

На правах рукописи



**СТАРКОВ Евгений Юрьевич**

**МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ СНИЖЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ  
ОПАСНОСТИ АВАРИЙНОГО ВОЗДУШНОГО СУДНА ПРИ  
ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ НА МЕСТЕ АВИАЦИОННОГО  
ПРОИСШЕСТВИЯ**

**Специальность 05.02.22 – Организация производства (транспорт)**

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**  
**диссертации на соискание учёной степени**  
**кандидата технических наук**

Москва – 2021 г.

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении Высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации» (МГТУ ГА).

Научный руководитель: доктор технических наук, доцент,  
профессор кафедры «Безопасность полётов и  
жизнедеятельности» ФГБОУ ВО МГТУ ГА,  
**Николайкин Николай Иванович**

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой «Экологическая  
безопасность технических систем» ФГАОУ ВО  
«Московский политехнический университет»,  
**Графкина Марина Владимировна**

доктор технических наук, профессор,  
заместитель директора по управлению  
безопасностью полетов ПАО «Авиакомпания  
«ЮТэйр»,  
**Гузий Анатолий Григорьевич**

Ведущая организация: Федеральное государственное унитарное  
предприятие «Государственный научно-  
исследовательский институт гражданской авиации»  
(ФГУП ГосНИИ ГА), г. Москва

Защита состоится «27» октября 2021 г. в 14<sup>00</sup> на заседании  
диссертационного совета Д 223.011.01 при Московском государственном  
техническом университете гражданской авиации по адресу: 125493, г. Москва,  
Кронштадтский бульвар, 20.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета и  
на сайте [www.mstuca.ru](http://www.mstuca.ru).

Автореферат разослан " ... " ..... 2021 г.

Учёный секретарь  
диссертационного совета Д 223.011.01  
доктор технических наук, профессор

Самойленко Василий Михайлович

### **Общая характеристика работы**

**Актуальность избранной темы.** Гражданская авиация играет важную роль в перевозках пассажиров и грузов в нашей стране и во всем мире. Пассажиро- и грузоперевозки в нашей стране за последнее десятилетие выросли в 1,5–2 раза.

Авиаперевозки должны быть максимально безопасны, однако за всю историю развития авиации происходили разнообразные негативные авиационные события. Современное положение воздушного транспорта (по данным Межгосударственного авиационного комитета (МАК)) показывает, что, несмотря на активную деятельность в вопросах безопасности полетов, все же происходят авиационные события, самыми нежелательными из которых являются авиационные происшествия (АП). Основными последствиями АП являются потери человеческих жизней, однако стоит также обратить внимание на оказанное негативное воздействие на экосистемы территории места происшествия. Следовательно, исследовать последствия АП – актуально.

В диссертационной работе представлено решение актуальной, имеющей важное значение для отрасли научной задачи снижения воздействия аварийного воздушного судна на окружающую среду в результате АП, требующей разработки на основе единого научно-методического аппарата методов и алгоритмов комплексной защиты экологических систем при организации работ на месте АП.

Разработанная классификация видов негативного воздействия, оказываемого авиационным происшествием, свидетельствует, что это воздействие, на фоне глубоких человеческих трагедий, также связано с:

- разливом авиаГСМ и спецжидкостей (СЖ), пожарами;
- воздействием, оказываемым в процессе поисково-спасательных операций и на полевом этапе расследования;
- задержкой и отменой других рейсов;
- бактериологическим загрязнением экосистем на территории места АП;
- ландшафтными нарушениями.

Ущерб в таких случаях, оцененный по действующей методике Минприроды России, составляет миллионы и даже миллиарды руб.

Таким образом, необходимо принимать меры по уменьшению воздействия на окружающую среду аварийного воздушного судна при авиационном происшествии. Этим определяется научная задача данного диссертационного исследования и положения, выносимые на защиту.

Действующими в стране "Правилами расследования авиационных происшествий и инцидентов" (ПРАПИ 98) предусматривается требование оценки ущерба от АП и ликвидации последствий произошедшего. Анализ материалов расследований АП, хранящихся в архивах МАК, показал, что в рамках проводившихся работ по расследованию действительно удалялись останки и обломки, происходили дезинфекция и распашка территории, сопровождавшиеся радиационным, химическим и бактериологическими видами контроля, но не более этого. Причиной не проведения мероприятий, снижающих экологический ущерб или, как минимум, отсутствия должного контроля за этими вопросами комиссией по расследованию АП является отсутствие каких-либо указаний или методик проведения таких работ.

### **Степень разработанности темы исследования.**

Значительный вклад в решение проблем обеспечения всех видов безопасности при авиаперевозках внесли теоретические работы ученых научно-исследовательских институтов и учебных заведений ЦАГИ, ГосНИИ ГА, ЛИИ им. М.М. Громова, МГТУ ГА, СПб УГА, УВАУ ГА (УИ ГА), МАТИ, МАИ. Снижение аварийности воздушных судов способствует достижению цели настоящего научного исследования, так как исключение случаев АП автоматически элиминирует всякое воздействие при АП и последующих работах на месте АП, что полностью исключает негативное экологическое воздействие. Решению комплекса проблем, способствующих повышению уровня безопасности полетов посвящены работы Барзиловича Е.Ю., Воробьева В.В., Гипича Г.Н., Гузий А.Г., Зубкова Б.В., Ицковича А.А.,

Коняева Е.А., Логвина А.И., Рухлинского В.М., Сакача Р.В., Самойленко В.М., Смирнова Н.Н., Страдомского О.Ю., Чинючина Ю.М., Шапкина В.С., Шарова В.Д.

Теоретические аспекты и прикладные задачи решения проблемы ликвидации последствий (в том числе и экологических) при чрезвычайных ситуациях на объектах транспортного комплекса, добычи, хранения, транспортирования, переработки и применения (использования) нефтегазового сырья отражены в работах специалистов НИИ и вузов: ВНИИ ГОЧС, РГУ нефти и газа, МАНЭБ, МГУИЭ, Мосполитеха, МГТУ, РХТУ, МИТХТ, ЭНПО «Неорганика», МГАВТ. В решении проблем реабилитации территорий, подвергшихся негативному экологическому воздействию при разнообразных антропогенных ЧС, можно выделить работы Балабекова О.С., Воробьева О.Г., Быкова А.А., Гонопольского А.М., Графкиной М.В., Клушина В.Н., Мещерякова С.В., Мухина В.М., Новикова В.К., Шакирова Б.С.

Большой вклад в изучение особенностей и прогнозирование возникновения чрезвычайных ситуаций на объектах нефтегазового комплекса, а также разработку методов ликвидации последствий аварийных разливов нефтепродуктов в биогеоценозах, особо уязвимых экологически, внесла деятельность Рабочей группы (Комиссии) РАН по анализу риска и проблем безопасности под председательством член-корреспондента РАН Махутова Н.А., в том числе работы Лебедева М.П., Большакова А.М.

Изучение негативного воздействия на окружающую среду при АП, как части интегральной экологической оценки услуги авиаперевозки, опирающейся на положения стандартов ИСО серии 14 000 по оценке полного жизненного цикла авиатранспортной услуги, основано на теоретических работах учёных МГТУ ГА, опубликованных Николайкиным Н.И., Феоктистовой О.Г., Наумовой Т.В.

Необходимо также отметить, что в соответствии с требованиями циркуляра ИКАО № 315 / AN 179 предусматривается целый комплекс мер защиты работников - членов специализированных групп, проводящих работы на месте АП, однако требования по снижению негативной экологической нагрузки и методические рекомендации, ориентированные на достижение этого, в документах (циркулярах, материалах) ИКАО отсутствуют.

Действующие в РФ «Правила расследования авиационных происшествий» (ПРАПИ-98) предусматривают, что основными задачами комиссии по расследованию АП предписываются требования «ликвидировать последствия происшествия», «провести санобработку места» и «удалить обломки». Иных природоохранных требований, а также рекомендаций по их реализации в отраслевых нормативно технических документах в настоящее время нет.

На основании изучения более чем тридцатилетнего опыта расследования АП, проведенного по материалам МАК, сделан вывод, что при организации практической деятельности комиссий по расследованию АП с аварийными ВС ГА, осуществляемой на территории места АП, существующий отечественный опыт природоохранной деятельности в зонах аварийно-залпового воздействия на окружающую среду используется незначительно.

**Целью** работы является решение *научной задачи* снижения воздействия аварийного воздушного судна на окружающую среду в результате авиационного происшествия.

**Объект исследования:** экологические последствия авиационных происшествий.

**Предмет исследования:** организация работ на месте АП.

**Для достижения поставленной цели необходимо было поэтапно решить следующие задачи:**

1. Провести аналитические анализы: состояния безопасности полётов ВС гражданской авиации в РФ; материалов МАК по расследованию АП; а также традиционных методов и средств защиты окружающей среды при разнообразных чрезвычайных ситуациях

2. Классифицировать и оценить виды негативного экологического воздействия аварийного ВС, возникающие при АП.

3. Создать имитационную модель негативного воздействия аварийного ВС на ОС и оценить возможность проведения эффективных природозащитных мероприятий, реализуемых административной подкомиссией комиссии по расследованию АП.

4. Разработать алгоритмы действий по снижению экологического воздействия аварийного ВС при АП и обосновать перечень действий административной подкомиссии по расследованию АП, необходимых для снижения экологических последствий АП.

5. Разработать и обосновать предложения по изменению природоохранительных требований отраслевых нормативно-правовых документов.

**Научная новизна** работы состоит в том, что в ней:

- применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс теоретических положений существующих теорий физико-химических и геотехнических систем;

- изучены факторы и причинно-следственные связи между видами негативного экологического воздействия аварийного воздушного судна на территорию места авиационного происшествия, при этом выявлено преобладающее химическое загрязнение, вызываемое прежде всего прямым химическим воздействием и косвенным информационным воздействием при незначительности косвенного химического воздействия от операций поиска и спасания на месте АП;

- раскрыты существенные противоречия между требованиями действующих документов к административной подкомиссии по расследованию АП обеспечить проведение природоохранных мероприятий и основными задачами на этапах расследования АП;

- в расширение представлений о возможностях административной подкомиссии в сфере защиты места авиационного происшествия от воздействия аварийного воздушного судна доказано, что положительный результат мер по снижению экологической опасности аварийного воздушного судна на месте авиационного происшествия возможен только при наличии защитно-превентивных средств регулирования;

- разработан подход к созданию защитного барьера вокруг территории места авиационного происшествия, позволяющий снизить воздействие аварийного воздушного судна на экологические системы.

**Практическая значимость работы:**

- выявлены возможности начала природоохранных работ в период полевого этапа расследования, что позволяет ускорить восстановление нарушенных территорий места АП;

- разработан алгоритм действий административной подкомиссии по расследованию АП, обеспечивающий снижение экологического воздействия на месте АП во исполнение требований по защите окружающей среды;

- представлены методические рекомендации по организации деятельности административной подкомиссии по расследованию авиационного происшествия на полевом этапе расследования, позволяющие начать работы по снижению экологического воздействия на месте АП непосредственно с момента начала расследования;

- разработанные положения позволяют снижать экологическую опасность авиaperевозок в целом.

Результаты диссертации также могут быть использованы в различных сферах деятельности: в правотворчестве (разработка нормативных актов различных уровней и видов, касающихся вопросов природопользования и охраны окружающей среды), при оказании транспортных услуг различными видами транспорта, в общем и профессиональном образовании, а также при организации производства различных отраслей экономики РФ.

**Методы диссертационного исследования,** использованные в работе.

В процессе выполнения работы использованы общенаучные методы и приемы системного анализа, теории систем, теории управления, исследования операций, математической логики, математического моделирования, имитационного моделирования, основ теории организации производства, теории принятия решений.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Классификация видов негативного экологического воздействия от АП с ВС ГА и физико-химических и геотехнических систем, образующихся на месте АП;

2. Имитационная модель экологического воздействия аварийного ВС;

3. Методы и алгоритмы действий по снижению экологического воздействия аварийного ВС при АП;

4. Результаты имитационного моделирования природоохранных мероприятий на месте АП.

#### **Достоверность результатов**

Достоверность научных результатов определяется принятой методологией исследования, корректным использованием математического аппарата, адекватного, решаемым задачам, и корректным использованием известных теоретических методов анализа деградиционных и эволюционных процессов в природных биогеоценозах, а также сравнением полученных результатов о АП с достоверной информацией о деградиационном развитии аналогичных катастрофических ситуаций в смежных отраслях экономики при аргументированном использовании статистических данных из материалов расследования реальных происшествий с аварийными воздушными судами.

**Апробация результатов исследования.** Основные результаты диссертации докладывались, обсуждались и получили положительную оценку на:

- международных научно технических и практических конференциях: «Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества» (г. Москва.: МГТУ ГА, 2013, 2016, 2018); III Международном экологическом конгрессе ELPIT-2011 (г. Тольятти, 2011), юбилейной МНПК «Белые ночи - 2013» (г. Санкт-Петербург, МАНЭБ, 2013); «Актуальные вопросы развития науки» (г. Уфа, БашГУ, 2014); IX, XIV и XVI МНТК «Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология-2012, -2018 и -2020)» (г. Уфа, УГАТУ, 2012, 2018 и 2020), XXVIII научно-практической конференции ОРАП «Расследования авиационных происшествий и их профилактика» (май 2021, Московская область, г. Химки);

- VIII Всероссийском молодежном форуме по проблемам культурного наследия, экологии и безопасности жизнедеятельности «ЮНЭКО – 2010»; научном симпозиуме «Урбоэкология. Технологии нового города» (г. Тольятти, ТГУ, 2011); VII и VIII Всероссийских конференциях молодых учёных и специалистов «Будущее машиностроения России» (г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана 2014, 2015 г.); I Всероссийской НПК «Современные проблемы пожарной безопасности: теория и практика (FireSafety 2019)» (г. Уфа, УГАТУ, 2019);

- научно технических семинарах кафедры «Безопасность полётов и жизнедеятельности» (БП и ЖД) МГТУ ГА ежегодно в 2013 ... 2020 гг.;

- лекциях, практических занятиях учебных дисциплин «Экология», «Промышленная экология», «Безопасность полетов», «Охрана окружающей среды и основы природопользования», «Защита в чрезвычайных ситуациях», «Экобиозащитная техника и технологии на транспорте», «Организация и методы исследования аварийной авиационной техники», закрепленных за кафедрой безопасности полетов и жизнедеятельности (БП и ЖД) МГТУ ГА ежегодно в 2013 ... 2021 гг.;

- семинарских занятиях и круглых столах «Итоги обучения и защита ВКР» курсов повышения квалификации кадров по охране труда и по экологической безопасности Центра ППКК ВТ МГТУ ГА, проводившихся для работников авиапредприятий ГА ежегодно в 2013 ... 2016 гг.

#### **Реализация результатов работы.**

Материалы диссертации внедрены:

В учебном процессе, а именно при разработке тематики, структуры и содержания лекций, семинарских занятий и практических работ, курсового проектирования по дисциплинам «Экология», «Безопасность полетов», «Охрана окружающей среды и основы природопользования», «Защита в чрезвычайных ситуациях», «Экобиозащитная техника и технологии на транспорте», «Организация и методы исследования аварийной авиационной техники» в МГТУ ГА.

**Публикации результатов исследования.** По материалам исследований, представленных в диссертации опубликованы 27 печатных работ: 7 научных статей в

рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК (6 статей в изданиях по транспорту) Минобрнауки РФ; 5 научных статей в иных изданиях; а также 15 статей и тезисов, опубликованных по результатам докладов на международных и всероссийских научных конференциях.

#### **Личный вклад автора.**

Автором разработана классификация видов негативного экологического воздействия, возникающих в результате авиационных событий. На основе иерархии транспортно-промышленных физико-химических и геотехнических систем автором была разработана классификация с примерами объектов транспортных систем ГА, которые образованы в виде экстремальных антропогенно-аварийных зон в результате АП. Автор учувствовал в разработке методов и алгоритмов снижения экологического воздействия аварийного ВС при АП, разработал предложения по дополнению к ПРАПИ-98. Автор разработал и проверил на предмет достоверности имитационную модель экологического воздействия аварийного ВС с учетом проведения природоохранных мероприятий на месте АП

**Структура и объём работы.** Диссертация, в виде рукописи общим объемом 226 страницы машинописного текста, включает в себя введение, основную часть работы (168 стр.) из четырёх глав, заключение (с итогами исследования, рекомендациями и перспективами дальнейшей разработки темы работы), список сокращений и условных обозначений, список литературы из 173 наименований, список иллюстративного материала (таблицы и рисунки) – 77 позиций, а также 13 приложений.

#### **Основное содержание работы**

*Во введении* приведены общие сведения о диссертации, в том числе актуальность избранной темы, степень ее разработанности, цели и задачи, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, методология и методы диссертационного исследования, использованные в работе, положения, выносимые на защиту, степень достоверности полученных результатов и информация об апробации работы.

*В первой главе* выполнен аналитический обзор состояния объекта и предмета исследований. Необходимость принимать меры по уменьшению воздействия на окружающую среду аварийного воздушного судна при авиационном происшествии предопределяет задачу исследовать негативные последствия АП для экосистем на месте происшествия. Разработанная классификация видов негативного воздействия, оказываемого авиационным происшествием, свидетельствует, что это воздействие на фоне глубоких человеческих трагедий связано с:

- разливом топлива, крайне агрессивных спецжидкостей, пожарами и пр.;
- много и разнообразным воздействием, оказываемым в процессе поисково-спасательных операций и на полевом этапе расследования;
- задержкой и отменой других рейсов;
- бактериологическим загрязнением экосистем на территории места АП;
- ландшафтными нарушениями.

Действующими в стране "Правилами расследования авиационных происшествий и инцидентов" (ПРАПИ 98) предусматривается требование оценки ущерба от АП и ликвидации последствий произошедшего.

Проведенный анализ материалов расследований АП показывает, что на месте происшествия производится деятельность (удаление обломков аварийного воздушного судна, дезинфекция места АП, распашка места АП, проведение радиационной разведки, проведение различных видов и форм контроля местности), которую можно отнести к мероприятиям, снижающим экологическое воздействие. Но, стоит отметить, что данные мероприятия, если и проводятся, то на нерегулярной основе, это связано с отсутствием указаний или методик проведения природоохранной деятельности на месте АП.

При АП аварийное ВС разрушается и на экосистемы территории АП оказывается значительное негативное воздействие. Динамика роста ущерба, оказываемого экосистемам после соприкосновения ВС с землей, показана на рисунке 1.

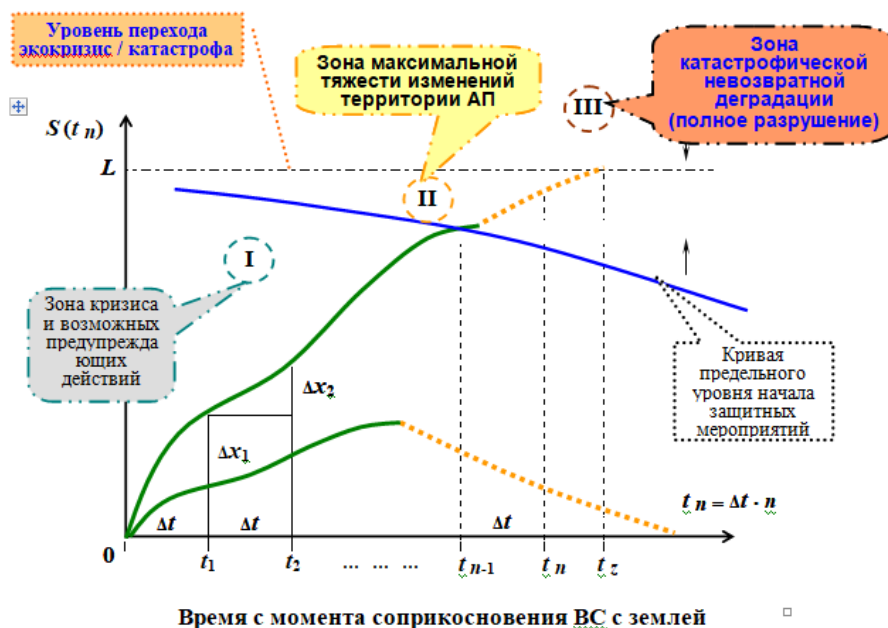


Рис. 1 – Развитие ущерба нанесенного ОС при АП.

Разлитые авиатопливо, спецжидкости и иные загрязнения начинают распространяться по территории, они разлагают компоненты гумуса почвы, поступают в ручьи, в водоносные горизонты и т.п., частично испаряются.

Постепенно (со временем), по мере расширения площади загрязненной территории ущерб увеличивается и из зоны «кризиса» ситуация на месте АП переходит в зону «максимальных нарушений» экосистем, а по достижении уровня  $L$  экологический кризис перерастает в катастрофу, при которой биоценозы экосистем разрушаются полностью и безвозвратно.

Необходимо изменить ход процесса нарастания ущерба так, чтобы не был достигнут предельный уровень начала защиты, а по возможности, чтобы кривая процесса распространения ущерба прошла намного ниже.

АП происходят на территориях различных категорий (см. рисунок 2), отличающихся видом землепользования и типом грунта. На рисунке 2 показано соотношение категорий мест АП. Большая часть происходит вблизи аэродромов и летных полей.

Уровень ущерба ОС при характерном АП с ВС, произошедшем на землях разного назначения и на различных грунтах, в денежном эквиваленте может составлять десятки и сотни миллионов рублей.

В работе методом системного анализа проведено исследование физико-химических и геотехнических экологических систем, подразделенных на 5 уровней в зависимости от размеров, начиная от аварийного двигателя и заканчивая территориально-производственным комплексом (ТПК). Далее разработана иерархия соответствующих антропогенно-аварийных зон, возникающих при происшествии. Масштаб зон аварийного воздействия меняется от уровня 1 двигателя и до уровня крупного населенного пункта. Аварийная ситуация при АП представлена так, что аварийное ВС, (2-й уровень физико-химических систем) на месте АП образует соответствующую экстремальную геотехническую систему 2-го уровня. Возникают пожары, разливается авиатопливо и спец. жидкости, возникает множество обломков ВС и разрушенных на земле объектов. Негативное воздействие на ОС дополняется загрязнением во время поиска и спасания, а также задержкой и отменой рейсов.

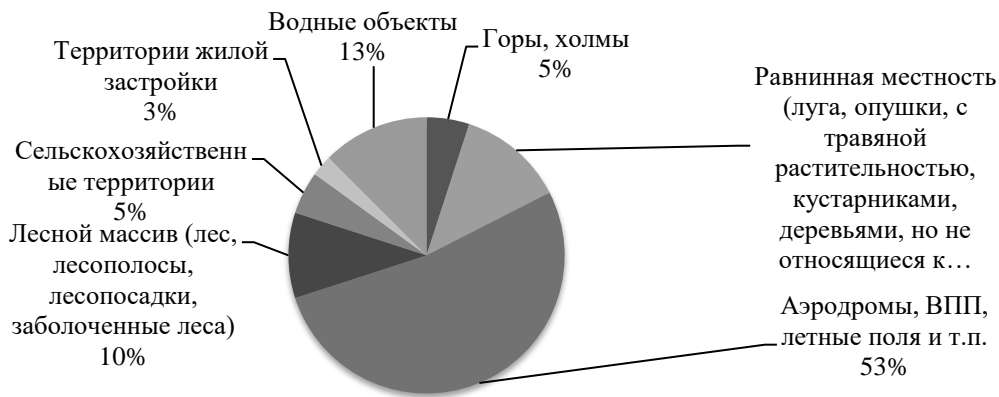


Рис. 2 – Распределение мест АП по категориям с ВС ГА за последнее десятилетие

Воздействие аварийного ВС на территорию места АП разнородно и многопланово. Для обобщенной количественной оценки негативного воздействия в работе использован существующий опыт комплексной оценки, в том числе опыт оценки аварийно-залповых воздействий. Обычно выделяются укрупненные показатели, используются экоиндикаторы либо привлекаются методы монетарной оценки. В работе предложено использовать индекс АП или  $I_{АП}$ , базирующийся на традиционном комплексном показателе негативного воздействия на ОС, измеряемом в денежном выражении (в рублях) либо в относительных единицах, за которую принимают единицу воздействия, равную негативному экологическому воздействию (ущербу) от 1 т выброшенного монооксида углерода (угарного газа – СО).

Проведенная оценка экологического ущерба, оказываемого на протяжении первого десятилетия после АП, (рассчитанная в денежном выражении по состоянию и в ценах 2018 г.) показала, что ущерб от аварийного ВС при АП максимален в первый год, а через 2,5 ... 3 года он снижается. Дальнейшая реабилитация экосистем территории происходит в рамках природного сукцессионного возрождения с задержкой на 5 ... 10 лет.

Предпринимаемые в современной практике расследования АП реальные действия (согласно ПРАПИ 98), безусловно, снижают негативные экологические последствия, однако не на много.

**Во второй главе** диссертации предлагается и обосновывается модель негативного воздействия АП на ОС, приводящего к эколого-экономическому ущербу. Разработка методов и мероприятий по минимизации такого ущерба осложняется невозможностью проведения каких-либо экспериментов. В связи с этим в работе предложена и исследована имитационная модель прямого и косвенного негативного воздействия АП на ОС.

Любая реальная экосистема в результате внешнего воздействия (химического, физического, биологического и информационного) обменивается с ОС веществом, энергией, организмами и информацией соответственно.

Для измерения уровня воздействия АП на конкретную экосистему используется индекс АП или  $I_{АП}$ , измеряемый в единицах воздействия АП (ЕВАП), где за одну ЕВАП принимаем величину воздействия на ОС, равного ущербу, наносимому 1 т монооксида углерода, выброшенного в атмосферу.

Разработанная имитационная модель рассматривает прямое и косвенное воздействие и учитывает взаимное влияние факторов  $x_j$  воздействия АП на ОС различных видов между собой и на общий размер загрязнения ОС. Величина, на которую сокращается показатель негативного воздействия, пропорциональна интенсивности регулировок (мероприятий)<sup>1</sup>.

Интенсивность регулировок представлена в модели суммой слагаемых, отвечающих за различные компоненты негативного воздействия авиационного события на окружающую

<sup>1</sup>Под интенсивностью регулировок (выполнения регулирующих действий) понимается число единичных регулировок в единицу времени.

среду. Модель различает два принципиально отличных случая: отсутствия или наличия защитных систем (и соответственно мероприятий по защите ОС).

Имитационная модель воздействия АП на ОС позволяет сформулировать и качественно решить вариационную задачу минимизации функционала величины экономического ущерба и функционала затрат на восстановление экосистемы, где функция цели  $\Phi$ , как и комплексный показатель вредного воздействия  $I$ , зависит от трех групп функций:  $X$  – линейные по времени,  $Y$  – квадратичные по времени,  $Z$  – более сложные временные зависимости.

Оптимизация проводится с помощью системы уравнений Эйлера-Лагранжа с учетом критических, защитных и превентивных регулировок. Система уравнений для функции цели  $\Phi$  имеет вид:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial x_n} - \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial \Phi}{\partial x'_{nt}} \right) = 0; \frac{\partial \Phi}{\partial y_m} - \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial \Phi}{\partial y'_{mt}} \right) = 0; \frac{\partial \Phi}{\partial z_k} - \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial \Phi}{\partial z'_{kt}} \right) = 0 \quad (1)$$

для всех возможных индексов  $n$ ,  $m$  и  $k$ .

Ввиду относительной малости биологическое и физическое воздействия рассмотрены только в общей постановке задачи. Подробно рассмотрены *химическое воздействие* (приводит преимущественно к **прямому химическому загрязнению** экосистем на территории места АП вследствие падения аварийного ВС и к **косвенному химическому загрязнению** от различной техники, используемой в процессе поиска и спасания) и *информационное воздействие* (вызывает преимущественно **косвенное химическое загрязнение** в районе места АП).

Получено дифференциальное уравнение для обобщенного количественного показателя  $\theta$ , который в общем случае характеризует поступление в систему химических веществ, энергии, организмов и информации.

$$A\theta \frac{d\theta}{dt} + B \frac{d\theta}{dt} + C\theta^2 + D\theta + E = 0. \quad (2)$$

Коэффициенты уравнения  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$ ,  $E$  выражаются через параметры экосистемы и всех видов регулировок и являются постоянными во времени величинами для конкретной экосистемы территории места АП ( $K$  – предельная (максимальная) емкость экосистемы для поступления в нее загрязняющего вещества (ЗВ), то есть предельное кол-во ЗВ, после поступления, которого в экосистему происходит недопустимый/нежелательный сдвиг экоравновесия и природные саморегулировки уже не могут предотвратить губительное разрушение экосистемы;  $\eta$  – эффективность защитной системы (системы реализующей превентивные и/или защитные регулировки;  $\alpha$  – коэффициент удельного подавления негативного воздействия, вызванного единицей интенсивности той или иной (*кр* – критической, *пр* – превентивной, *защ* – защитной) регулировки.  $\alpha$  – это фактически коэффициент полноты использования единицы интенсивности той или иной регулировки;  $\delta$  – барьер безопасности для соответствующих компонентов и пр.).

Уравнение (2) может быть представлено как уравнение с разделяющимися переменными и разрешимо в общем виде. Общее решение имеет сложный для физической интерпретации вид и содержит слагаемые, конкурирующие друг с другом за доминирование в зависимости от соотношения коэффициентов уравнения (2).

Ввиду невозможности проведения физического эксперимента для анализа достоверности имитационной модели проведен численный эксперимент для некоторых предельных случаев, которым возможно сопоставить реальную ситуацию. Каждый предельный случай соответствует одному из слагаемых общего решения.

Параметры модели получены из экспертных оценок и анализа материалов расследования АП, произошедших за последние 15 лет (2006 ... 2020 гг.). Из них были выбраны 18 характерных примеров, 12 из которых имели место вблизи от аэродромов.

**Первый предельный случай.** При отсутствии каких-либо регулировок коэффициенты  $A$  и  $C$  в уравнении (2) равны нулю. Тогда решение принимает вид:

$$\theta = \alpha e^{\beta t} - \gamma, \quad (3)$$

Показатель экспоненты  $\beta$  в выражении (3) положительный, поэтому количество вредных веществ или информации (вызывающей косвенное химическое воздействие) возрастает со временем. Такое решение аналогично модели Мальтуса для популяций без

ограничения размеров экологической ниши. В реальной жизни подобное поведение не встречается, так как в рамках механизма естественного гомеостаза экосистем протекают процессы *природной саморегулировки* в виде естественных сукцессионных процессов биологического замещения и развития. Также происходит естественная диссипация привнесенных загрязнений и образующихся в биотопе комплексов.

Однако, рост показателя вредного воздействия, близкий к экспоненциальному, может наблюдаться в ограниченном интервале времени до начала защитно-превентивных мероприятий.

С учетом процессов природной саморегулировки получаем логистическую функцию (рисунки 3 и 4). Если защитно-превентивные мероприятия не начались к моменту времени, соответствующему точке перегиба функции, то кривая выходит на некоторое постоянное, неснижаемое до начала регулировок значение.

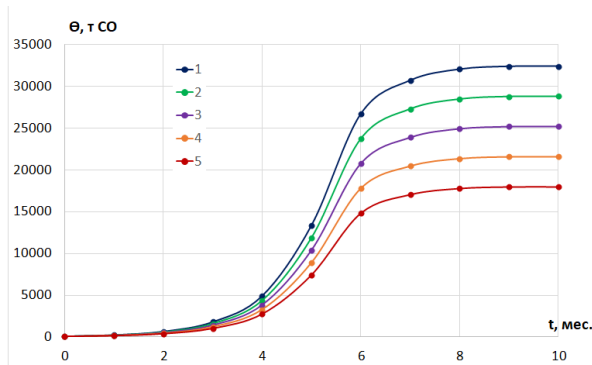


Рис. 3 - Зависимость показателя химического загрязнения  $\theta$  от времени с момента АП при различных начальных значениях показателя химического загрязнения для экосистемы с параметрами  $K = 100 \cdot 10^3 \text{ т СО}$  и  $\delta = 0,1 \text{ К}$  и саморегулировок, аналогичных регулировкам с параметрами:  $\eta = 0,6$ ;  $\alpha_{np} = 0,7$  и  $\alpha_{защ} = 0,8$ :

- 1 - 90 тыс. т СО; 2 - 80 тыс. т СО;
- 3 - 70 тыс. т СО; 4 - 60 тыс. т СО;
- 5 - 50 тыс. т СО

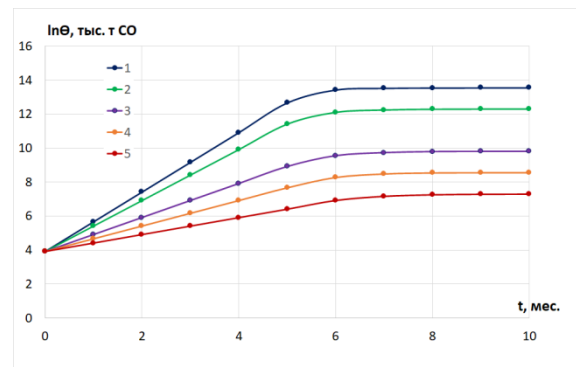


Рис. 4 - Зависимость показателя химического загрязнения  $\theta$  от времени с момента АП при различных параметрах экосистемы и фиксированном начальном значении показателя химического загрязнения 50 тыс. т СО для саморегулировок, аналогичных регулировкам с параметрами:

- $\eta = 0,6$ ;  $\alpha_{np} = 0,7$  и  $\alpha_{защ} = 0,8$ :
- 1 -  $K = 100 \cdot 10^3 \text{ т СО}$  и  $\delta = 0,05 \text{ К}$ ;
- 2 -  $K = 100 \cdot 10^3 \text{ т СО}$  и  $\delta = 0,1 \text{ К}$ ;
- 3 -  $K = 150 \cdot 10^3 \text{ т СО}$  и  $\delta = 0,05 \text{ К}$ ;
- 4 -  $K = 150 \cdot 10^3 \text{ т СО}$  и  $\delta = 0,1 \text{ К}$ ;
- 5 -  $K = 150 \cdot 10^3 \text{ т СО}$  и  $\delta = 0,15 \text{ К}$

Наличие подобного предельного случая является подтверждением достоверности разработанной имитационной модели.

**Второй предельный случай** ( $A = B = 0$ ) относится, в том числе, к критическим регулировкам, которые представлены в оптимизируемых функционалах кусочно-постоянными разрывными функциями. В более общем подходе данный предельный случай в модели описывает решение задачи для кусочно-линейных функций.

Математически рассматриваемое поведение функций соответствует тому, что производные  $\frac{d\theta}{dt}$  либо не существуют (в точках разрыва), либо являются постоянными величинами (не зависят от времени). Рассматривая задачу отдельно на каждом интервале непрерывности, получаем обычное квадратное уравнение, которое в зависимости от соотношения его коэффициентов может иметь одно или два постоянных во времени решения или не иметь решений.

Критические регулировки приводят к скачкообразному изменению показателя вредного воздействия, после которого начинаются конкурирующие естественные процессы:

- роста количества вредных веществ (и показателя вредного воздействия) аналогично первому предельному случаю;
- снижения количества вредных веществ (и показателя вредного воздействия) аналогично третьему предельному случаю, рассмотренному далее.

**Третий предельный случай.**  $C = 0$  при малом  $A$  (по сравнению с коэффициентом  $D$ ). Решение уравнения (2) в рассматриваемом случае имеет вид:

$$\theta_{хим} = \alpha \exp\left(-\frac{Dt}{B-AE}\right) - \frac{E}{D} \quad (4)$$

Проведенный анализ показал, что коэффициенты выражения (4) для непосредственного (прямого) химического воздействия удовлетворяют условию  $E \ll D$ . Тогда (4) принимает вид:

$$\theta_{хим} = \theta_0 \exp\left(-\frac{Dt}{B-AE}\right) \quad (5)$$

Получено, что показатель экспоненты в выражении (5) для случая непосредственного (прямого) химического воздействия является отрицательным. Следовательно, выражение (4) с точностью до постоянной поправки совпадает с математическим описанием закона радиоактивного распада (рисунки 5 и 6). Этот факт подтверждает естественный характер поведения рассматриваемого фактора негативного воздействия, а именно фактора прямого (непосредственного) химического воздействия.

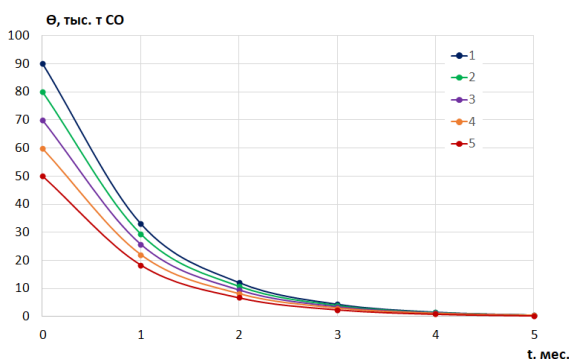


Рис. 5 - Зависимость показателя химического загрязнения  $\theta$  от времени с момента АП при различных начальных значениях показателя химического загрязнения для экосистемы с параметрами  $K = 100 \cdot 10^3$  т СО и  $\delta = 0,1$  К при фиксированных параметрах регулировок:

- $\eta = 0,8$ ;  $\alpha_{пр} = 0,8$  и  $\alpha_{защ} = 0,9$ ;  
 1 - 90 тыс. т СО; 2 - 80 тыс. т СО;  
 3 - 70 тыс. т СО; 4 - 60 тыс. т СО;  
 5 - 50 тыс. т СО

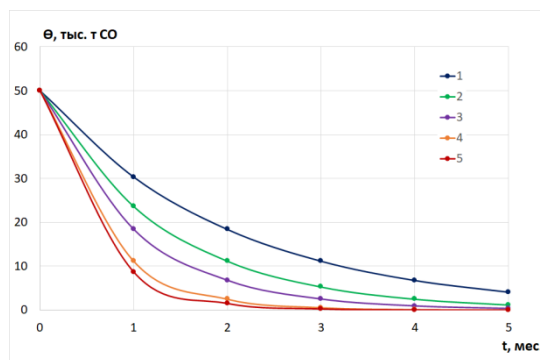


Рис. 6 - Зависимость показателя химического загрязнения  $\theta$  от времени с момента АП при различных параметрах регулировок и фиксированном начальном значении показателя химического загрязнения 50 тыс. т СО для экосистемы с параметрами  $K = 100 \cdot 10^3$  т СО и  $\delta = 0,1$  К:

- 1 -  $\eta = 0,6$ ;  $\alpha_{пр} = 0,7$  и  $\alpha_{защ} = 0,8$ ;  
 2 -  $\eta = 0,7$ ;  $\alpha_{пр} = 0,8$  и  $\alpha_{защ} = 0,85$ ;  
 3 -  $\eta = 0,8$ ;  $\alpha_{пр} = 0,8$  и  $\alpha_{защ} = 0,9$ ;  
 4 -  $\eta = 0,9$ ;  $\alpha_{пр} = 0,9$  и  $\alpha_{защ} = 0,9$ ;  
 5 -  $\eta = 0,95$ ;  $\alpha_{пр} = 0,9$  и  $\alpha_{защ} = 0,95$

Естественное снижение концентрации загрязняющих веществ идёт постепенно путём природной ассимиляции, и тогда ситуация не доходит до стадии необходимости применения больших и дорогостоящих критических регулировок. Такая ситуация складывается при малой интенсивности (малой величине) прямого химического воздействия. Применение защитных и превентивных регулировок позволяет значительно ускорить процесс распада загрязняющих веществ.

В работе показано, что эффективность защитных и превентивных регулировок в данном случае достигает максимального значения в момент времени, принятый за ноль ( $t=0$ )<sup>2</sup> и определяет минимум затрат на восстановление экосистемы.

<sup>2</sup>За ноль принимается момент начала первоначальных действий должностных лиц при АП. То есть момент максимально близкий к моменту АП. Далее, с течением времени, величина  $\eta$  снижается.

**Четвертый предельный случай.** Рассмотрим информационное воздействие в части, вызывающей химическое загрязнение.

На рисунке 7 приведена зависимость усредненного количества рейсов (шт.), прибытие которых предусмотрено расписанием в некотором тестовом аэропорту<sup>3</sup>, и условно вынужденных «уходить» на запасной аэродром за 12-ти часовой интервал времени, начиная с момента условного «закрытия» аэродрома из-за условного АП, произошедшего с ВС рядом с ВПП тестового аэропорта.

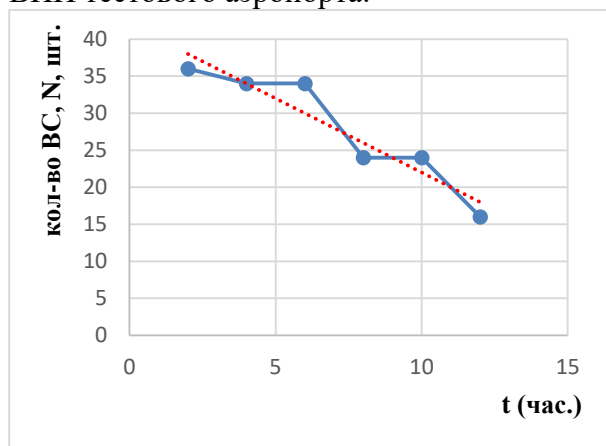


Рис. 7 - Почасовая динамика изменения количества ВС (шт), вынужденных из-за закрытия ВПП аэродрома изменить план полета: синяя линия - уход на 2-й круг и/или на запасной аэродром; красная линия - линия тренда

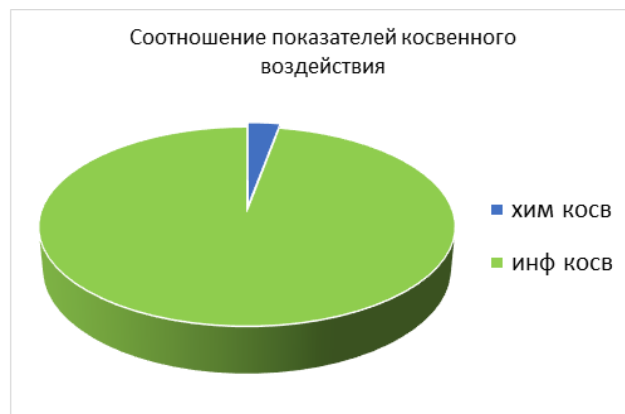


Рис. 8 - Диаграмма средних для 12 АП показателей косвенного химического воздействия

На рисунке 7 видно, что величина информационного воздействия (в части косвенного химического загрязнения) со временем убывает. Линия тренда свидетельствует о том, что эта зависимость является линейной нисходящей.

Уравнение (2) при условиях  $C=0$ ,  $A \ll D$ ,  $(B - AE) \ll D$  имеет решение:

$$\theta_{инф} = -\frac{D}{A}t + k, \quad (6)$$

где константа  $k$  определяется из начального условия  $k = \theta(0) = \theta_0$ .

Выражение (6) соответствует химическому загрязнению от косвенного информационного воздействия (см. рисунок 7). Оно демонстрирует, что со временем происходит линейное уменьшение количества информации, предопределяющей необходимость для ВС, направлявшихся в целевой аэропорт, уходить на запасные аэродромы и/или на второй круг. Это и приводит к дополнительному химическому загрязнению.

Проведенный анализ 12 АП (рисунок 8) показывает, что влияние косвенного информационного воздействия на величину химического загрязнения является более значимым, нежели косвенное (основное) химическое воздействие. Это подтверждает справедливость предположения о взаимодействии факторов разного вида.

**Пятый предельный случай.** В более общей ситуации, когда коэффициент  $A=0$ ,  $C \neq 0$ , уравнение (4) после разделения переменных примет вид:

$$\frac{Dd\theta}{C\theta^2 + D\theta + E} = -dt \quad (7)$$

Решение (7) имеет вид логистической кривой, которая в зависимости от параметров может иметь S-образный (рисунки 3 и 4) или Z-образный вид (рисунки 9 и 10).

С учетом всех рассмотренных предельных случаев, общее решение уравнения (2) является комбинацией логистических S- и Z-кривых (рисунок 11), при переходе между ними

<sup>3</sup>Тестовый аэропорт – гипотетический аэропорт, за характеристики деятельности которого приняты усредненные значения 12 аэропортов, рассмотренных в диссертации (см. таблицу 2.4, Приложение Б текста диссертации)

имеем участок плато, длина (продолжительность) которого зависит от интенсивности и вида регулировок. Кроме того, в зависимости от времени начала регулировок существенно меняется высота «плато» и время восстановления экосистемы (рисунок 12).

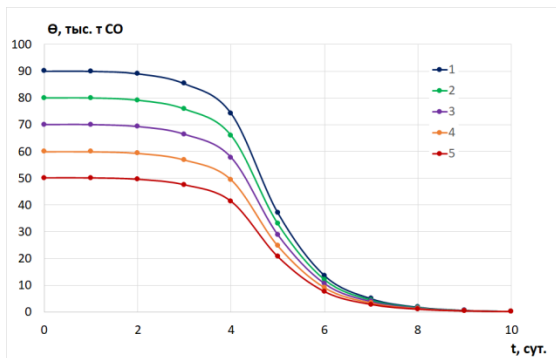


Рис. 9 - Зависимость показателя химического загрязнения  $\theta$  от времени с момента АП при различных начальных значениях показателя химического загрязнения для экосистемы с параметрами  $K = 100 \cdot 10^3 \text{ т СО}$  и  $\delta = 0,1 \text{ К}$  при фиксированных параметрах регулировок:  $\eta = 0,8$ ;  $\alpha_{np} = 0,8$  и  $\alpha_{защ} = 0,9$ :

1 - 90 тыс. т СО;

2 - 80 тыс. т СО;

3 - 70 тыс. т СО;

4 - 60 тыс. т СО;

5 - 50 тыс. т СО

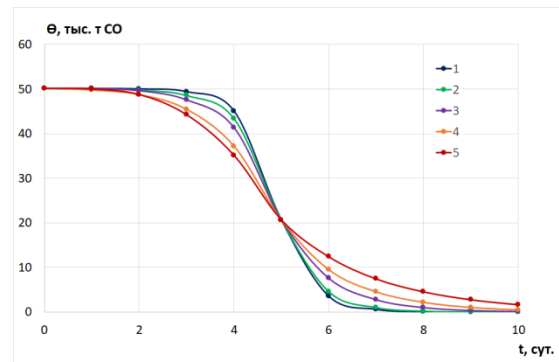


Рис. 10 - Зависимость показателя химического загрязнения  $\theta$  от времени с момента АП при различных параметрах регулировок и фиксированном начальном значении показателя химического загрязнения 50 тыс. т СО для экосистемы с параметрами  $K = 100 \cdot 10^3 \text{ т СО}$  и  $\delta = 0,1 \text{ К}$ :

1 -  $\eta = 0,6$ ;  $\alpha_{np} = 0,7$  и  $\alpha_{защ} = 0,8$ ;

2 -  $\eta = 0,7$ ;  $\alpha_{np} = 0,8$  и  $\alpha_{защ} = 0,85$ ;

3 -  $\eta = 0,8$ ;  $\alpha_{np} = 0,8$  и  $\alpha_{защ} = 0,9$ ;

4 -  $\eta = 0,9$ ;  $\alpha_{np} = 0,9$  и  $\alpha_{защ} = 0,9$ ;

5 -  $\eta = 0,95$ ;  $\alpha_{np} = 0,9$  и  $\alpha_{защ} = 0,95$

Проведенный численный эксперимент показал, что если на восстановление экосистемы без вмешательства человека требуется время от нескольких месяцев до 2 лет, то срочное проведение защитно-превентивных мероприятий способно сократить время восстановления экосистемы до 10-14 дней.

Вышеизложенная имитационная модель негативного воздействия аварийного ВС на ОС демонстрирует возможность и перспективность уменьшения размеров воздействия аварийного ВС на экологические системы на месте АП с помощью защитно-превентивных регулировок (мероприятий).

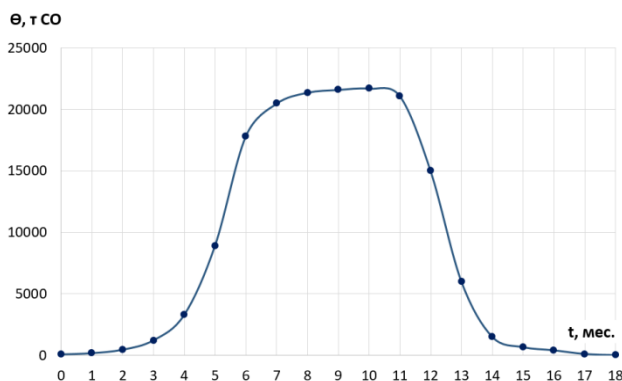


Рис. 11 - Общее решение имитационной модели (4) для природных саморегулировок

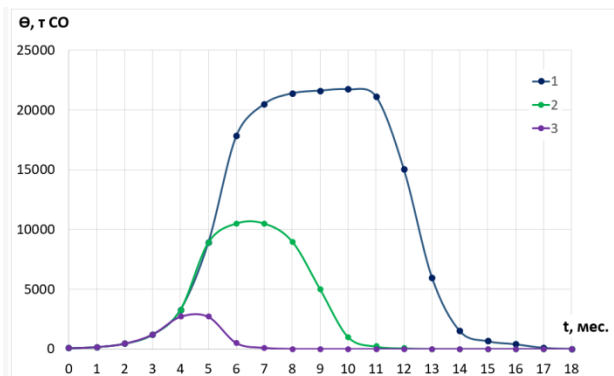


Рис. 12 - Общее решение имитационной модели (4) в зависимости от времени начала защитно-превентивных регулировок

**В третьей главе** рассмотрена деятельность комиссии по расследованию причин АП, проведен анализ работы комиссии, касающийся вопросов проведения природоохранных

мероприятий на месте авиационного события, предложены методы и средства, применение которых способствует уменьшению экологического воздействия от аварийного ВС на месте АП.

Работы на месте АП, проводимые в целях расследования, аналогичны работам по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. При расследовании основные силы и средства направляются, прежде всего, на расследование причин и обстоятельств, а также на решение ряда административных задач. По завершении полевого этапа расследования начинаются все природоохранные мероприятия, регламент и методика проведения которых в документах по расследованию не оговорены. Из анализа материалов расследований, проведенных МАК, следует, что природоохранными мероприятиями были следующие.

1. Вывоз с места АП элементов ВС, грузов (почты, багажа, ручной клади, продуктов питания), экипажа и пр.
2. Проведение дозиметрической разведки местности с изъятием источников ионизирующего излучения (собираются в специальный контейнер и передаются на спецкомбинат для утилизации) и итоговый дозиметрический контроль на месте АП.
3. Дезинфекция территории места АП.
4. Распашка территории места АП.

Одной из основных задач деятельности административной подкомиссии комиссии по расследованию является ликвидация последствий происшествия. Частично это решается медицинской группой, которая, согласно ПРАПИ-98, выдает задание на санобработку, уборку, уничтожение остатков коммерческой загрузки, и заполняет отчетные формы. Очевидно, что этого явно недостаточно для полноценной ликвидации последствий АП, особенно в части негативного воздействия на экосистемы места АП.

Среди современных методов снижения экологического ущерба от разнообразных ЧС целесообразно выделить углесорбционные и биотехнологические.

Детоксикация загрязненных почв для восстановления их плодородия за счёт применения активных углей эффективна экологически и экономически, угли хорошо поглощают углеводороды нефтепродуктов. Работы на месте АП предлагается проводить в нескольких следующих этапах.

1. Траншеирование периметра места АП с укладкой рукавов с сорбентом. Создается барьер вокруг мест с максимальным содержанием углеводородов топлива и горюче-смазочных материалов, пролитых в почву аварийным воздушным судном.
2. Разработка карты загрязнений места авиационного происшествия.
3. Определение количества топлива и СЖ, поступивших в почву.
4. Расчет необходимого количества сорбента (активного угля либо иного сорбента).
5. Внесение сорбента в почву.
6. Взятие проб почвы для количественного анализа содержания углеводородов и прочих загрязнителей.
7. Рекультивация почвы.

Биотехнологические методы, с помощью которых уменьшают негативное воздействие пролитого топлива и спецжидкостей, подразделяются на два типа в зависимости от вида используемых микроорганизмов, прежде всего, это биопрепараты, сами содержащие активные углеводородоокисляющие микроорганизмы, а, во-вторых, это биопрепараты активно стимулирующие аборигенную нефтеусвояющую микрофлору почвы.

Применение для очистки почв и грунта от нефтепродуктов биопрепаратов может затруднять проведение отдельных видов работ, необходимых для расследования АП.

При АП образуется значительное количество твердых отходов различных классов опасности, поэтому для обращения с ними требуются различные технологические подходы. По источнику образования все отходы подразделяются на: части поврежденного ВС, поврежденные грузы, перевозившиеся на борту ВС, а также твердые и концентрированные жидкие отходы, образовавшиеся от действий и процессов, сопряженных с АП.

Отходы, возникшие при повреждении ВС, прежде всего, являются доказательными материалами расследования. Работа с ними проводится в первую очередь с целью определения причин АП. Элементы конструкции ВС могут быть вывезены с места АП с последующей "выкладкой" (например, в авиационном ангаре) для проведения специальных исследований.

Комиссия по расследованию прежде всего занимается расследованием причин АП и до тех пор, пока не закончится полевой этап работ никакой изоляции отходов производиться не может (как минимум необходима четкая фото- и видео фиксация и оформления соответствующих документов).

В первую очередь требуется внимание отходам 1-2 классов опасности. Важно нейтрализовать опасность распространения возбудителей инфекционных заболеваний, связанную с отходами бортового питания, особенно на международных рейсах. Такие отходы необходимо изолировать, собирать в отдельные контейнеры, вывозить для термической утилизации. Предпочтительно уничтожить на месте в локальных пиролизных установках.

Длительное хранение жидких продуктов питания обеспечивается многослойными упаковочными материалами. При обращении с такими отходами требуется предварительное разделение слоев, которое предлагается проводить с помощью химических реагентов, например уксусной кислоты.

Для уменьшения негативного воздействия на ос на месте АП необходима санитарная дезинфекция территории с целью ликвидации возбудителей инфекционных заболеваний. Дезинфицировать предлагается несколько раз по ходу работ и по их окончании.

Заключительными действиями природоохранного комплекса работ на месте АП является восстановление флоры экосистемы, прежде всего почвы, для чего необходимо воссоздание растительного сообщества на территории места АП. При подтверждении методами химического анализа достижения норм предельно допустимых концентраций (ПДК) в почве участок может считаться очищенным от нефтепродуктов и иных поллютантов, поступивших при АП. Положительным результатом работ считается, если на обработанной почве образуется устойчивая растительность (как правило, в виде травяного покрова). Это свидетельствует о том, что обработка грунта прошла успешно и экосистема восстанавливается.

*В четвертой главе* приведены обоснование и результаты разработки организационно-технических мероприятий по снижению негативного экологического воздействия от аварийного ВС, которые представляют собой специальные алгоритмы применения на месте АП традиционных природоохранных методик, а также разработанные предложения по дополнению нормативно-правовых требований, регламентирующих работы по расследованию АП.

Частным случаем при ликвидации последствий пролитого топлива в результате АП можно считать применение биотехнологий, основные этапы такого метода следующие (рисунок 13):

1. Определение целесообразности применения данного метода (выбор препарата, его стоимость, условия использования).
2. Внесение «подкормки» и/или создание условий для функционирования выбранного препарата.
3. Внесение биопрепарата.
4. Поддержание условий эффективного функционирования препарата.



Рис. 13 - Основные этапы природоохранных действий на месте АП с использованием биотехнологий

Фактически по каждому виду воздействия целесообразно разработать отдельные алгоритмы действий на месте АП по снижению воздействия от аварийного ВС. Разработанный универсальный алгоритм общих действий на территории места АП в усредненном виде показан на рисунке 14. Как только установлено место падения ВС, начато спасание и тушение

возможных пожаров вокруг огороженной территории места АП срочно создается предварительный сорбционный барьер, предотвращающий расширение площади загрязнения. По мере «снятия запрета» на вмешательства, на отдельных участках возможна избирательная сорбционная обработка почвы. С момента начала полевого этапа расследования (после разрешения) начитается распыление жидких биопрепаратов внутри огороженной территории. Удаление обломков проводится по окончании полевого этапа. Обычно в среднем уже через 2 недели, территория может передаваться местным органам власти для использования в необходимых целях.

Ущерб территории от АП в первые сутки-двое растёт постоянно и резко. Это время возможно использовать только для подготовки к последующим работам (мероприятиям превентивной регуляции). Сорбционные барьеры ограничивают «расползание» нарушенной территории и увеличение глубины проникновения воздействия, они приостанавливают рост ущерба. Биохимическая обработка, которую следует начинать как можно скорее, позволяет резко снижать интенсивность негативного воздействия. В случае применения предложенных защитно-превентивных регуляций ущерб от АП сокращается в 2 ... 3 раза и к моменту передачи территории местным властям на территории места АП после утилизации сорбционных барьеров можно начинать даже сельскохозяйственные работы.

Качественная оценка изменений хода процесса сукцессионного возрождения экосистем на месте АП, при использовании предложенных методов снижения экологического воздействия аварийного ВС при организации работ на месте АП, подтверждает достижение поставленной цели.

Количественная оценка в современном денежном выражении (в ценах 2018 г.), а также в эквивалентных единицах химического воздействия демонстрирует кратное (в несколько раз) снижение ущерба от воздействия аварийного ВС при АП.

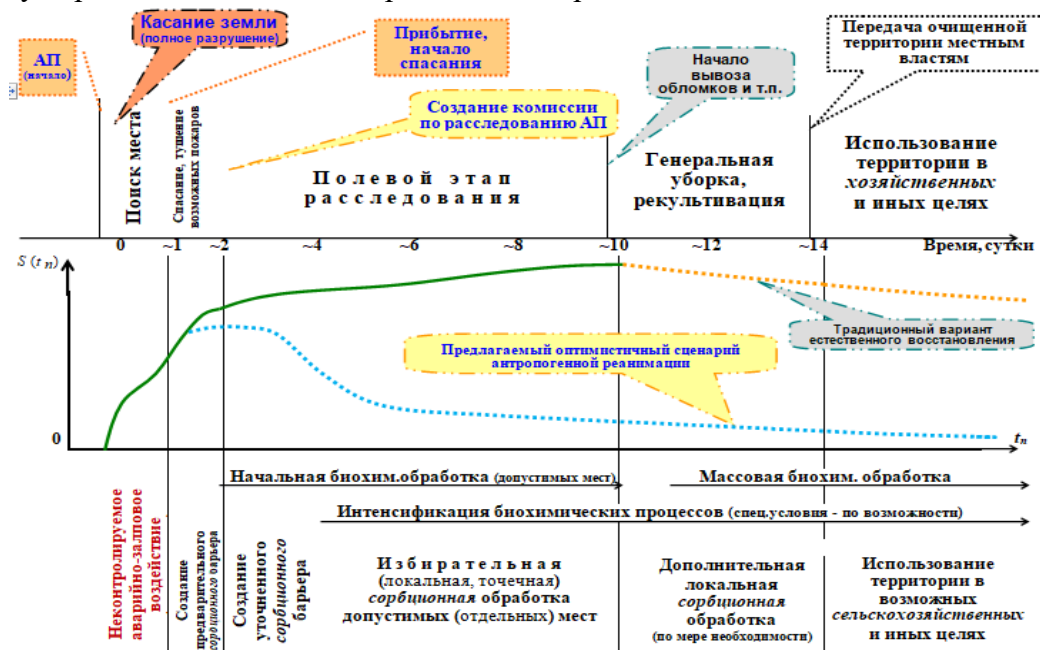


Рис. 14 – Предлагаемый алгоритм природозащитных действий на территории места АП

Несомненно, что проведение природоохранных мероприятий на месте АП должно быть строго регламентировано. Очевидно, что главными целями расследования являются установление причин авиационного происшествия или инцидента и принятие мер по их предотвращению в будущем. нормативно-правовое обеспечение процессов на месте АП важный аспект проведения всех мероприятий, в том числе и природоохранных.

Для практической реализации разработанного в диссертации предложено внести изменения в некоторые пункты ПРАПИ-98:

В раздел «2.2. Оповещение об авиационном происшествии» внести изменения в пп. 2.2.4 и 2.2.7, касающиеся информации о сложившейся экологической обстановке на территории АП.

В раздел «2.3. Первоначальные действия должностных лиц при авиационном происшествии» в п. 2.3.3 добавить требование о:

- проведении предварительной оценка экологической обстановки;
- составлении карты нанесенного окружающей среде ущерба.

В раздел «2.4. Организация и порядок работы комиссии по расследованию», включить требования:

- провести инструктаж по вопросам производственной и экологической безопасности на месте АП, (в п. 2.4.3);
- своевременно провести материально-техническое обеспечение административной комиссии для осуществления природоохранных мероприятий (в п. 2.4.9).

В приложении 9 «Административная подкомиссия» добавить в состав подкомиссии (в п. 9.2.) рабочую группу по охране окружающей среды (ООС) и обеспечению экологической безопасности с описанием ее функций прав и обязанностей, а также в п. 9.7 добавить требование (к медицинской группе) обязательного согласования санобработки места АП с указанной группой по ООС.

### **Заключение по работе**

В диссертационной работе представлено решение научной задачи снижения воздействия аварийного воздушного судна на окружающую среду в результате АП, требующей разработки на основе единого научно-методического аппарата методов и алгоритмов комплексной защиты экологических систем при организации работ на месте АП.

Основные научные результаты и выводы заключаются в следующем:

1. Применительно к проблематике работы результативно использован комплекс теоретических положений существующих теорий физико-химических и геотехнических систем, на основании чего предложена классификация видов негативного воздействия на ОС, оказываемого при АП, отличающаяся от известных тем, что дополнительно учитывает результаты экологического (химического) загрязнения от информационного воздействия рассматриваемого события.

2. Доказано, что регламент работы комиссии по расследованию на основании требований действующих отраслевых документов, препятствует проведению эффективных мероприятий по уменьшению размеров экологического воздействия аварийного ВС.

3. Создана модель негативного воздействия аварийного ВС на ОС, на основании которой показана возможность и перспективность уменьшения размеров воздействия аварийного ВС на экологические системы на месте АП;

4. Оценка эффективности деятельности административной подкомиссии по расследованию АП в природозащитной сфере показывает, что для разнообразных территорий размещения аэропортов в современных штатных условиях и режимах существующей системы организации работ на месте крушения аварийного ВС значительного выигрыша от санитарной обработки и распашки территории не наблюдается. Заметный выигрыш наблюдается при совмещении начала природозащитных мероприятий с первоначальными действиями на месте АП, то есть при ускорении начала работ на 10 ... 14 дней.

5. Оценка алгоритмов методов снижения экологической опасности показала, что значительный выигрыш имеет место при превентивном создании защитного сорбционного барьера вокруг места проведения работы по расследованию АП.

6. Разработаны положения, аргументирующие (обосновывающие) действия административной подкомиссии по расследованию АП, необходимые для снижения экологической опасности на месте АП.

Опираясь на результатах анализа модели воздействия АП на ОС до и после дополнения модели средствами регулирования, впервые разработаны методические рекомендации по организации деятельности административной подкомиссии на полевом этапе расследования, предлагающие начать работы по снижению негативного экологического воздействия на месте АП непосредственно с момента начала расследования, что на практике позволяет решить

задачу уменьшения воздействия аварийного ВС на экосистемы территории, на которой произошло АП, важную для снижения экологической опасности авиаперевозок в целом.

Для нормативно-правового обеспечения работ на месте АП разработаны предложения по внесению дополнений в действующие нормативные акты, касающиеся расследования АП.

Основываясь на изучении факторов и причинно-следственных связей процессов химического и информационного негативного экологического воздействия аварийного ВС на экосистемы территории места АП разработана и внедрена в учебный процесс университета (МГТУ ГА) методика действий административной подкомиссии на месте АП, обеспечивающая исполнение требования отечественного экологического законодательства.

Отдельные результаты диссертации могут быть использованы при организации поисково-спасательных работ и в деятельности по ликвидации различных происшествий на предприятиях иных видов транспорта, а также при разработке планов мероприятий ликвидации локальных антропогенных ЧС на стационарных опасных производственных объектах различных отраслей экономики страны.

Последующую разработку темы с целью дальнейшего уменьшения размеров экологического ущерба и времени восстановления экосистем на территории места АП, путём ускорения начала природозащитных работ, целесообразно вести по следующим направлениям:

- разработка новых (более эффективных) рецептурных рекомендаций по типам и соотношениям компонентов сорбентов, химических и биологических средств обработки почв, подвергшихся аварийно-залповому загрязнению авиатопливами и специфическими видами авиаГСМ;

- разработка специальных моделей описания процессов распространения авиатоплив и спецжидкостей в почвах комбинированных грунтов территорий, на которых расположены аэропорты;

- совершенствование общих и узкоспециализированных (для конкретных аэропортов) рекомендаций по выбору необходимых материалов и средств механизации работ на близлежащих к аэропорту территориях, где возможно загрязнение экосистем аварийными ВС при АП;

- создание рекомендаций по прокладке логистических маршрутов доставки всего необходимого с мест хранения к вероятным местам АП;

- популяризация полученных в диссертации результатов, адаптация их к применению на конкретных авиапредприятиях;

- разработка методических рекомендаций по проведению учений и повышению квалификации специалистов авиапредприятий – вероятных членов административных подкомиссий по расследованию возможных АП.

#### **Список работ, опубликованных автором по теме диссертации**

##### ***В рецензируемых научных изданиях, рекомендуемых ВАК РФ (по транспорту):***

1. Николайкин Н.И. Оценка экологической опасности авиационных событий на воздушном транспорте / Н.И. Николайкин, Е.Ю. Старков // Научный вестник МГТУ ГА. – М.: МГТУ ГА, 2015. № 218 (8). – С. 17-23.

2. Старков Е.Ю. О возможности снижения экологического воздействия при авиационном происшествии / Е.Ю. Старков, Н.И. Николайкин // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего, плюс: - Пенза: ПензГТУ, - 2016. № 2 (30). С. 13-19.

3. Старков Е.Ю. Организация экологической защиты территории авиационного происшествия / Е.Ю. Старков, Н.И. Николайкин, П.И. Климов / Научный вестник МГТУ ГА. – М.: МГТУ ГА, 2016. Т. 19, № 5, С. 200-205.

4. Николайкин Н.И. Уменьшение экологических последствий от воздействия авиационных происшествий / Н.И. Николайкин, Е.Ю. Старков // Научный вестник МГТУ ГА. – М.: МГТУ ГА, 2016. № 225 (3), С. 129-136

5. Николайкина Н.Е. Реагентный метод разделения многослойных упаковочных материалов, применяемых в гражданской авиации, для их последующей утилизации / Н.Е.

Николайкина, Е.Ю. Старков // Научный вестник МГТУ ГА. – М.: МГТУ ГА, 2016. № 225 (3). С. 137-142.

6. Грядунов К.И. Проблемы применения этилированного авиационного бензина на воздушных судах / К.И. Грядунов, А.Н. Тимошенко, Е.Ю. Старков // Научный вестник МГТУ ГА. – М.: МГТУ ГА, 2020. Т. 23, № 03, с. 8-16.

***В других рецензируемых научных изданиях, рекомендуемых ВАК РФ:***

7. Николайкин Н. Модель эколого-экономического воздействия авиационных происшествий / Н. Николайкин, Е. Старков // Предпринимательство. – М.: 2016. № 7. С. 38-76.

***В других изданиях:***

8. Николайкин Н.И. Метод снижения экологической опасности при авиационных происшествиях / Н.И. Николайкин, Е.Ю. Старков, П.И. Климов // CredeExperto: транспорт, общество, образование, язык. - 2015. № 3 - Иркутск, - С. 22-34.

9. Николайкин Н.И. Модель оценки экологического воздействия авиационного происшествия с воздушными судами / Н.И. Николайкин, Е.Ю. Старков // Научный вестник УИ ГА. – 2016. № 8. - С. 28-34.

10. Николайкин Н.И. О необходимости и возможности снижения воздействия человеческого фактора на безопасность полётов / Н.И. Николайкин, В.В. Цетлин, С.А. Савчуков, З.В. Пожелуева, Е.Ю. Старков.// CredeExperto: транспорт, общество, образование, язык. 2017. № 2. С. 201-218.

11. Николайкин Н.И. Гео-гелиомагнитное влияние на организм человека и безопасность авиоперевозок / Н.И. Николайкин, З.В. Пожелуева, Е.Ю. Старков, В.В. Цетлин, Савчуков С.А. // CredeExperto: транспорт, общество, образование, язык. 2018. № 2. С. 26-54.

12. Николайкин Н.И. Космофизические возмущения и человеческий фактор в авиации как причина негативных событий / Н.И. Николайкин, В.В. Цетлин, Г.П. Степанова, Е.К. Королева, Е.Ю. Старков // Научный вестник УИ ГА. – 2020. – № 12. – С. 56-61.

***Результаты работы также опубликованы ещё в 15 изданиях*** в виде статей, материалов и тезисов докладов; сделанных на международных и всероссийских научно-технических и научно-практических конференциях.

Соискатель

Старков Е.Ю.