah: uchebnoe posobie / M.L. Asaturov. SPb.: Universitet GA, 2010. 94 p.
8. Knighton W.B., Herndon S.C., Miake-Lye R.C. Aircraft engine speciated organic gases: speciation of unburned organic gases in aircraft exhaust // Technical support document. 05/27/09.
9. Rukovodstvo EMEP/EAOS po inventarizacii vybrosov 2013.
10. John M. Storey, Samuel A. Lewis, Brian H. West, ets. Hydrocarbon species in the exhaust of diesel engines equipped with advanced emissions control devices // Final Report CRC Project No. AVFL-10b-2. R. Pp. 1–19.
11. Starik A.M., Favorskij O.N. Aviaciya i atmosferynye processy // Aktual'nye problemy aviacionnyh i a`erokosmicheskikh sistem: processy, modeli, `eksperiment. 2015. Tom 20, № 1 (40). Pp. 1–20.
12. Savel'ev A.M. Obrazovanie ul'tradispersnyh zaryazhennyh i nejtral'nyh a`erozolej v `elementah protochnogo trakta i vyhlopnoj strue turboreaktivnogo dvigatelya. Dis. ... na soiskanie uchen. stepeni kand. tehn. nauk po spec. 01.04.14. Moskva, 2010. 180 p.
13. Ivanova A.R. Vliyanie aviacii na okruzhayuschuyu sredu i mery po oslableniyu negativnogo vozdejstviya / A.R. Ivanova // Trudy Gidrometcentra Rossii. 2017. Vyp. 365. Pp. 5–14.
14. Konyaev E.A., Nemchikov M.L. Aviacionnye goryuche-smazochnye materialy: uchebnoe posobie. M.: MGTUGA, 2013. 80 p.
15. Kashevarov A.V., Potapov Yu.F., Stasenko A.L. Vliyanie vida goryuchego na fiziko-himicheskie svoystva struj samoletov i rasprostranenie ih komponentov v okrestnosti a`eroporta // Uchenye zapiski CAGI. 2001. Tom XXXII. № 3-4. Pp. 165–175.
16. Manohin V.Ya. Matematicheskoe modelirovanie formirovaniya vozdushnoj sredy pria`erodromnyh territorij vrednymi vybrosami letatel'nyh apparatov // Trudy sed'moj mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Vysokie tehnologii v `ekologii». Voronezh: VGASU. 2004. Pp. 241–247.
17. Maslov V.A., Dzyubenko O.L. Metodika prognozirovaniya formirovaniya urovnej zagryazneniya okruzhayushej vozdushnoj sredy a`erodromov i prilgayuschih territorij // Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovacii. 2012. № 10 [`Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://web.snauka.ru/issues/2012/10/18142> (data obrascheniya 07.02.2019).
18. Kulakov S.Yu. K voprosu modelirovaniya zagryazneniya atmosfernogo vozduha na territorii voennogo ob`ekta // Sovremennye voprosy nauki – XXI vek: sbornik nauchnyh statej po materialam VII Mezhdunarodnoj NPK. Tambov: Izd-vo Tambovskogo oblastnogo instituta PKRO, 2011. Vyp. 7. Ch. 3. Pp. 81–83.
19. Maslov V.A. Modelirovanie i prognozirovanie zagryazneniya okruzhayushej vozdushnoj sredy pria`erodromnyh territorij vybrosami vozdushnyh sudov. Dis. ... na soiskanie uchen. stepeni kand. tehn. nauk po spec. 05.23.11. Voronezh: VVAII, 2003. 141 p.
20. Kulakov S.Yu., Bazarskij O.V. Metodika rascheta urovnya zagryazneniya atmosfery aviacionnymi dvigatelyami vozdushnyh sudov // Fundamental'nye issledovaniya. 2014. № 8. Pp. 1617–1621.
21. Otmahova T.V. `Ekologicheskie problemy aviacionnyh chastej voenno-vozdushnyh sil i puti ih resheniya. Dis. ... na soisk. uchenoj stepeni kand. tehnich. nauk po spec. 11.00.11. Moskva, 1998. 141 p.
22. Vorob'ev Yu.L., Akimov V.A., Sokolov Yu.I. Preduprezhdenie i likvidaciya avarijnyh razlivov nefi i nefteproduktov. M.: In-oktavo, 2005. 20 p.
23. Shevyrev V.E. Monitoring zemel' pria`erodromnyh i sopredel'nyh territorij Voronezhskoj oblasti. Dis. ... na soiskanie uchen. stepeni kand. geogr. nauk po spec. 25.00.26. Voronezh, 2004. 128 p.
24. Salogub A.L., Barabash D.E. Vozdejstvie antigololednyh reagentov na sostoyanie okruzhayushej sredy pria`erodromnyh territorij // Vserossijskaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Sovershenstvovanie nazemnogo obespecheniya aviacii», 2000, Pp. 10–12.



25. U.S. Environmental Protection Agency [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://yosemite.epa.gov/r9/sfund/overview.nsf/507c94f730e0ebf488256958005cda5f/e0b741a467f5be0a8825660b007ee678?OpenDocument> (data obrascheniya 07.02.2019).
26. U.S. Environmental Protection Agency [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://yosemite.epa.gov/r9/sfund/overview.nsf/507c94f730e0ebf488256958005cda5f/0511a5f2a604caa88256ca600721061?OpenDocument> (data obrascheniya 07.02.2019).
27. Gevorgyan V.M., Ponomareva O.I., Kemer O.V. `Ekologicheskie osobennosti pochvennogo pokrova a`erodromnyh kompleksov grazhdanskoj aviatsii // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. 2013. T. 15. № 4 (4). Pp. 795–798.
28. Salogub A.L. Geo`ekologicheskaya ocenka zagryazneniya poverhnostnogo stoka letnogo polya a`erodroma tverdymi chasticami neorganicheskikh veschestv. Dis. ... na soiskanie uchen. stepeni kand. geogr. nauk po spec. 25.00.36. Voronezh: VVAII, 2004. 132 p.
29. Drozdov V.V., Panihidnikov S.A. Obschaya `ekologiya s osnovami `ekologicheskoy bezopasnosti voennoj deyatelnosti: uchebnoe posobie. S.-Pb.: SPbGUT, 2013. 432 p.
30. Specifika vliyaniya aviacionnogo transporta na okruzhayuschuyu sredu [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://diplomba.ru/work/131236> (data obrascheniya 07.02.2019).
31. Eremina Yu.V. Razrabotka i issledovanie special'noj odezhdyy dlya zaschity ot vozdejstviya agressivnoj akusticheskoy sredy. Dis. ... na soiskanie uchen. stepeni kand. tehn. nauk po spec. 05.19.04. Shahty, 2016. 120 p.
32. Zinkin V.N., Soldatov S.K., Bogomolov A.V., Shvedov A.P. Obosnovanie ispol'zovaniya specialistami sredstv individual'noj zaschity pri vozdejstvii aviacionnogo shuma // Informatika i sistemy upravleniya. 2009. № 4. Pp. 139–141.
33. Sheshegov P.M. Nauchnoe obosnovanie sistemy upravleniya riskom razvitiya nejrosensornoj tugouhosti u aviacionnyh specialistov VVS VKS pri dejstvii aviacionnogo shuma. Dis. ... na soiskanie uchenoj stepeni doktora med. nauk po spec. 14.02.01. Ahtubinsk, 2017. 321 p.

© Клепиков О.В., Филимонова О.Н., Енютина М.В., Назаренко И.Н., 2019

Клепиков Олег Владимирович, доктор биологических наук, профессор, старший научный сотрудник 21 отдела научно-исследовательского 2 управления научно-исследовательского научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, klera1967@gambler.ru.

Филимонова Ольга Николаевна, доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник 22 отдела научно-исследовательского 2 управления научно-исследовательского научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, olga270757@gambler.ru.

Енютина Марина Викторовна, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник 21 отдела научно-исследовательского 2 управления научно-исследовательского научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, maryena63@mail.ru.

Назаренко Игорь Николаевич, кандидат химических наук, доцент, старший научный сотрудник 22 отдела научно-исследовательского 2 управления научно-исследовательского научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, qwerty19611@mail.ru.