

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)

---

**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)

**Диссертация**

*на соискание учёной степени кандидата технических наук*

**Научный руководитель:**

доктор технических наук, доцент

Николайкин Николай Иванович

**Москва – 2021 г.**

## Оглавление

Введение.....	4
1 Экологические особенности деятельности воздушного транспорта .....	13
1.1 Место воздушного транспорта в Российской Федерации .....	13
1.2 Негативное воздействие авиации на окружающую среду.....	19
1.3 Состояние безопасности полетов в гражданской авиации.....	29
1.4 Особенности воздействия на экологические системы при авиационных происшествиях .....	35
1.5 Критерии и методы оценки негативного экологического воздействия.....	48
1.6 Постановка задачи исследования.....	53
2 Модель экологического ущерба от авиационных происшествий.....	56
2.1 Физико-химические и геотехнические системы, формируемые в условиях авиационных происшествий.....	56
2.2 Имитационная модель экологического воздействия авиационных происшествий.....	58
2.3 Проверка достоверности предложенной имитационной модели .....	75
2.4 Результаты моделирования экологического воздействия на окружающую среду.....	88
3 Методы и средства уменьшения экологических последствий для территорий авиационных происшествий.....	92
3.1 Особенности проведения природоохранных мероприятий, при расследовании авиационных происшествий .....	92
3.2 Методы и средства уменьшающие негативное экологическое воздействие на месте авиационного происшествия.....	99
3.2.1 Углесорбционные методы.....	105
3.2.2 Биотехнологические методы.....	110
3.3 Способы обеспечения эффективной реабилитации (восстановления) территории места авиационного происшествия.....	122

3.3.1	Изоляция отходов высокого класса опасности, сбор и утилизация иных твердых отходов .....	122
3.3.2	Санитарная обработка (дезинфекция, дезинсекция) территории авиационного происшествия и восстановление свойств почвы.....	131
4	Организационно-технические мероприятия по снижению экологического ущерба на месте авиационного происшествия .....	135
4.1	Методика природоохранных действий административной подкомиссии при расследовании авиационных происшествий аварийных ВС.....	135
4.2	Нормативно-правовое обеспечение экологической деятельности на территории авиационного происшествия.....	151
4.3	Обеспечение экологичности производственных процессов при управлении безопасностью полетов.....	155
	Заключение.....	164
	Список сокращений и условных обозначений.....	169
	Библиографический список используемой литературы.....	171
	Список иллюстративного материала.....	196
	Приложения.....	203

## ВВЕДЕНИЕ

**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 (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 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 непроведения 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 пропорционально уменьшает

негативное экологическое воздействие. Решению комплекса проблем, способствующих повышению уровня безопасности полётов 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., Феокистовой 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.

**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 природозащитных требований отраслевых нормативно-правовых документов.

#### **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, теории имитационного моделирования, основ теории организации производства, теории принятия решений.

В качестве информационной и терминологической базы использовались:

- научные источники в виде данных и сведений из книг, журнальных статей, научных докладов и отчётов, материалов научных конференций, семинаров;
- официальные материалы МАК по расследованию АП;
- официальные документы Международной организации гражданской авиации ИКАО и нормативно-правовые акты транспортного комплекса РФ;

- отечественная нормативная база в области обеспечения экологической безопасности, а также международные документы и стандарты Международной организации стандартизации (ISO) серии 14 000;
- результаты собственных расчётов.

Исследование проблемы обеспечения экологической безопасности производства (в частности предприятий ГА) в условиях воздействия возможных нештатных и чрезвычайных ситуаций проводилось на базе идей экологического императива и комплексных подходов к вопросам безопасности как для окружающей среды, так и человека, вовлеченного в деятельность ГА.

**Научная новизна** состоит в том, что в работе:

- 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 превалирующее 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;
- расширены представления о возможностях административной подкомиссии в сфере защиты места АП от воздействия аварийного ВС доказано, что положительный результат мер по снижению экологической опасности аварийного ВС на месте АП возможен только при наличии защитно-превентивных средств регулирования;

- разработан подход к созданию защитного барьера вокруг территории места АП, позволяющий снизить воздействие аварийного ВС на экологические системы.

### **Достоверность результатов**

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

### **Практическая значимость работы** состоит в том, что ее результаты:

- 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 полевым этапе расследования, позволяющие начать работы по снижению экологического воздействия на месте АП непосредственно с момента начала расследования;

- разработанные положения позволяют снижать экологическую опасность авиаперевозок 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 различных видов транспорта, в общем и профессиональном образовании, а также при организации производства различных отраслей экономики РФ.

**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.

**Апробация результатов исследования.** Основные результаты с достаточной полнотой изложены в опубликованных работах.

Список публикаций автора по теме диссертации включает 26 научных трудов, в том числе 7 статей в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК при Минобрнауки РФ (82 с.); 16 публикаций в трудах международных и всероссийских конференций (69 с.); 3 публикации в иных изданиях (38 с.). Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных автором достаточная.

**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 проверял 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.

# **Глава 1 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА**

## **1.1 Место воздушного транспорта в Российской Федерации**

В Российской Федерации (РФ) одним из базовых элементов хозяйства, производства и инфраструктуры является транспорт. В [1] указано, что условием территориальной целостности страны являются транспортные коммуникации, которые так же обеспечивают связь со всем миром. Стоит добавить важность транспорта (транспортных систем) для глобальной экономической системы. Российская Федерация может получать выгоду от экспорта транспортных услуг благодаря обширной территории и достаточно выгодному географическому положению. Развитая транспортная структура позволяет укрепиться любой стране в мировом сообществе, является условием экономического роста, улучшает качество жизни, однако это требует постоянной работы над совершенствованием оказываемых транспортных услуг.

В РФ, как и во многих других странах, улучшение национальной транспортной системы учтено в различных стратегиях, целевых программах и направлениях социально-экономического развития страны и ее регионов, а так же с учетом международной деятельности (В [2] отмечают такие события как: вступление России во Всемирную торговую организацию и возможная международная транспортная интеграция стран СНГ, ЕС и других стран азиатского региона с быстроразвивающейся экономикой).

Выбранная Транспортная стратегия РФ на период до 2030 года берет в расчет множество условий и факторов. В ней учтены особенности стратегий развития всего государства и отдельных ее компонентов, отраслей, а также опыт развития транспортных систем за рубежом.

Для развития экономической и социальной части РФ необходима доступность транспортных услуг для всех слоев населения (для повышения

мобильности населения), данная необходимость дает возможность развивать территорию страны, т.к. РФ является страной с самой большой территорией по сравнению с другими развитыми странами. Важным моментом является скорость транспортных сообщений, которая влияет на доставку различных грузов и почтовых отправлений, мобильность населения и производственных сил, особенно с учетом огромной территории страны.

Кроме финансовой доступности и скорости транспортных услуг, можно отметить такой показатель как «своевременность», что является важным, например, для снабжения населения необходимой продукцией по различным случаям или бесперебойная доставка необходимых ресурсов оборудования для производства.

Транспортная система неразрывно связана с обеспечением безопасности, дело не только касается обеспечения национальной безопасности РФ (мобильность вооруженных сил и или аварийно спасательных служб), но обеспечением безопасности на самом транспорте. Одним из направлений является деятельность по охране окружающей среды (ОС). Особое внимание общественности к негативному воздействию транспорта на ОС заставляют учитывать этот момент в перспективах развития транспортной системы. В [1] отмечается, что уровень транспорта определяется не только скоростью, финансовой доступностью, своевременностью, но и безопасностью с учетом экологичности функционирования транспортной системы. Это значит, что для разработки стратегий развития транспорта России необходим подробный анализ всех аспектов развития района, региона, страны и всего мира.

Одними из недостатков транспортной системы РФ являются ее низкий технический уровень, малые объемы строительства транспортных коммуникаций, их качество и уровень поддержания, низкая скорость обновления транспортной техники. Одной из проблем является отсутствие должных транспортных коммуникаций населенных пунктов, особенно в районах Севера, Сибири и Дальнего Востока [1].

Для достижения уровня передовых стран для российского транспорта стало необходимо незамедлительно повысить качество транспортных услуг, но при соблюдении ограничений по безопасности и экологичности транспорта.

В [3] отмечаются направления развития и задачи, стоящие перед гражданской авиацией для улучшения всей транспортной системы РФ, например, развитие аэропортовой сети и обновление и омоложение парков транспортных средств.

Воздушный транспорт (ВТ) один из видов транспорта, который актуален во всем мире и в Российской Федерации в том числе. Он технологически развит, регламентированным экологически и на третьем месте по пассажироперевозкам.

В [4] отмечается: «Гражданская авиация (ГА) – сложная система, основная задача которой обеспечение гарантированного безопасного и качественного предоставления услуг пассажирам».

Особенности ВТ заметнее на значительных перевозках [5] Это важно в пределах РФ. Так, например, согласно [6]: «среднее расстояние перевозки одного пассажира ВТ на внутренних линиях достигает почти 2 тыс. км».

Анализ реализации транспортной стратегии РФ показывает увеличение темпов развития отечественной ГА как на международном уровне, так и на внутренних перевозках, но при этом сокращается количество действующих российских аэропортов и аэродромов (с 2000 годов количество аэродромов сократилось в 1,6 раза). Так же имеется разница в инфраструктуре и технической оснащенности аэропортов различных регионов РФ.

По предварительным данным в 2015 году пассажирооборот воздушного транспорта более, чем в два раза превысил пассажирооборот железнодорожного транспорта (рисунок 1.1) и составил более 225 млрд. пкм, что равнялось 42 % от аналогичного показателя по всем видам транспорта. В 2014 году им было перевезено 86 млн пассажиров [7].

По данным [8], в 2018 и 2019 гг. также было превышение более чем в два раза пассажирооборота (млрд.пасс.-км) воздушного транспорта по сравнению с железнодорожным и автомобильным (рисунок 1.2).



Рисунок 1.1 - Сравнение пассажирооборота воздушного и железнодорожного транспорта РФ на период 1990-2015 гг. [8]

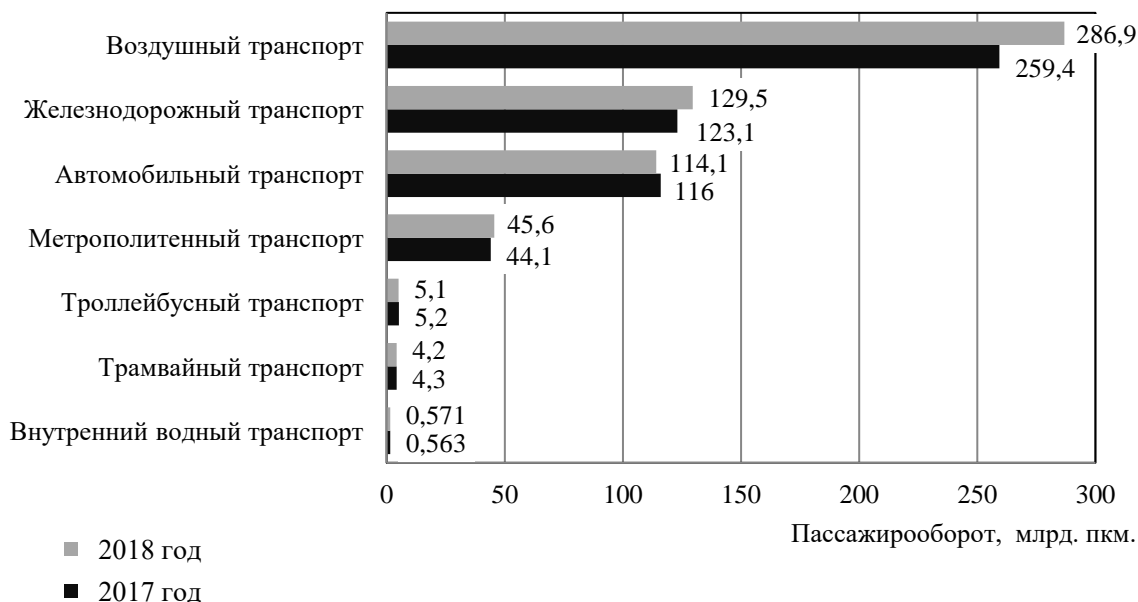


Рисунок 1.2 – Пассажирооборот транспорта общего пользования (млрд.пасс.-км)

В силу размеров территории РФ ВТ принадлежит роль «связиста» регионов и населенных пунктов. В [9] отмечено: «особую роль играет ВТ для слабо освоенных районов Сибири и Дальнего Востока».

Авиация используется для перевозка пассажиров, доставки грузов и почты, полетов сельскохозяйственного назначения и для строительных целей (строительство газовых трубопроводов, мостов, ЛЭП), полеты для научно-исследовательских целей, геологоразведка и т.д.

ВТ ежегодно увеличивает обороты своей деятельности по оказанию авиатранспортных услуг (Таблица 1.1). Авиация значительно отличается преимуществами от иных отраслей транспорта, что является неоспоримым признаком его активного развития и с каждым годом значительно увеличиваются обороты его деятельности. Таким образом, ВТ постепенно выходит на лидирующие позиции в транспортной системе РФ. Несмотря на политические события в 2015 году, которые ударили по экономике Российской Федерации, в т.ч. и отечественному воздушному транспорту некоторые показатели такие как: пассажирооборот, тоннокилометры и перевозки пассажиров незначительно снизили свои значения, но показатели по грузообороту, перевозке почты и грузов продолжают расти (Рис. 1.3-1.6)

Таблица 1.1 Основные производственные показатели гражданской авиации России за 2010-2019 гг.[10 - 19]

	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Пассажирооборот (млрд. пасс.-км.)	147,12	166,76	195,7	225,1	241,4	226,8	215,6	259,4	286,9	322,9
Грузооборот (млрд. ткм)	4,7	4,9	5,1	5,0	5,1	5,5	6,6	7,6	7,8	7,4
Перевозки пассажиров (млн. чел.)	56,9	64,1	74	84,5	93,1	92	88,5	105	116,2	128,1
Перевозки грузов и почты (млн. тонн.)	0,926	0,981	0,987	1,0	1,03	1,06	0,976	1,13	1,17	1,14

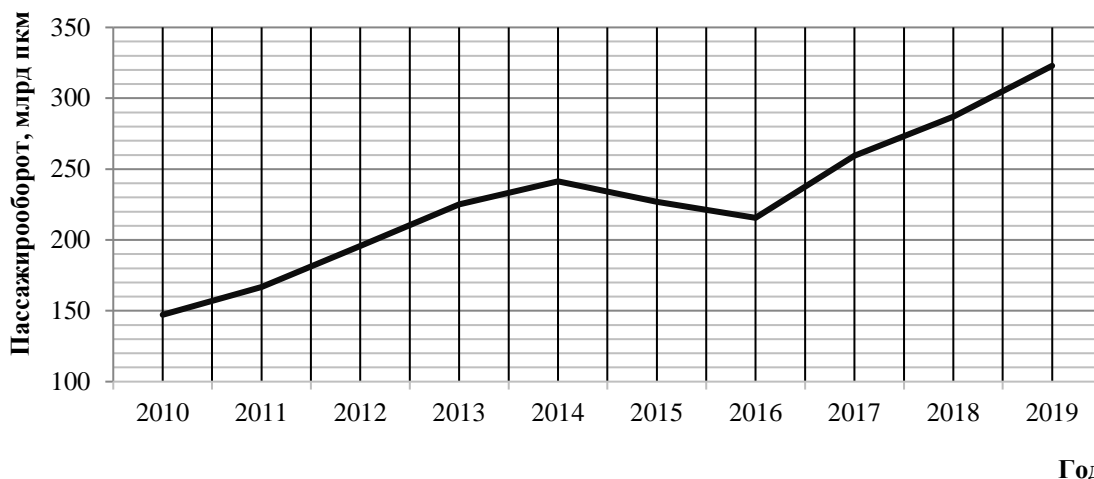


Рисунок 1.3 -Динамика пассажирооборота в ГА за период 2010-2019 гг.

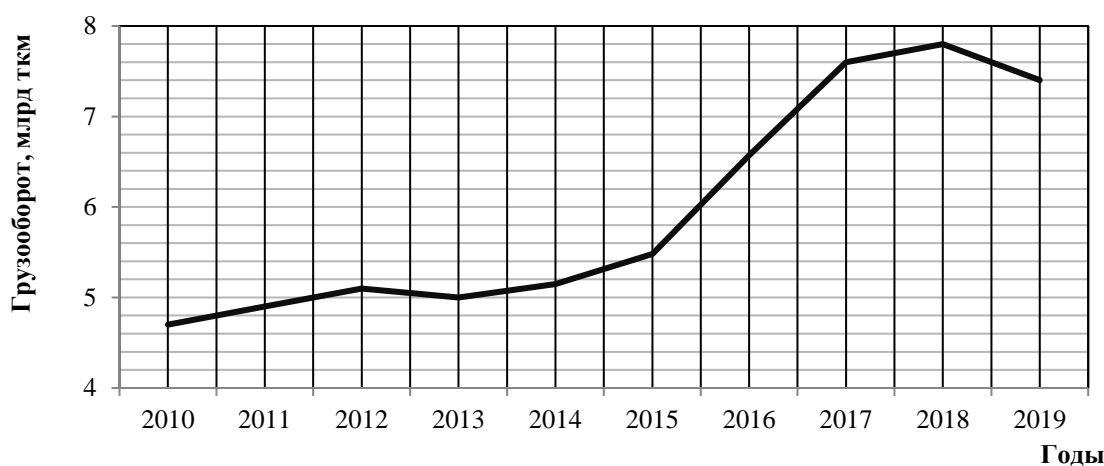


Рисунок 1.4 -Динамика грузооборота в ГА за период 2010-2019 гг.

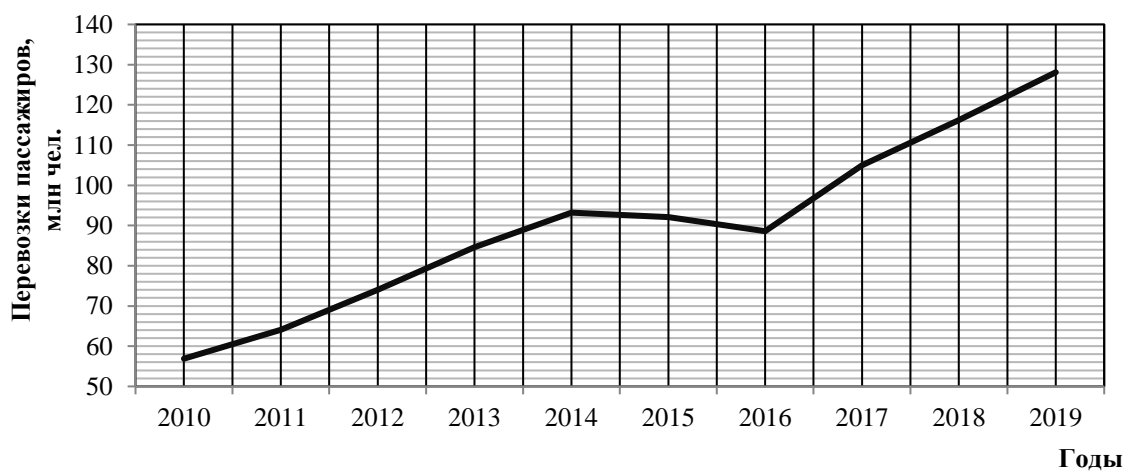


Рисунок 1.5 -Динамика перевозок пассажиров в ГА за период 2010-2019 гг.

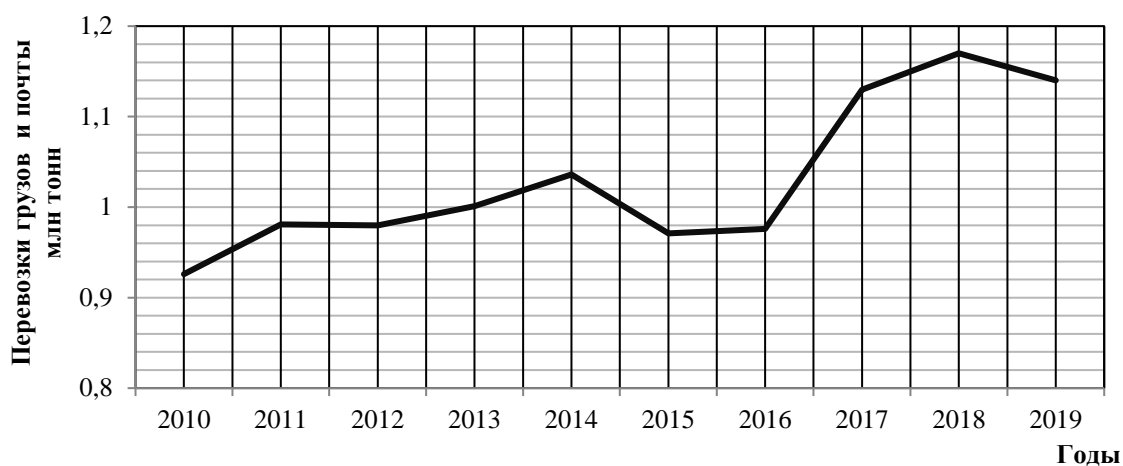


Рисунок 1.6 -Динамика перевозок груза и почты в ГА  
за период 2010-2016 гг.

Таким образом ВТ РФ занимает важное место в транспортной системе всей страны, является связующим элементом целостности государства, особенно в тех регионах, где доступ других видов транспорта невозможен или ограничен, например транспортными коммуникациями.

## 1.2 Негативное воздействие авиации на окружающую среду

Авиация, направленная на оказание транспортных услуг, всегда сопровождается негативным воздействием на ОС. В [5] отмечается, что воздействие деятельности ВТ на ОС проявляется не только в виде шума и выброса загрязняющих веществ в атмосферу от авиационных двигателей, но и в виде отходов от деятельности авиапредприятий. Стоит отметить, что аэропорты в большинстве своем находятся за пределами крупных населенных пунктов (городов), следовательно, активно используют нефтепродукты, прочие ресурсы для автономных котельных, дизельных источников электроснабжения, все это необходимо для обеспечения деятельности [20].

Проблемы, возникающие с промышленными и бытовыми отходами актуальны в РФ, особенно в технической среде. Планомерная деятельность

по обращению с отходами (сбор, обезвреживание, транспортировка, систематизация, учет, размещение, утилизация и т.д.) в нашей стране начата активно с появлением Федерального закона от 24.06.98 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» [21]. Поэтому информации о воздействии на литосферу значительно меньше, чем о загрязнении атмосферы и гидросферы. В соответствии с законодательством отходами производства и потребления являются остатки сырья, материалов, полуфабрикатов и т.п. Отходами также являются: ртуть; концентрированные кислоты (элемент аккумуляторов); отработанные масла; отработанные СЖ и т.д. Их необходимо собирать отдельно, в ёмкости, а затем перенаправить для регенерации или утилизации, но не сливать в канализацию, в которую сбрасываются сточные воды. В ГА кроме отходов связанных с производством образуется значительное количество твердых коммунальных отходов (ТКО), особенно при обслуживании пассажиров в аэропорту и от сотрудников авиакомпаний, как продукты их жизнедеятельности (например, офисная работа).

В [22] отмечается, что в стране 300 аэропортов, включая семь десятков для международных перелетов. Дается характеристика и морфологический состав концентрированных жидких и твердых отходов, перечисляются их источники.

В гражданской авиации есть специальная система медицинского обслуживания, которая включает: ежедневные медосмотры летного состава авиакомпаний; ежедневные медосмотры рабочего персонала аэропорта; оказание первой медицинской помощи пассажирам и работникам авиапредприятий; осмотры прибывающих пассажиров во время карантина или угрозы заражения болезнями (выдаются соответствующие санитарно-гигиенические средства); комнаты для изоляции заболевшего человека и для оказания ему своевременной медицинской помощи и т.п.

В периоды вспышек болезней (таб. 1.2) ГА играет отрицательную роль распространителя по всему Миру. В связи с этим резко возрастают отходы медицинского характера.

Медицинские отходы и отходы фармацевтической продукции входят в группу опасных отходов. Отходы фармопродукции содержат большое количество токсичных веществ, способных нанести вред окружающей среде при неправильном захоронении или сжигании. Утилизация и транспортировка отходов такого рода должна производиться регулярно с соблюдением специальных правил и технологий.

Обычно для утилизации медицинских отходов используется термическая переработка, в процессе которой под влиянием высокой температуры опасные медицинские отходы обезвреживаются. Во избежание усугубления эпидемиологического состояния окружающей среды транспортировкой и последующей утилизацией медицинских отходов могут заниматься только высококвалифицированные специалисты и соответствующие спецслужбы.

Современные ВС и аэропорты оснащены различными приборами и оборудованием. Отходы образуются по разным причинам:

- старение оборудования (физическое и моральное);
- неисправность и неработоспособность оборудования;
- отказы и т.п.

Проблема обращения и утилизации данного вида отходов заключается в том, что в них содержатся: драгметаллы, смеси различных материалов, и источники излучений (ультрафиолетовое, ионизирующее, тепловое и т.п.). Предприятия должны документально оформить поступление, движение, инвентаризацию и выбытие драгметаллов, которые содержатся содержащихся в составных частях техники [23].

При демонтаже топливного бака (с остатками горючего) не избежать разлива нефтепродуктов, которые поступают в почву и воздействуют на биосферу разнопланово испаряясь, вступая в сложные биохимические реакции, вымываясь в водотоки и водоемы.

Таблица 1.2. Вспышки болезней по данным Всемирной организации здравоохранения в 2019 г.

№ п/п	год	Название болезни	место
1.	2019	Эбола	Конго, Уганда
2.		Корь	Тунис, Европа, регион Западной части Тихого океана, Мадагаскар
3.		Ближневосточный респираторный синдром, вызванный коронавирусом (БАРС-КоВ)	ОАЭ, Саудовская Аравия, Оман
4.		Циркулирующий полиовирус вакцинного происхождения типа 1, типа 2	Филиппины, Гана, Мьянма, Камерун, Индонезия, Папуа-Новая Гвинея, Мозамбик
5.		Желая лихорадка	Нигерия, Бразилия
6.		Полиомиелит	Филиппины. Конго
7.		Листериоз	Испания
8.		Дикий полиовирус типа 1	Исламская респ. Иран
9.		Лихорадка денге	Франция, Ямайка
10.		Оспа обезьян	Сингапур
11.		Лихорадка Рифт-Валли	Франция
12.		Чикунгунья	Конго
13.		Лихорадка Ласса	Нигерия
14.		Гонококковая инфекция	Соединенное королевство Великобритании и Северной Ирландии
15.		Хантавирусный легочный синдром	Аргентина

Свинец, содержащийся в отработанных свинцово-кислотных аккумуляторах, является отходом 1 класса высокоопасных веществ.

Проблема утилизации композиционных материалов приобретает актуальность в связи с быстрым ростом их использования.

Салон самолета состоит из целого ряда материалов, которые, в основном, представляют собой пластиковые композиты на основе полимеров. Например, предметы из пластиковых композитов салона Боинг-737 составляет около 5 тонн, Боинг-747 имеет около 10 тонн пластиковых композитов.

По сложности и цене утилизации сильно загрязненные и смешанные отходы из композиционных материалов относятся к трудно утилизируемым отходам.

В настоящее время во многих аэропортах мира и РФ происходит крупномасштабная реконструкция и строительство. Это вызвано разными причинами:

- увеличение пассажиропотока и грузопотока;
- старение зданий элементов аэропорта и других сооружений;
- модернизация аэропортовой деятельности и т.д.

Образование минеральных отходов происходит на авиапредприятиях, которые имеют производственные цеха, а также в процессе строительных работ. Многие из минеральных отходов (например, отходы цемента и керамики) не представляют опасности для здоровья человека и утилизируются обычным способом. Основная проблема при обращении с этим видом отходов – это своевременный вывоз таких отходов. Однако некоторые отходы с предприятий, в особенности связанных с металлообработкой, содержат в себе вредные примеси и их нельзя утилизировать вместе с другими твердыми отходами. Особенная технология утилизации должна применяться при обработке загрязнённого песка и грунта, например, горюче-смазочными материалами (ГСМ). Чаще всего, утилизация загрязненного грунта является единственно возможным вариантом предотвращения негативных экологических последствий.

Отходами 1 класса опасности являются ртутьсодержащие люминесцентные лампы. Опасность представляют пары ртути, которые находятся в лампе и необходимы для излучения света. В документе [24] изложены санитарные правила при работе с ртутью, ее соединениями и приборами с ртутным заполнением.

Анализ состава отходов по классам опасности для ОС, образующихся в аэропортах, свидетельствует о том, что основная масса – это отходы 4 класса опасности (рис.1.7) анализ проводился по данным российских аэропортов об образовании отходов производства и потребления за ряд лет (табл. 1.3).

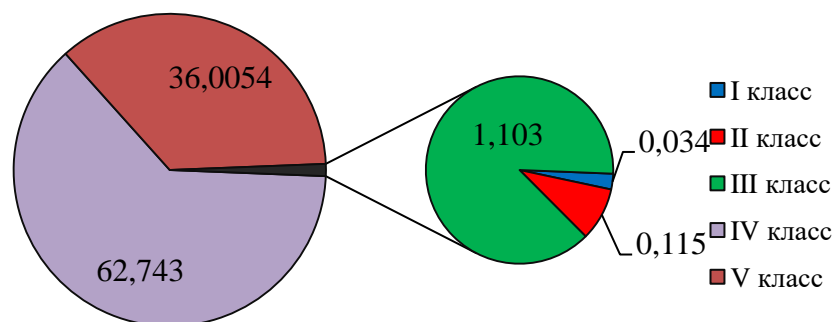


Рисунок 1.7 - Соотношение общего количества образующихся отходов на авиапредприятиях по классам опасности для ОС в %.

Особенностью резкого увеличения отходов 4-5 классов опасности в аэропортах РФ связан с проведением крупных международных мероприятий, в связи с которыми необходима заблаговременная модернизация и строительство взлетно-посадочных полос (ВПП), аэровокзального комплекса и т.п. Такими международными мероприятиями стали крупнейшие международные спортивные соревнования 2013 – 2019 гг. Летняя Универсиада, Зимние Олимпийские игры, Зимние Сурдлимпийские игры, Кубок конфедераций по футболу, Чемпионат мира по футболу-2018, Зимняя Универсиада, Чемпионаты Мира и Европы по отдельным видам спорта.

Стоит отметить, что в эти периоды образуются также на территории аэровокзального комплекса большое количество пищевых отходов, пластика,

Состоявшаяся в Стокгольме Конференция ООН по проблемам окружающей человека среды (1972 г.) была отмечена тем, что ИКАО полностью соглашается с фактом вредного воздействия на ОС, которое связано с эксплуатацией ВС. При этом ИКАО дает обязательство на достижение максимальной совместимости между безопасным и планомерным развитием ГА и качеством ОС, естественно при активном участии всех членов организации. Данная позиция изложена в соответствующей резолюции (резолюция Ассамблей А18-11). Затем, в 1977 г. создан САЕР (Комитетом по эмиссии авиационных двигателей) и на втором

заседании Комитета были разработаны предложения, касающиеся [25] Приложения 16 «Охрана окружающей среды» к Конвенции о международной гражданской.

ВТ является достаточно заметным источником загрязнения ОС, в частности атмосферного воздуха. С развитием популярности воздушных перевозок обязательно увеличится количество рейсов, а, следовательно, и доля выбросов таких веществ как  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{C}_n\text{H}_m$ ,  $\text{SO}_x$  от общих выбросов в мире также возрастет, вместе с этим и доля выбросов от деятельности ГА по сравнению с общими выбросами мировой транспортной системы будет умножаться. Кроме этого, эмиссия от АД вызывает конденсационные следы, перистые облака, меняет радиационный баланс планеты.

При сгорании одного килограмма авиа топлива образуется более 3 кг монооксида углерода и 1 кг паров воды, которые обладают свойствами парниковых газов.

С целью уменьшения выбросов от авиационных двигателей ИКАО нормирует основные виды эмиссии:

1. дым;
2. несгоревших углеводородов (НС);
3. окиси углерода (СО);
4. окислов азота ( $\text{NO}_x$ ) [25].

Особое внимание в ГА уделяется шумовому воздействию на ОС, особенно если источником шума является воздушное судно (ВС). Шум определяется как нежелательный звук [26]. Особенности являются:

1. непостоянство авиационного шума во времени;
2. особый спектр звуков;
3. наличие в спектре издаваемых звуков дискретных составляющих.

Авиационный шум относится к аэродинамическим шумам, которые появляются в результате:

1. обтекания тел потоком;
2. выпуска свободной струи газа;

3. пульсации среды при вращении лопастей авиационного двигателя.

Источниками шумового воздействия являются:

1. авиационные двигатели,
2. вспомогательные силовые установки (ВСУ),
3. Планер ВС.

Шум от ВС нормируется с целью его ограничения на местности (техническое нормирование) и на территории жилой застройки (гигиеническое нормирование).

Вибрационное загрязнение окружающей среды (ОС) от деятельности ГА характеризуется показателями, аналогичными акустическому загрязнению, отличающееся тем, что вибрация распространяется только в твердых телах. Особенностью вибрационного воздействия на организм является тот факт, что необходимо иметь контакт через опорные поверхности, в целом на экологическую систему оказывается локальное воздействие.

В ГА источниками вибрационного загрязнения являются:

1. ВС при приземлении и дальнейшем пробеге и рулении по ВПП и рулежным дорожкам;
2. спецавтотранспорт;
3. процессы технического обслуживания и ремонта (ТОиР) ВС;
4. деятельность в аэровокзальном комплексе;
5. ремонтные и строительные работы ВПП и аэропорта в целом и т.д.

Физическое загрязнение окружающей среды помимо шума и вибрации, может быть электромагнитным. Источником являются радиотехнические средства обеспечения полета и деятельности аэропорта, к ним относятся радиолокационные станции, радионавигационные системы, средства связи, линии электропередач (ЛЭП) и т.п. Основные радиотехнические средства обеспечения полета излучают электромагнитную энергию в наиболее вредном для живых организмов диапазоне частот.

Таблица 1.3 Образование отходов в аэропортах и авиационных предприятиях по классам опасности для окружающей среды (тонны в год)

<b>ИТОГО</b>	<b>V класс</b>	<b>VI класс</b>	<b>III класс</b>	<b>II класс</b>	<b>I класс</b>	
1442.49	1225.664	185.346	27.191	3.358	0.931	ОАО «аэропорт «Анапа»»
3672.30178	209.074	3383.135	73.422	4.593	2.0778	ОАО «Владивосток Авиа»
4920.887	60.693	4844.338	8.377	6.21	1.269	ОАО «Аэропорт «Ростов-на-Дону»»
1170.7271	11.6357	1104.6906	50.858	3.1599	0.3829	ФГУП «Аэропорт «Южно-Сахалинск»»
261.3944	140.7874	117.5548	1.0729	1.562	0.42	ОАО «Международный аэропорт «Волгоград»»
33.336	3.992	26.904	0.684	1.756	0	ОАО «Аэропорт Магас» респ. Ингушетия
34.56	2.013	29.397	2.97	0.18	0	ОАО «Владикавказское авиационное предприятие»
58.656	2.504	44.895	10.644	0.32	0.293	ОАО «авиационные линии Кубани»
1204.077	444.46	727.74	27.273	3.941	0.663	ОАО «международный аэропорт «Краснодар»»
13.536	0.554	11.945	0.779	0.246	0.0115	ФГУП «Госкорпорация по ОрВД» Филиал «Аэронавигация севера Сибири» Ноябрьский центр ОВД
19.334	3.396	14.93	0.929	0.063	0.016	ФГУП «Госкорпорация по ОрВД» Филиал «Аэронавигация севера Сибири» Сургутский центр ОВД
1747.057	1240.344	499.078	5.004	2.006	0.625	Московский филиал ФГУП «Государственная транспортная компания «Россия»
99.674	28.674	68.91	1.483	0.581	0.026	ОАО НПК «ПАНХ»
72.261	12.331	57.512	1.947	0.371	0.1	ОАО «325 авиационный ремонтный завод»
18814.506	13481.593	5198.146	85.902	45.471	3.394	ОАО «Международный аэропорт Шереметьево»

Тепловое воздействие это результат преобразования в авиадвигателе энергии химических связей авиационного топлива, в тепловую энергию, которая вместе с газами из двигателей поступает в атмосферу, рассеивается и нагревая воздух [5]. По мимо теплового загрязнения от двигателя ВС источником является аэропорт в целом, т.к. требуется энергия для эксплуатации наземных объектов, процесс выработки энергии сопровождается выделением тепла в ОС.

В работе [27] отмечены основные проблемы воздействия ГА на ОС, тенденции их развития. Развивая философские аспекты экологических вопросов, автор [28] отмечает взаимосвязь экологической безопасности с социальной составляющей глобального устойчивого развития, постулируется идея нужды в управлении экорисками.

ГА также является источником ионизирующего загрязнения ОС. Радиоактивные материалы могут использоваться в различных приборах, датчиках (датчики обледенения, датчики уровня в емкостях хранения топлива, светящиеся циферблаты и т.п.), технических средствах обеспечения транспортной безопасности и т.д. Степень последствий ионизирующего загрязнения на организм зависит от поглощенной дозы, вероятность негативных последствий для организма го пропорциональна дозе облучения.

В работах [29-32] отмечаются основные направления негативного экологического воздействия на ОС разных процессов ГА при обслуживании ВС. Авторы считают, что управление системой экологической безопасности минимизирует эконагрузку на биоценозы, соблюдение экологических требований обеспечивает нивелирование экологической опасности.

Некоторыми документами [33, 34] МЧС предусмотрены различные рекомендации и правила по деятельности в условиях разливов нефти и нефтепродуктов.

Также имеет место отрицательное экологическое воздействие на окружающую среду авиационных происшествий (АП) и мероприятий,

сопряженных с данными авиационными событиями (АС), акцент на которые будет сделан далее.

### **1.3 Состояние безопасности полетов в гражданской авиации**

Для эксплуатантов ВТ главное – безопасность полётов, зависящая от авиационной техники (АТ), персонала, наземной служб управления воздушным движением (УВД) и т.д. В [35] дано определение термин «Безопасность полетов».

Обеспечение высокого уровня безопасности полетов решается в комплексе по различным направлениям, ведущими учеными авиационной отрасли (Барзилович Е.Ю. [36, 37], Воробьев В.В. [38], Гипич Г.Н. [39, 40], Гузий А.Г. [41], Ицкович А.А. [42], Коняев Е.А. [43, 44], Логвин А.И. [45, 46], Рухлинский В.М. [47], Сакач Р.В. [48], Самойленко В.М. [49, 50], Смирнов Н.Н. [51], Чинючин Ю.М. [47, 51, 53], Шапкин В.С. [39]) в разное время были решены различные вопросы, касающиеся БП, связанные как с процессами эксплуатации, так и с другими направлениями.

ГА продолжает эффективно наращивать производственные показатели, однако случаются и отклонения в деятельности ГА, которые выражаются в виде авиационных событий (рис.1.8).

Правила расследования авиационных происшествий с ВС ГА вводят в действие ряд специфических терминов, таких как: авиационное происшествие, авиационный инцидент, катастрофа и пр.

Для международного сотрудничества в деятельности ГА, в том числе и по вопросам безопасности полетов в 1991 г. принят договор-соглашение о ГА и об использовании воздушного пространства, создан Межгосударственный авиационный комитет (МАК).

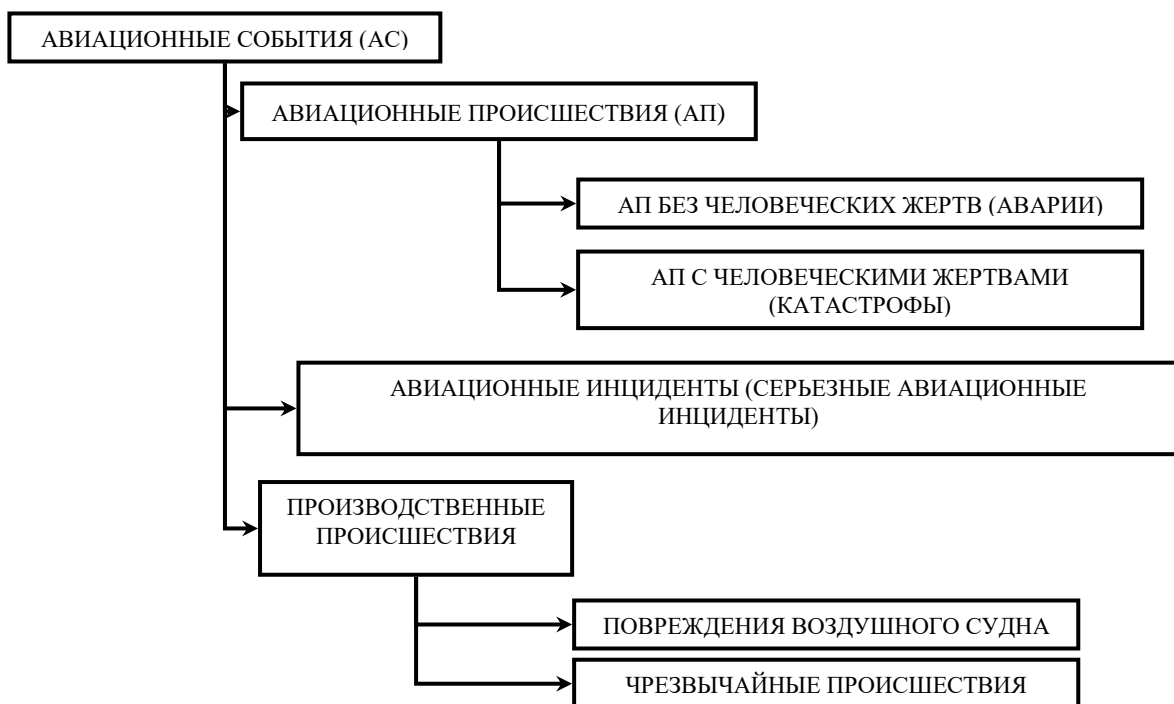


Рисунок 1.8 - Виды авиационных событий

Для сертификации, обеспечения безопасности полетов и прочего , используются одинаковые стандарты [53] и публикует регулярные отчеты. Так, в 2018 г. согласно [54] произошло: 58 АП, в том числе 25 катастроф (К) с гибелью 164 чел.; в коммерческой авиации имели место 34 АП, в том числе 15 К, погибли 143 чел.; в авиации общего назначения (АОН) произошло 24 АП, в том числе 10 К, погиб 21 чел. Большинство ВС принадлежит РФ (рис. 1.9).



Рисунок 1.9 - Распределение АП по государственной принадлежности ВС по данным МАК

По данным МАК за 2018 г. относительные показатели аварийности (рис. 1.10) в коммерческой ГА государств-участников Соглашения по всем АП остаются примерно на уровне 2016 г. и 2017 г., но при этом существенно хуже показателей за 2014 г. и 2015 г.

Безопасность полетов является одним из показателей качества предоставляемых транспортных услуг ГА. АП должны быть обязательно расследованы прежде всего для выявления причин АП и исключения их в дальнейшем. Избежать АП невозможно, но снизить их число реально. За последние 15-16 лет количество АП несколько увеличилось (рис. 1.11). Однако, первое, что связано с катастрофой – это человеческие жертвы (рис. 1.12).

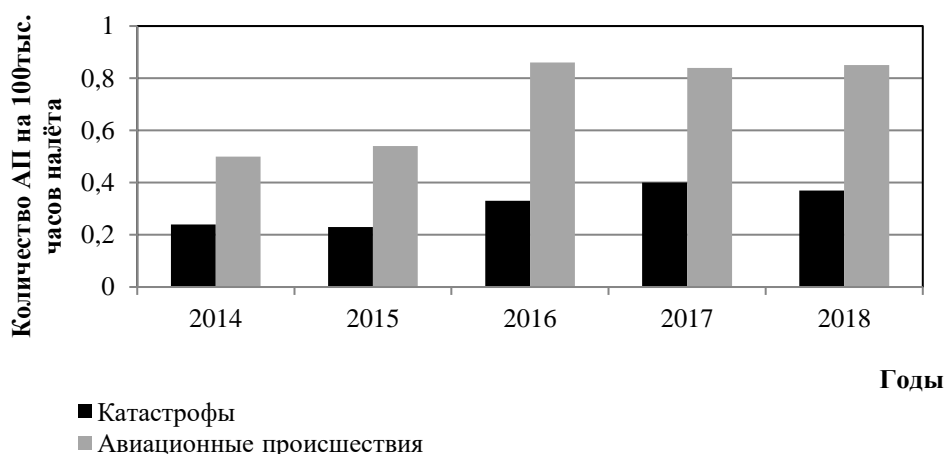


Рисунок 1.10 - Количество АП на 100 тысяч часов налета на всех ВС в ГА без авиации общего назначения (АОН) по данным МАК [35].

По данным Федерального агентства воздушного транспорта за 2010-2018 гг. количество АП на 1 млн. регулярных вылетов (рис. 1.13) в коммерческой авиации стран-членов ИКАО снижается, однако в РФ наблюдается скачкообразное поведение, но в целом понижение начиная с 2010 г. также есть.

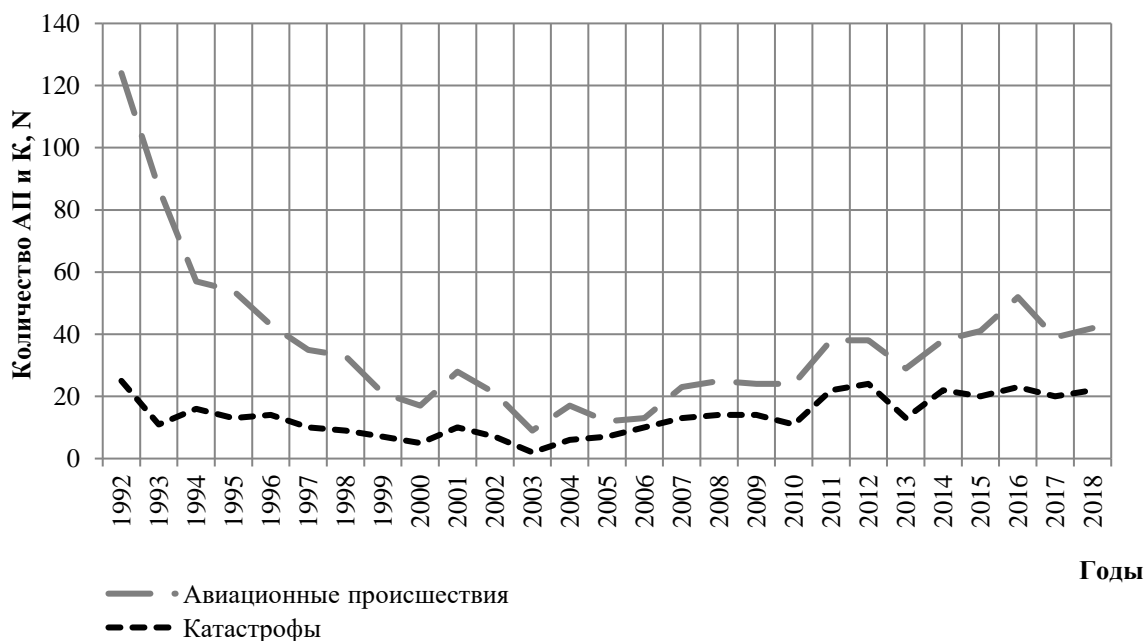


Рисунок 1.11 - Количество авиационных происшествий (катастроф) в период с 1992 по 2018 гг.

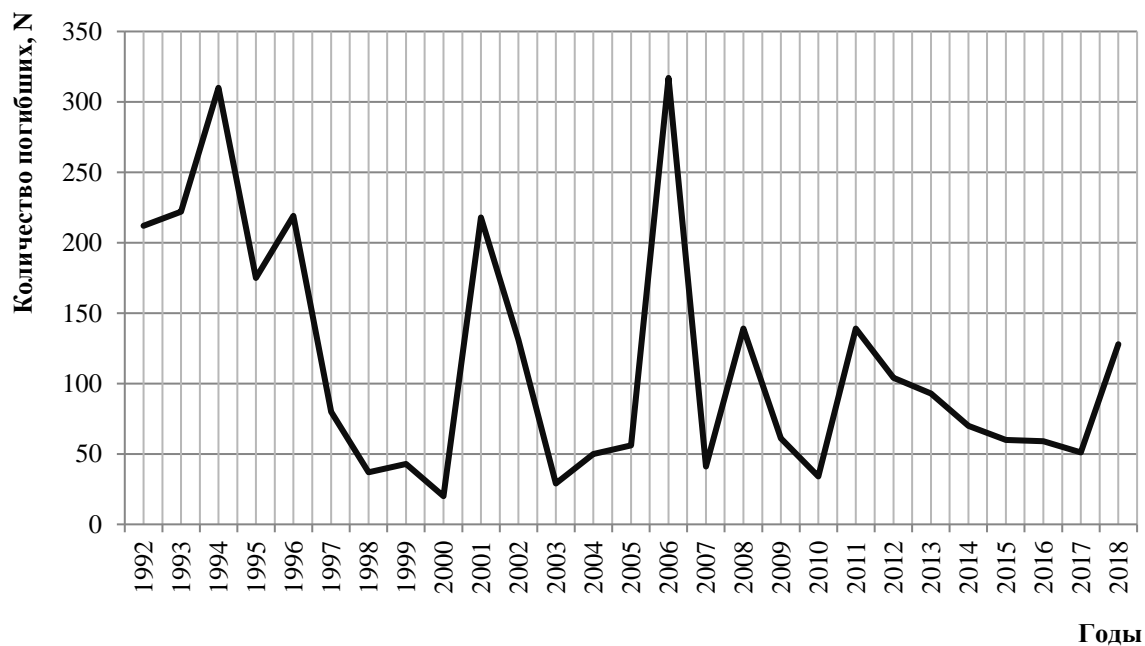


Рисунок 1.12 - Число погибших в катастрофах с ВС ГА за последнюю четверть века [53, 54]

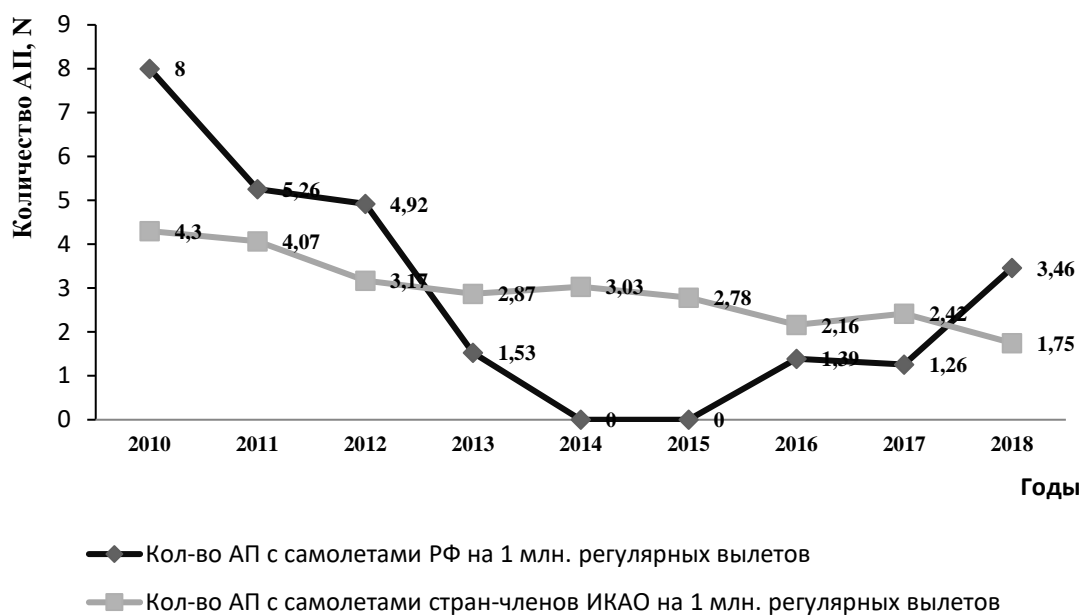


Рисунок 1.13 - Относительное количество АП на 1 млн. регулярных вылетов с самолетами коммерческой авиации в РФ и странах-членах ИКАО за 2010-2018 гг. [55]

Важным для БП являются причины АП, данные за последние два десятилетия на рисунках 1.14 и 1.15 [55].

В соответствии с [56] дается определение «чрезвычайной ситуации» (ЧС). К сожалению, как и во всех отраслях транспортной структуры, в авиации, несмотря на высокий рост производственных показателей, не обходится без отклонений в нормальном функционировании системы, что может привести к чрезвычайным ситуациям.

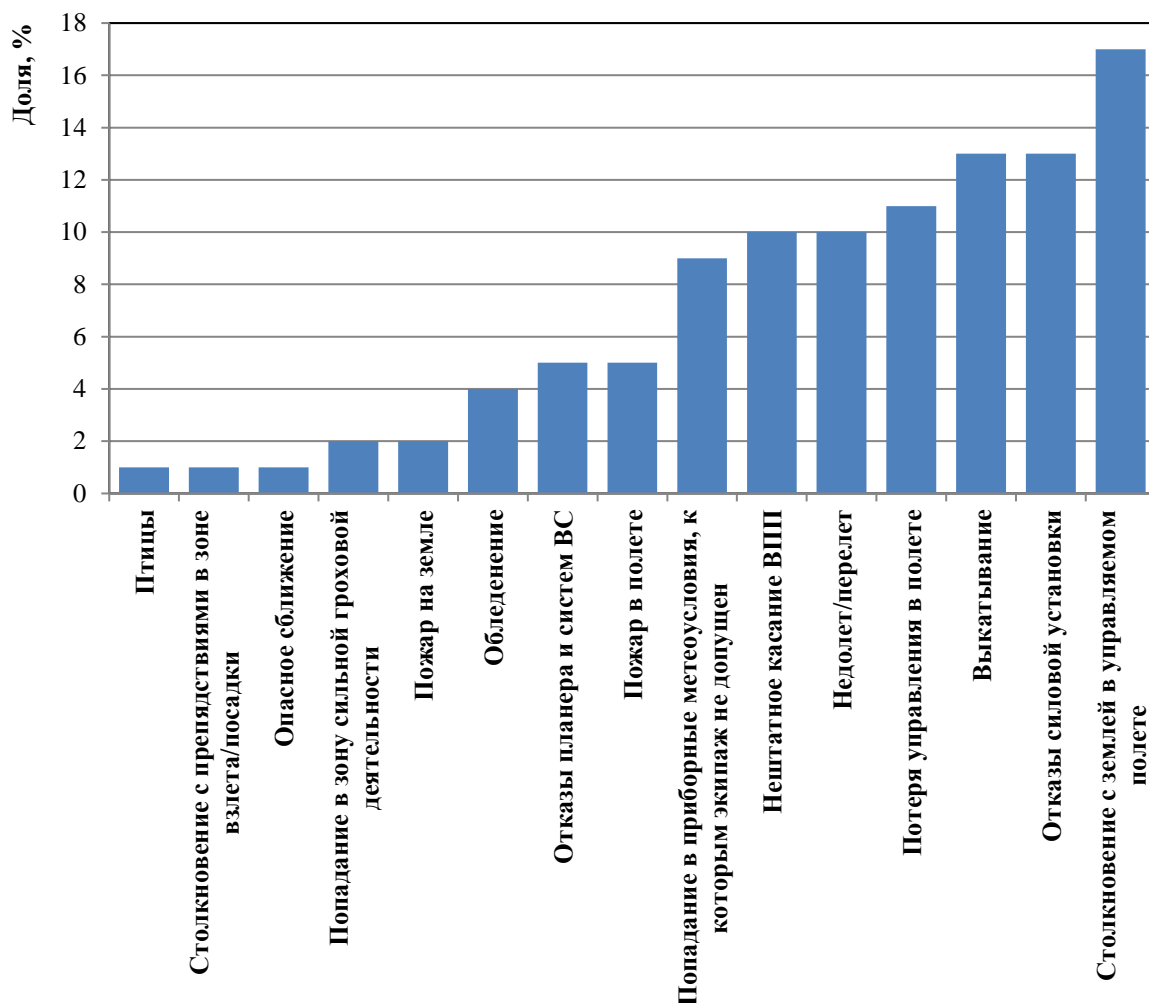


Рисунок 1.14 – События, приводящие к АП с самолетами коммерческой авиации ( 2010-2018 гг.)

Таким образом, важную роль в деятельности ГА занимают вопросы, связанные с безопасностью. Случающиеся АС безусловно являются отрицательным эффектом постоянного роста объемов работы ГА. В последние годы, количество АП и И снизилось по сравнению с 1990-ми годами, но риск возникновения все же остается и только мероприятия по снижению риска, воспитания культуры безопасности и много другое способны повлиять в лучшую сторону положения по БП.

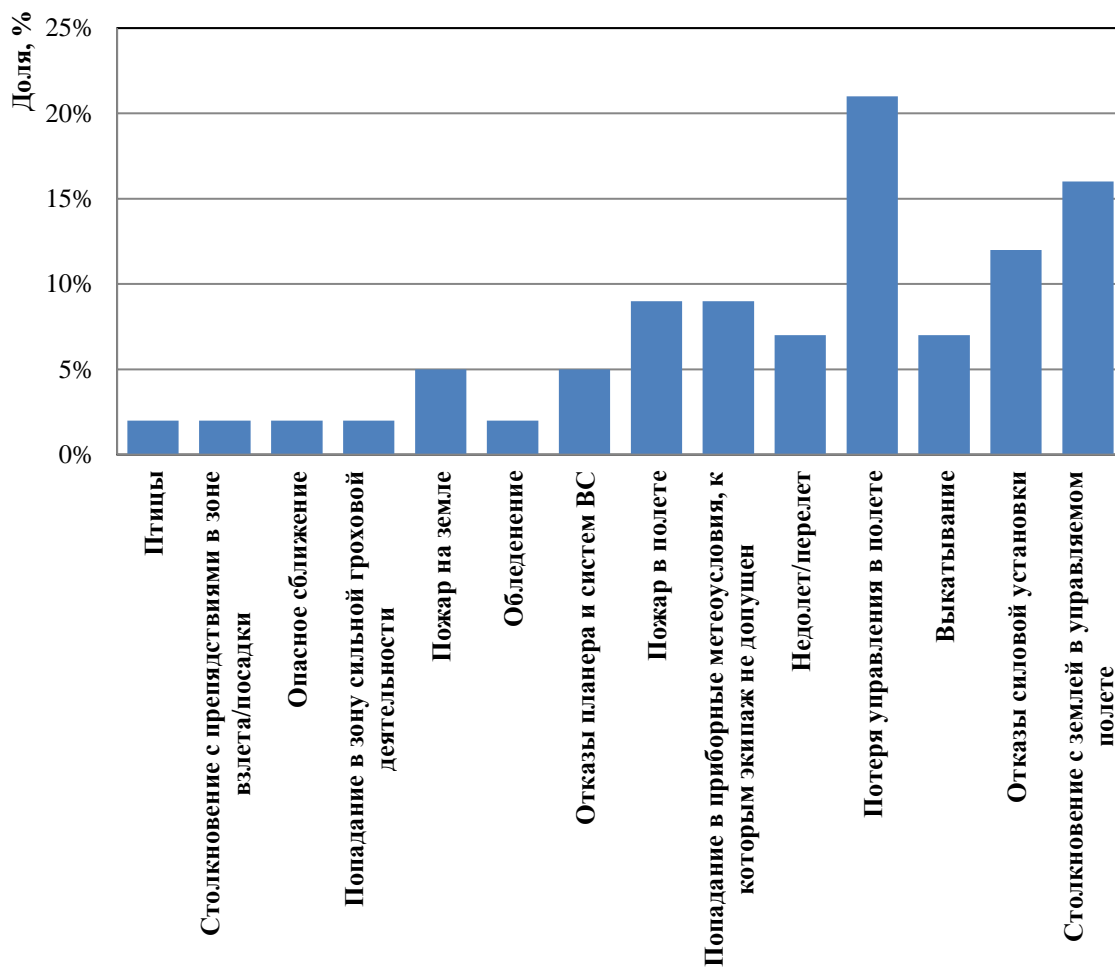


Рисунок 1.15 – События, приводящие к катастрофам с ВС коммерческой авиации ( 2010-2018 гг.)

#### 1.4 Особенности воздействия на экологические системы при авиационных происшествиях

В XX в. экологические показатели любой отрасли народного хозяйства возросли, поэтому в ГА эти требования вплотную приблизилась к главному требованию общества, предъявляемому к ВТ, – обеспечить необходимый уровень БП. В [5] отмечается, что термин БП понимается как недопущение потерь в результате АС в виде ущерба имуществу, человеческих жизней, ущерба ОС и т.п. Однако, АП в ГА происходят и обязательно связаны с локальным загрязнением ОС, которое носит аварийно-залповый характер, его

невозможно идеально точно определить по времени и месту, а так же по последствиям.

Экологические последствия АП могут быть не только прямыми (рис. 1.16), косвенные экологические последствия же связаны с многими обстоятельствами. Например, незамедлительное проведение аварийно-спасательных так же воздействует на ОС в виде ландшафтных нарушений, загрязнение природной среды происходит так же при ликвидации последствий техногенной ЧС.

Не стоит забывать, что значительная часть воздействия связана с аварийным ВС. Проливы авиаГСМ и СЖ от аварийного ВС загрязняют нефтепродуктами территорию поверхности суши и водных объектов, АП может сопровождаться пожарами в результате чего возникает тепловое загрязнение и химическое в виде продуктов сгорания. В случае возникновения особых ситуаций в полете, которые требуют незамедлительно совершить посадку, для уменьшения установленной для ВС посадочной массы необходимой мерой является аварийный сброс топлива и багажа.

Негативное воздействие на ОС зависит от разнообразных факторов (рис. 1.16) и, согласно [57], подразделяется на следующие два вида:

- экологический ущерб непосредственно от самого авиационного события (прямые экологические негативные последствия АС);
- экологический ущерб от событий, сопряженных с авиационным событием (косвенные негативные экологические последствия АС).

Материальный состав конструкции аварийного ВС, остатки коммерческой загрузки, пролитое авиаГСМ и СЖ, возникающий пожар и т.д. основные загрязнители ОС после случившегося по какой-либо причине АП. В состав ВС входит множество материалов (рис. 1.17, 1.18), которые тем или иным способом влияют на окружающую среду.

Современные ВС состоят в большинстве своем из углепластиков, композитов, алюминиевых сплавов, именно они и являются основными

загрязнителями при авиационных происшествиях. Одна из сложностей заключается в разбросе обломков самолета и их смешению между собой, соответственно их сложно сортировать, находить, вывозить, т.к. некоторые катастрофы могут происходить в лесах, болотах, горах и т.п.

Из материалов расследования: «...шасси остались лежать на вершине горы в области размером 60 на 30 метров ...» [58]. Или другой случай: «...Верхние части вертикального оперения были найдены примерно в 8 км северо-восточнее точки столкновения ...» [59].

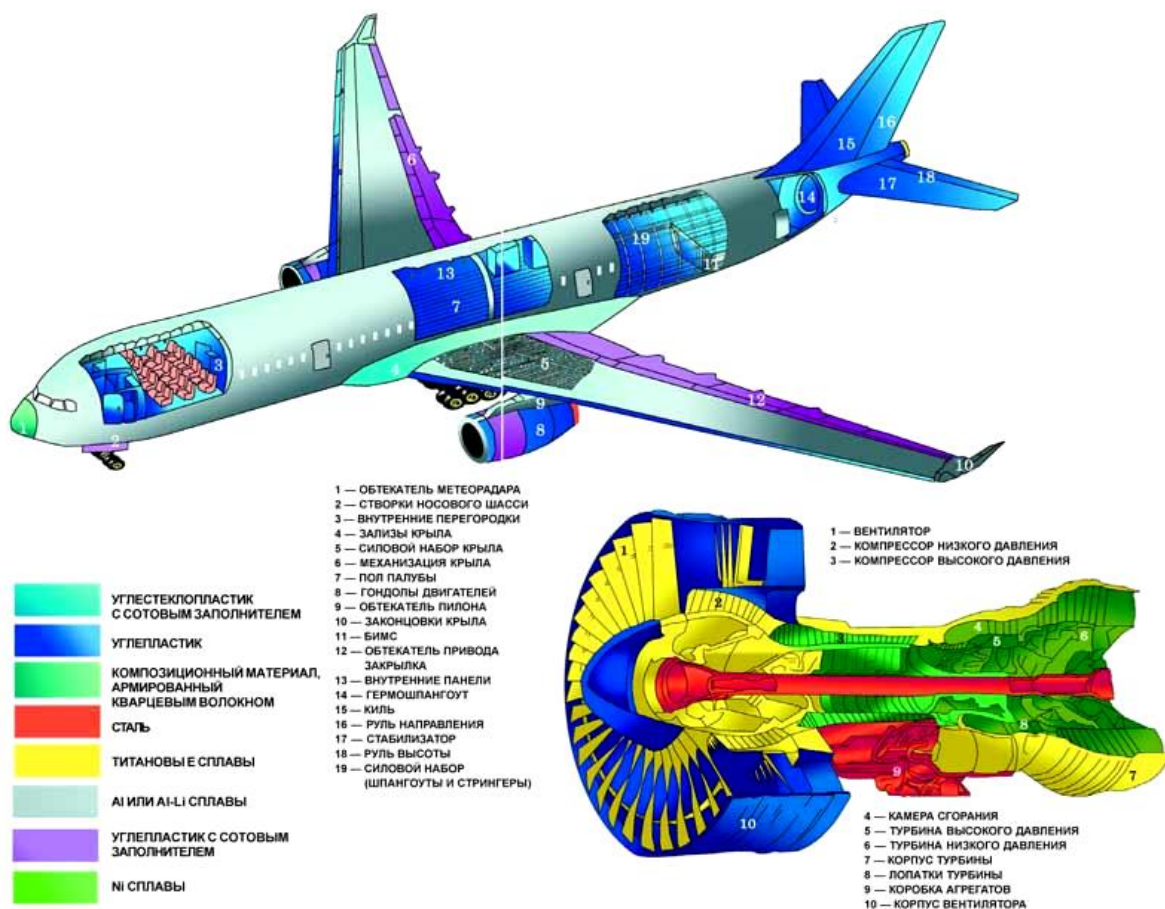


Рисунок 1.17 - материальный состав воздушного судна



Рисунок 1.16 - Классификация видов негативных экологических последствий авиационных событий [57].

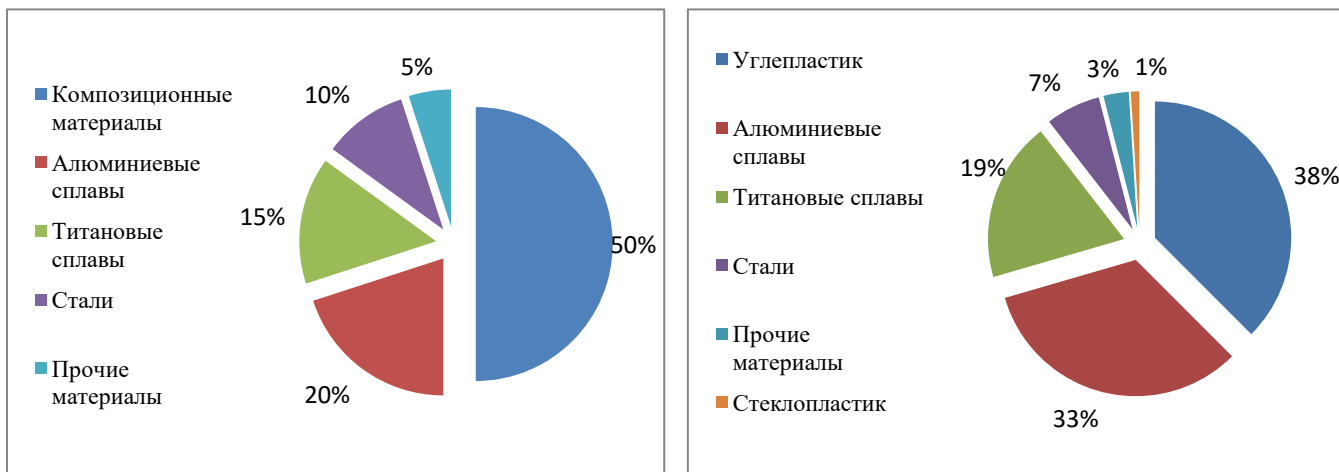


Рисунок 1.18 - материальный состав воздушных судов типа Боинг 787 Dreamliner (слева), SSJ 1XX и IRCUTMS 21 (справа)

Основными материалами отечественных воздушных судов являются сплавы алюминия, последнее время композиционные материалы (КМ) повышают свою долю (рис. 1.19)

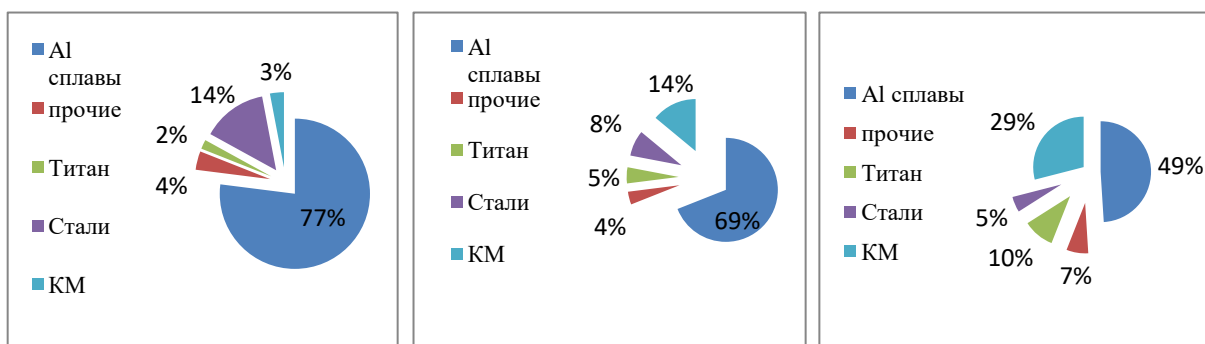


Рисунок 1.19 - материальный состав ВС типа Ту-134, -154,-154М 1960-1970 гг. (слева), Ту-204, -214, -334 1980-2000 гг. (в центре), Ту-204СМ, -204СМ2, -334 2010-2015 гг. (справа)

Резина, резиновые технические изделия (шины), дальнейшая эксплуатация которых после АП невозможна, являются источником

загрязнения ОС, т.к. они огнеопасны, не подвергаются разложению, а если загораются, то в атмосферу выбрасываются продукты сгорания, представляющие опасность для ОС. Также высокоопасным источником для ОС являются свинцово-кислотные аккумуляторы. Опасность свинца связана с его токсичностью и свойством накапливаться в организме. Соединения свинца обладают различной токсичностью. Современное Европейское законодательство, связанное с охраной ОС запрещает использование потенциально опасных металлов в авиапромышленности. Данные законы требуют утилизации таких металлов, как свинец, кадмий и шестивалентный хром и пр.

ВС содержит много различных химических веществ некоторые из которых обладают свойствами, представляющие опасность не только для исследователей, но и для ОС, в [60] отмечаются такие примеры как:

- Вайтон (синтетический резиноподобный материал, который содержит фтор);
- Литий (содержится в аккумуляторные батареи);
- Тионилхлорид (содержится в аккумуляторные батареи);
- Асбест (используется в теплозащитных материалах на и вокруг АД);

Стоит отметить некоторые авиаГСМ и СЖ, представляющие опасность для ОС. В качестве примеров опасных жидкостей для ОС можно привести синтетические пластичные (консистентные) смазки, в частности AeroShell Grease 7 (попадание данной смазки на(в) живой организм несет опасность для его здоровья, а утилизация смазки требует специальных условий). Синтетические гидравлические жидкости относятся к 2 классу опасности согласно ГОСТ 12.1.007 (особенно те, которые производятся на основе эфиров фосфорной кислоты). Объем гидравлической жидкости, например, в самолёте SSJ-100 составляет более 150 л, в случае АП попадание всего объема в ОС может привести к самым неблагоприятным последствиям локального характера.

Значительную нагрузку на ОС оказывает физическое воздействие, возникшее в результате АП в виде шума при падении, теплового воздействия пожара, возможного радиационного фона и т.п.

Радиоактивные материалы также используются в ВС, бывает, что дынные вещества перевозят в виде грузов (в частности транспортировка медицинского оборудования), для таких грузов существуют особые требования по транспортировке (особая упаковка). В целом радиоактивные вещества ВС не представляют большой опасности для ОС, однако могут представлять опасность если после сжигания попадают в дыхательные пути и органы пищеварения живых организмов в виде пыли. Примерами радиоактивных веществ могут быть:

- обедненный уран (присутствует в некоторых версиях ВС Boeing 747, Lockheed C-130 Hercules);
- торий (используется в компонентах авиационных двигателей, в кожухе коробки передач ВС);
- тритий, точнее газ трития (используется для подсветки индикации аварийных выходов в основном на некоторых военных ВС);
- америций (используется в некоторых инфракрасных системах переднего обзора (FLIR));
- криптон (используется в системах индикации уровня масла);
- стронций (используется в системах обнаружения обледенения и системах индикации трещины несущего винта вертолета)

Из материалов расследования: «...Выдан АКТ на обнаружение и изъятие радиоактивных устройств ВС. Комиссия обнаружила на месте АП радиоактивные устройства СКНА-22-2А(3шт.) авиадвигателей Д-30ку-154 и СКНР-22-0,5А сеер.2 ВСУ... Произведена дозиметрическая разведка мест обнаружения и самих изделий представляет спецкомбинат «Радон» - радиационное загрязнение отсутствует, мощность эквивалентной дозы в

районе АП не превышает показаний естественного фона. Указанные изделия уложены в металлическую тару...».

Биологическое загрязнение также негативно воздействует на биоценозы ОС. АП может послужить причиной возникновения таких условий, при которых будут комфортно себя чувствовать и стремиться распространиться компоненты биологического загрязнения. На борту ВС по мимо пассажиров находятся и готовая пища и, соответственно, ее отходы. При АП практически все люди погибают, пока происходит процесс поисково-спасательных работ, происходит другой процесс – процесс гниения, который и служит идеальной средой развития микроорганизмов, бактерий и вирусов.

Источники биологического загрязнения находятся в обломках кабины экипажа, элементов салона, грузового отсека, а могут находиться на земле. Особую опасность представляет зараженные различными вирусами биологические материалы погибших, особенно зараженная кровь. Необходимо сразу принимать меры предосторожности, т.к. поисково-спасательные расчеты, полиция, расследователи могут служить распространителями биологического загрязнения.

Воздействие на ОС от других ВС также является важным при учете всей негативной нагрузки. Воздействие в виде выбросов вредных веществ от авиационных двигателей можно условно разбить на:

- Выбросы при использовании ВС в поисково-спасательных операциях;
- Выбросы около аэропорта(ов), т.к. десятки ВС обычно отправлены на запасные аэродромы, происходит задержка вылетов.

Безусловно, при бедствии большие силы и средства брошены на поисково-спасательные операции и важность данного рода действий практически не оспаривается.

Согласно [61, 62] термин «Поиск» можно определить как операцию по определению местонахождения лиц, терпящих бедствие. Такая операция

координируется соответствующим центром с использованием персонала и средств для поиска и спасания.

Система поиска и спасания включает в себя достаточно большие по объему работы. Деятельность поисково-спасательных расчетов происходит сразу, как поступила первичная информация.

При поисково-спасательных операциях возникает воздействие на ОС от ВС участвующих в данном мероприятии. Различные методы поиска места АП определяют область поисково-спасательных работ, а следовательно объем нагрузки на ОС, например выбросы в процессе работы двигателей спасательных средств. Данные выбросы зависят от используемых средств поиска и спасания и выбранных схем поиска, таких как:

- поиск по расширяющимся квадратам;
- секторный поиск
- поиск с обследованием линии пути;
- поиск с параллельным обзором линии пути;
- контурный поиск (Рис. 1.20);
- координируемый поиск, например, с участием морского транспорта и т.п.

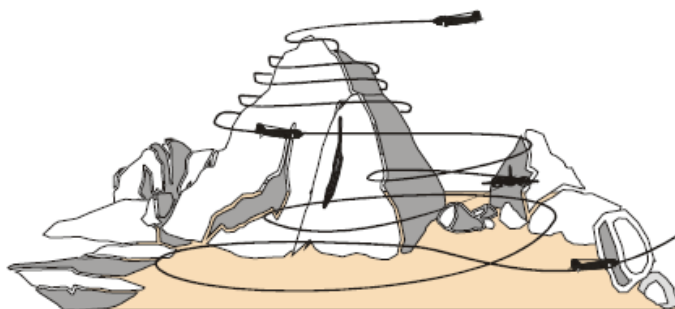


Рисунок 1.20 – Схема контурного поиска [62].

Организация поиска и спасания в зоне авиационно-космического поиска и спасания (АКПС) происходит согласно соответствующей инструкции [63]. Требования к структуре и содержанию указанной инструкции устанавливаются Росавиацией согласно [64].

Приказом Росавиации [65] утверждаются:

1. перечень мест дислокации поисковых и аварийно-спасательных сил и средств;
  2. общее количество дежурных поисково-спасательных ВС;
  3. типы дежурных поисково-спасательных ВС;
  4. перечень мест дислокации спасательных парашютно-десантных групп;
  5. места дислокации аварийно-спасательных команд аэропортов;
- и т.д.

Основным типом дежурных поисково-спасательных ВС, установленные Приказом Росавиации, являются Ми-8, Ан-2, Ан-26, Ан-30, Ка-27, Ка-32. В таблице 1.4 представлены типы ВС, находящиеся на дежурстве по зонам АКПС, согласно [66].

Таблица 1.4 Дежурные силы и средства по зонам авиационно-космического поиска и спасания по состоянию на февраль 2020 г.

№ п/п	Зона АКПС	Типы дежурных поисково-спасательных ВС
1	Центральная	Ми-8, Ан-26
2	Северо-Западная	Ми-8, Ан-26 Э, Ан-30 Э
3	Южная	Ми-8, Ан-26
4	Приволжская	Ми-8, Ан-26
5	Уральская	Ми-8, Ми-8 Э, Ан-26
6	Сибирская	Ми-8, Ан-26
7	Дальневосточная	Ми-8, Ан-2, Ан-26, Ан-30 Э,

За 2019 г. дежурство осуществляли 80-98 экипажей ВСГА, в том числе: вертолетов - 61-75, самолетов – 19-23. В этом же году проведено 37 поисково-спасательных операций (23 по ВС, терпящим или потерпевшим бедствие [67]).

Процесс поиска и спасания, возникающий после произошедшего АП, необходимо отнести к косвенному воздействию на ОС. При использовании поисково-спасательные ВС, стоящие на дежурстве, возникает воздействие на

ОС в виде авиационного шума и эмиссии загрязняющих веществ авиационными двигателями. Таким образом, можно заблаговременно подготовить информацию для расчета негативного воздействия на ОС (выбросы химических веществ от авиационных двигателей) сил и средств использованных в поисково-спасательных операциях.

Особо важную роль играет воздействие на окружающую среду от процесса расследования, ликвидации последствий АП, работ по поиску и спасанию. Данное воздействие выражается в следующих положениях:

- Проведение дезинфекционной и санитарной обработки местности. Пример из материалов расследования: «... Обработка проведена 0,25% раствором Гинохлорида кальция...» [68]. Еще пример: «...Обработка произведена дезинфекционным средством Клорсепт-25 0,1% раствором ...»[69]

- Посещение места авиационного происшествия экспертами по расследованию, а следовательно влияние на окружающую среду проявляется в вытаптывании территории на месте АП (ландшафтные нарушения) и на пути к нему, а место АП может находиться в разных местах. Объём негативного воздействия на ОС при АП в значительной мере зависит от типа территории, на (над) которой оно произошло. Распределение по характерным группам АП с военными ВС за период 1975-1991 гг., приведено в табл. 1.5 [70], с ВС гражданской авиации за 2018 г. приведено в рисунке 1.21, с самолетами типа А-321, -320, GulfstreamG200, Ан-12, -24,-26, -28, -148, RRJ-95В, Boeing 737, 747, Cessna 550 Bravo, Л-410, Embraer (Legacy 500), Fokker 100, ВАе-125, Ил-76ТД, Ту-204, -154Б, -134, Falcon 50ЕХ, BeechcraftВ-300, CRJ-200, АTR-72, Як-42 за 2011-январь 2020 гг. приведено в рисунке 1.22.

Таблица 1.5 Распределение АП по месту падения (столкновения) военных ВС, по [70].

Место падения ВС при АП	Количество случаев, %
Район аэродрома	25-30
Посевные площади	15-20
Не окультуренные площади (болота, возвышенности, луга)	20-25
Лесные массивы	15-20
Водоемы	3-5
Строения	2-5

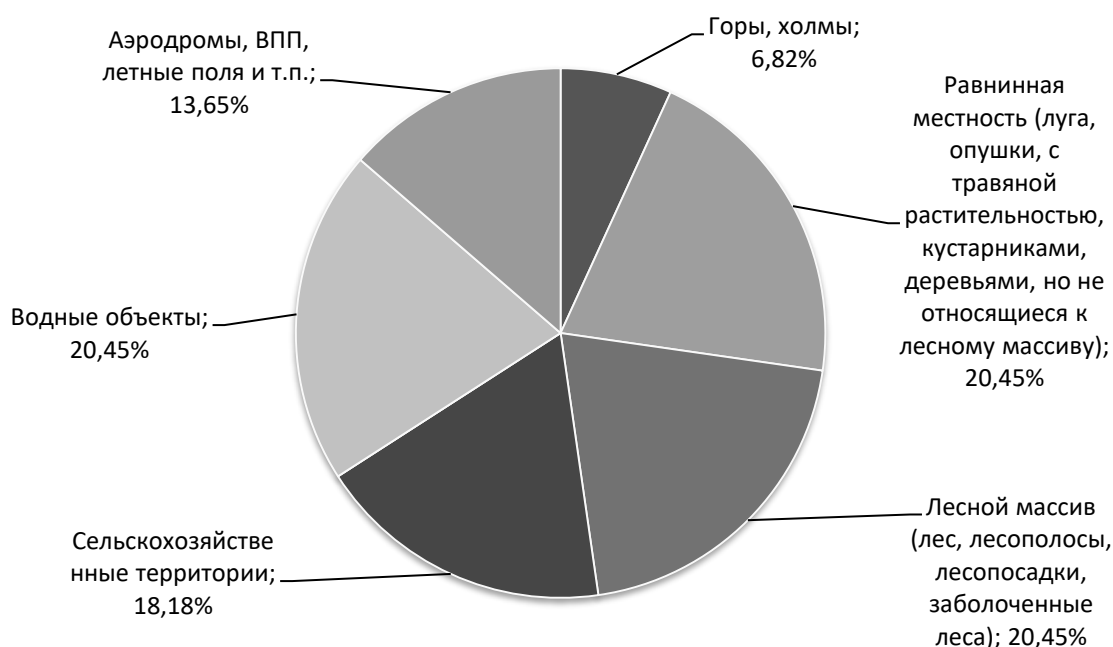


Рисунок 1.21 - Распределение мест АП по категориям с ВС ГА за 2018 г. по данным МАК

- Загрязнение автотранспортом, с помощью которого вывозят нужные материалы для нужд расследования и оставшиеся части ВС, для дальнейшей их утилизации, переработки, захоронения.

Каждое механическое средство, оборудование и приспособление оказывает влияние на окружающую среду. Вред может быть выражен как в выбросах загрязняющих веществ от работы двигателей тракторов, бульдозеров, кранов и т.п., так и в количестве поврежденных растений, изменение природного ландшафта.

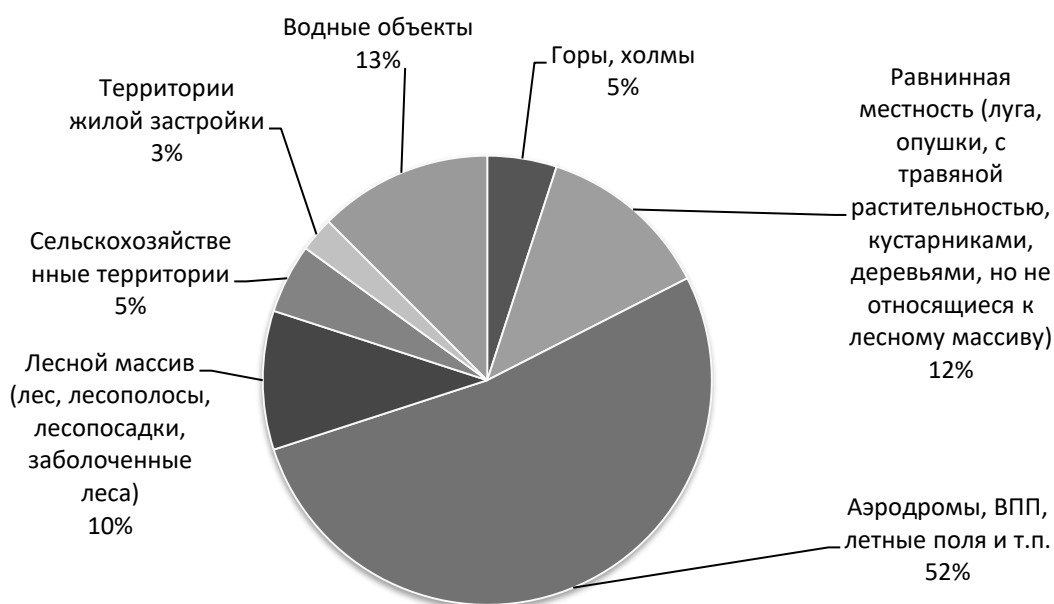


Рисунок 1.22 - Распределение мест АП по категориям с ВС ГА за 2011-январь.2020 гг. с самолетами типа А-321, -320, GulfstreamG200, Ан-12, -24,-26, -28, -148, RRJ-95В, Boeing 737, 747, Cessna 550 Bravo, Л-410, Embraer (Legacy 500), Fokker 100, ВАе-125, Ил-76ТД, Ту-204, -154Б, -134, Falcon 50ЕХ, Beechcraft В-300, CRJ-200, АTR-72, Як-42 по данным Межгосударственного авиационного комитета (МАК)

Еще одним видом воздействия на ОС являются электротехнические отходы. Данного рода отходы образуются от насыщенного бортовым оборудованием ВС, а также от наличия у членов экипажа и пассажиров современных смартфонов, планшетов, ноутбуков и прочих электронных средств. Обращение с такого рода отходами требует отдельного процесса как сбора и хранения, так и утилизации, т.к. в них содержатся драгоценные металлы и материалы, присутствуют смеси различные по структуре и виду материала, источники излучения (ультрафиолетовое, ионизирующее, тепловое и т.п.).

Определенного рода опасность оказывают остатки от бортового питания пассажиров, которые являются смесью всякого вида пищи и упаковочного материала, в т.ч. и многослойную упаковку фирмы Тетра Пак. Авторы работы [22] выделяют 6 слоев (полиэтилен (20%), картон (75%), фольга из алюминия (5%).

### **1.5 Критерии и методы оценки негативного экологического воздействия**

Вопросы оценки воздействия на ОС в настоящее время становятся всё более актуальными, что заставляет человечество изобретать и совершенствовать технические процессы таким образом, чтобы нагрузка на окружающую среду была минимальной или вовсе отсутствовала в том или ином виде воздействия.

Методика оценки воздействия на ОС и ее применение зависят от многих факторов: условия среды, место, характер воздействия и т.п. Согласно [71] методы интегральной оценки принято делить на несколько групп, например, стоит отметить методы, где выделяется какой-либо укрупненный показатель или методы и методики, которые учитывают только экономический ущерб (монетарная оценка), так же стоит выделить методы, где определяют экологические индикаторы (экоиндикаторы).

Каждый из методов имеет свои положительные и отрицательные стороны. Так, например, работе [71] отмечается, что методики по выделению укрупненных показателей воздействия на ОС учитывают определенное количество показателей (технологические, технические, экономические и т.п.), которые в итоге сравниваются и производится экспертная оценка, главный минус заключается в субъективности данных оценок. Методы использующие экоиндикаторы, которые необходимо выбрать для конкретных случаев, учитывают каждое воздействие на ОС, но для его

отображения необходимо применении различных вариантов весовых коэффициентов.

При использовании методов, связанных с экономическим ущербом, можно столкнуться с различными проблемами, например, подобный расчет может потребовать большого количества различных данных, которые сложно точно оценить или с маленькой погрешностью. В [72] при определении термина «вред» отмечены такие составляющие негативного изменения ОС в результате ее загрязнения как: «гибель или потеря здоровья людей, гибель или потеря здоровья животных, разрушение объектов и сооружений, деградация экосистем, разрушение экосистем, деградация природных комплексов и ландшафтов, разрушение природных комплексов и ландшафтов». Достаточно сложно экономически оценить данные составляющие.

Экономическая оценка воздействия на ОС, представленная в [73] учитывает затраты на: «проведение мероприятий по ликвидации загрязнения и его последствий; расследование аварий, в случае возникновения; восстановление здоровья населения; восстановление свойств имущества; восстановление ОС; эвакуацию людей с загрязненной территории; временное отселение людей с загрязненной территории», а также компенсационные выплаты (при травмах, гибели людей и т.п.);

Величина вреда ОС может зависеть от уровня загрязнения земель, водных объектов, атмосферного воздуха, гибели живых организмов и зеленых насаждений.

В документе [74] представлен вариант расчета величины вреда ОС (формула 1.1), где суммируются размеры вреда от загрязнения земель, водных объектов, атмосферного воздуха, уничтожения растений.

$$Bp_{OC} = Bp_z + Bp_B + Bp_a + Bp_{3H} \quad (1.1)$$

Для расчета загрязнения земель необходимо учитывать затраты на приведение загрязненной территории до уровня нормативных требований с

учетом стоимости поврежденных различных элементов участка. Так, например, в [74] указано, что вред от захламления земель ( $Vp_{\text{захл}}$ , формула 1.2) учитывает затраты на процессы обращения с отходами ( $ЗВ_{\text{захл}}$ ), а также стоимость земельного участка с учетом затрат на восстановление со всеми особенностями согласно нормативным требованиям ( $СЗУ_{\text{захл}}$ ):

$$Vp_{\text{захл}} = ЗВ_{\text{захл}} + СЗУ_{\text{захл}} \quad (1.2)$$

Не редко пожар возникает как результат АП. Поврежденное ВС, багаж, пролитое топливо, и многое другое, что находится около места АП может стать частью пожара (из [73]: «Пожар — это неконтролируемый процесс горения, причиняющий ущерб, вред жизни и здоровью людей, интересам общества и государства»).

Проблемы пожаров в производственных помещениях и их последствия показаны в работе [75], там же предложены различные противопожарные мероприятия. Своевременное проведение таких мероприятий позволяет предотвратить выбросы продуктов горения в атмосферный воздух.

За основу методики определения размера вреда, который причинен ОС в результате пожара в результате АП, целесообразно воспользоваться методикой из [76], в которой отмечены общие принципы определения размера вреда ОС (выбросы в атмосферный воздух) в результате пожара:

- оценка размера вреда ОС производится по установленным таксам;
- подсчет убытков включает в себя недополученные доходы от различных случаев;
- осуществление платы за процедуры по определению размера причиненного вреда и прочие исследования (например, определение состава и количества горючей среды);
- подсчет убытков включает в себя затраты на оценку вреда;
- подсчет убытков включает в себя затраты на проведение мероприятий по ликвидации последствий загрязнения атмосферного воздуха;

- подсчет убытков включает в себя затраты на компенсационные выплаты.

Для определения размера вреда атмосферному воздуху в результате его загрязнения от пожара согласно [76] необходимо:

- рассчитать массу выгоревших веществ и материалов (в зависимости от различных вариантов расчета необходимо знать следующее: площадь пожара, глубина выгорания, массовую скорость выгорания материала (таблица 1.6), время пожара, плотность горючего вещества);
- рассчитать приведенный удельный вред, который учитывает: количество продуктов горения, таксу убытков; удельную массу продуктов горения;
- рассчитать вред ОС, для расчета которого необходимо знать: количество горючих веществ и материалов; массу горючих материалов или веществ; приведенный удельный вред; затраты на проведение оценки причиненного вреда (включая затраты на проведение лабораторных анализов).

Таблица 1.6 Примеры средней скорости выгорания различных веществ и материалов, по [76]

Горючий материал (вещество)	Скорость потери массы, $\text{г} \cdot \text{м}^{-2} \cdot 10^{-6}$
Бензин	61,7
Нефть	28,3
Шерсть	20,0
Резина	11,2
Мазут	34,7
Органическое стекло	16,1
Турбинное масло	30,3
Дизельное топливо	48,0
Полистирол	14,4
Пенополиуретан (ППУ)	2,8
Каучук натуральный	19,0
Каучук синтетический	13,0
Керосин	41,5
Полиэтилен	10,3
Радиоматериалы: полиэтилен, полистирол, полипропил, гетинакс	17,7
Электротехнические материалы: текстолит, карболит	7,6

Также воздействие на ОС можно оценить как вред, нанесенный растительности. Данный вид вреда возникает в случае падения воздушного судна на территорию, на которой до этого росли деревья и кустарники, располагался травяной покров, цветники и которые будут уничтожены в результате падения ВС. При определении размера такого вреда учитывается следующее: повреждение и (или) уничтожение конкретного вида зеленого насаждения (деревья, кустарники, цветники, травяной покров); породы различных зеленых насаждений с учетом: ценности породы, социально-экологической значимости, водоохранной ценности, местоположения, редкости вида для конкретной территории значимости (историко-культурная, природоохранная и рекреационная)

Ущерб, наносимый ОС в ГА от АП, традиционно входит в расчет экономического ущерба, нанесенного имуществу ГА, третьим лицам. В результате АП при столкновениях ВС с поверхностью земли происходят разрушения ВС, взрывы и пожары, выбросы вредных веществ, топлива, что приводит к повреждению ОС. В густонаселенных районах могут быть разрушены и повреждены жилые постройки и промышленные сооружения. В табл. 1.7, на рис. 1.21 и 1.22 приведены данные, характеризующие тип места падения ВС при АП, видно, что наиболее часто ущерб при АП наносится таким элементам народного хозяйства, как аэродромы, полигоны, посевные или некультуренные площади, лесные массивы. Устранение последствий АП требует затрат на восстановление (рекультивацию) поврежденных площадей, удаление вредных веществ с места падения, компенсацию потерь урожая, выплату исков со стороны сельскохозяйственных, промышленных предприятий и частных лиц.

Эксплуатант ВС несет ответственность за ущерб причинен воздушным судном в полете. Экологический ущерб по [77] возмещается в мере, которая предусматривается законом страны, на территории которого причинен ущерб. Также в Конвенция о возмещении ущерба, причиненного ВС третьим

лицам расписан весь процесс компенсации нанесенного ущерба в т.ч. и связанный с негативным экологическим воздействием.

В Гражданской авиации по требованиям ИКАО в области охраны ОС акцент сделан на 2 составляющие эксплуатации ВС: шум и выбросы от авиационных двигателей вредных веществ. Оцениваются данные компоненты по установленным нормативам (уровням), превышение которых карается определенными санкциями.

Для нормирования шума ВС в большинстве случаев используются критерии шума, основанные на оценках шумности. Например, Приложение 16 к Конвенции ИКАО предлагает более десяти стандартов с нормативами шума для разнообразных категорий ВС, которые оцениваются главным образом эффективным уровнем воспринимаемой шумности EPNL. Нормирование эмиссии авиационных двигателей (АД) определяется их типом, годом производства (ввода в эксплуатацию) и выполняется для четырех видов химических загрязняющих веществ (ЗВ): окислов азота, окиси углерода, газообразных суммарных углеводородов и сажи (твердая фаза углеводородных несгоревших веществ) [78].

В [78] показана модель риска для третьей стороны от возможного авиационного происшествия. Данного рода расчеты демонстрируют лишь вероятностную характеристику воздействия на ОС от АП в том или ином месте. Также допускается математическая связь между размерами самолета и зоной разброса обломков. В отчетах об АП максимальный вес при взлете используется в качестве меры определения размера самолета. Для 80 % случаев области разброса обломков находятся в пределах площади 2000 м<sup>2</sup>.

## **1.6 Постановка задачи исследования**

Исходя из вышеизложенного следует, что ГА находится на передовых позициях современных технологий и технического оснащения. Отлаженная система эксплуатации ВТ за последние годы работает практически без сбоев

и нештатных ситуаций, однако исключить полностью их невозможно (в частности, из-за человеческого фактора). Поэтому полученная негативная ситуация в виде АС вынуждает проводить серьезную работу по расследованию причин случившегося и срочно заниматься вопросами ликвидации последствий.

Любое АС нежелательно для ГА в каком-либо виде, но все же самым негативным остается АП с человеческими жертвами (катастрофа) [35]. Массовая гибель людей делает АП трагедией мирового уровня, однако и ОС нанесен определенный вред. Воздействие на ОС многогранно, требует детальной проработки каждого вида воздействия. Сложность заключается не только в достаточно большом перечне воздействия косвенного и прямого видов, но и в том, что действия, направленные на само АП (поиск и спасание, сохранение улик от пожара и условий внешней среды, расследование) практически не включают действия по снижению отрицательной нагрузки на ОС.

Действующие нормативные акты частично или вообще не раскрывают обязанности руководства ГА и непосредственно людей, занимающихся делами, связанными с АП. Важность и оперативность действий и тактик по снижению данного воздействия очевидна и требует проработки не только методики данных действий, но решения данных задач в основных документах ГА РФ и ИКАО.

Исходными данными для решения задачи по оперативному снижению нагрузки на окружающую среду являются:

1. аварийное ВС (частично или полностью разрушенное);
2. действия на месте АП руководящих органов управления делами ГА (региональное управление (РУ) Федерального агентства воздушного транспорта) прописанные в нормативной базе;
3. особенности воздействия на ОС;
4. особенности проведения расследования на месте АП;

5. существующие методики снижения нагрузки на ОС, которые можно использовать на месте АП.

В настоящей диссертации аварийным ВС, является ВС (поврежденное ВС, обломки ВС, потерпевшее бедствие ВС), которое получило определенное повреждение или полностью разрушилось как результат АС (в частности АП).

## **Глава 2 МОДЕЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ АВИАЦИОННЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ.**

### **2.1 Физико-химические и геотехнические системы, формируемые в условиях авиационных происшествий**

Эколого-экономический анализ негативных событий в процессе деятельности гражданской авиации целесообразно [79] выполнить развивая теорию физико-химических и геотехнических систем [80, 81]. Оценку такого негативного события как авиационное происшествие (АП) и процессов, связанных с ним, предлагается выполнить в соответствии с алгоритмом и методикой анализа антропогенного воздействия на геотехническую систему на территории места АП [82], изначально допуская наличие определённых отраслевых особенностей, связанных с действующими международными правилами расследования и анализа соответствующих событий [35].

Современная отраслевая система понятий, терминов [35, 83] даёт определение АС как негативным событиям, происходящим в процессе авиаперевозок, а также классифицирует их. Наибольший вред, наносимый ОС при АС имеет место при АП.

В работе [84] предложены понятия «Геотехнической системы» (ГТС) и не природной «Физико-Химической Системы» (ФХС). Авторами [80, 81, 84] эти понятия анализируются для комплексов, создающихся в местах расположения крупных территориально-производственных комплексов .

Для комплекса транспортных предприятий в изданиях [20, 79, 82] выделяется иерархическое распределение вышеупомянутых систем, учитывающее их взаимодействие с биосферой.

АП и прочие работы, связанные с данным событием, включают в себя множество различных процессов, и предлагается рассматривать данные действия как полноценную отдельную систему, которая включает в себя природные объекты и технические сооружения и средства. Теория ГТС и

ФСХ предполагает взаимодействие и взаимообмен между ОС и техническими объектами, АП также порождает подобные совокупности, в которых происходит обмен веществами, энергиями, информацией.

Таблица 2.1 Иерархия ФХС и ГТВ для транспорта [20, 79].

Уровень	Наименование
1-й	Устройство (аппарат или машина)
2-й	Технологическая линия
3-й	Авиапредприятие
4-й	Транспортный (промышленный) узел
5-й	Территориально-производственный транспортный комплекс

Таблица 2.2 Объекты транспорта и образующиеся зоны воздействия [57]

Примеры	Последствия АП
<b>1-й уровень</b>	
Двигатели	Техническое обслуживание. Задержки рейса.
<b>2-й уровень</b>	
Воздушное авиационно-транспортное средство, автосредство	Спасание, расследование. Пожары, утилизация техники, отмена рейсов.
<b>3-й уровень</b>	
Аэропорт,	Разрушение сооружений, зданий, техники. Ремонтно-восстановительные работы. Закрытия аэродрома.
<b>4-й уровень</b>	
Территория, окружающая аэродром.	Негативное экологическое воздействие из-за пожаров, ремонтных работами и закрытия аэродрома
<b>5-й уровень</b>	
Населённый пункт с аэропортом.	Риск масштабных негативных событий нулевой.

Важно отметить, что на фоне различных достаточно стабильных транспортных ГТС в случае АП формируется ГТС относительно малая по размеру, отличительной особенностью которой является аварийно-залповый характер создания и последующей диссипации. Поэтому классификацию из работ [79, 82] предлагается модифицировать для ситуаций, возникающих в негативных авиационных ситуациях как показано в таблице 2.1 (опубликовано в работах [85, 86]). Используя иерархию с классификационными признаками, были разработаны примеры объектов

транспортных систем, которые образованы в виде экстремальных антропогенно-аварийных зон (таблица 2.2).

## **2.2 Имитационная модель экологического воздействия авиационных происшествий.**

Разработанная имитационная модель учитывает взаимное влияние факторов воздействия АП на ОС различных видов между собой и на общий размер загрязнения ОС.

Как указано ранее (Рис. 1.16) воздействие на ОС бывает прямое и косвенное. При этом прямое воздействие кратковременно с постепенным уменьшением, а негативное косвенное воздействие на ОС может накапливаться со временем, но также постепенно убывает.

Для минимизации негативного воздействия АП на реальные экосистемы проводятся различные мероприятия, которые в модели будем называть регулировками. Величина, на которую сокращается показатель негативного воздействия, пропорциональна интенсивности регулировок. При этом под интенсивностью регулировок (выполнения регулирующих действий) понимается число единичных регулировок в единицу времени.

Единичная регулировка – это выполнение некоторого мероприятия в небольшом (единичном) объёме (количестве).

В качестве одного из примеров можно рассмотреть создание защитного сорбционного барьера мгновенно невозможно (его длина может составлять от 500 м до 2 ... 3 км), поэтому по контуру места происшествия создается (выкапывается) траншея, в которую закладываются некие элементы в виде, например, матерчатого рукава, наполненного сорбентом (например, активным углем). В данном случае единичная регулировка – это траншея длиной 1 метр с заложенным в нее метровым рукавом (рукав длиной 1 метр) с сорбентом. В связи с этим получены, например, следующие варианты действий:

1. Создавать защитный барьер можно начав работу в любой одной точке контура и закончить работу в той же точке.

2. Работу можно начать одновременно в 5 точках и работать в 5-ти соответствующих местах до получения замкнутого контура. Во 2-м варианте действий интенсивность регулировки будет в 5 раз больше.

3. Создание нескольких небольших сорбционных барьеров вокруг элементов аварийного ВС, которые являются источниками пролива агрессивных жидкостей.

Также следующим вариантом можно рассмотреть – внесение в почву биохимических препаратов одновременно на всей площади места АП (от 0,5 до 3 ... 4 га) мгновенно невозможно. В данном случае единичная регулировка – это внесение препаратов на 1 м<sup>2</sup> площади территории места АП.

Работа может проводиться в 1 точке или одновременно в  $n$  точках. Интенсивность регулировок будет отличаться в  $n$  раз.

Интенсивность регулировок представлена в модели суммой слагаемых, отвечающих за различные компоненты негативного воздействия АП на ОС. В модели есть два разных случая. В первом случае отсутствуют защитные системы и процессы, а во втором они есть.

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).

В работе [87] предложено оценивать негативное воздействие на ОС в сформированных антропогенно-аварийных ГТС, используя комплексный показатель. Авторы [88] среди различных экоиндикаторов рекомендуют

использовать «комплексный показатель экологического экспресс-контроля воздействия на ОС» -  $I_{ГА}$ , который в работе [79] был успешно использован для разработки природозащитных мероприятий.

Величина экономического вреда (ущерба) экологическим системам ОС от загрязнения, как это было обосновано в работе [87] может быть выражена следующей интегральной функцией (оптимизируемым функционалом):

$$Bp_{OC} = \int_S \int_0^T I_{АП}(r, t) dt dr, \quad (2.1)$$

где  $I_{АП}$  - комплексный показатель негативного воздействия на ОС АП и его последствий, формирующего антропогенно-аварийные ГТС (модифицированный комплексный показатель  $I_{ГА}$  из работы [88]);

$S$  – площадь территории воздействия АП (антропогенно-аварийной ГТС);

$r$  – элемент площади территории воздействия АП, например приведённый радиус;

$t, T$  – время текущее и общее.

Комплексный показатель воздействия  $I_{АП}$ , как предложено авторами [56] рассчитывается по формуле:

$$I_{АП} = \sum_j x_j \quad (2.2)$$

и измеряется в относительных единицах – единицах воздействия АП (ЕВАП), где 1 ЕВАП = ущерб от 1 т газообразного СО (углерода монооксида). В таблице 2.3 приведены примеры пересчета для некоторых загрязняющих веществ из тонн в ЕВАП в Приложении А коэффициенты пересчета валовых значений в относительные негативные для некоторых ЗВ и отходов.

С учетом классификации видов негативных экологических последствий АС и(или) АП, в частности, проведенной в работах [57, 86, 89] обозначим воздействия физическое ( $j-1$ ), биологическое ( $j-2$ ), химическое ( $j-3$ ) и информационное ( $j-4$ ), как это опубликовано нами в [90, 91];

Примечание. В рассматриваемых ситуациях (в ГТС, формирующихся на территориях мест АС и АП) "информационное загрязнение", вызываемое потоком некой информации о произошедшем АП, провоцирует поступление массы загрязняющих веществ в экосистемы в районе происшествия, то есть ведёт к химическому воздействию.

Таблица 2.3 Примеры коэффициентов пересчета валовых значений в ЕВАП для некоторых ЗВ и отходов, согласно [71].

№ п/п	Наименование ЗВ	ЕВАП
<i>Атмосфера</i>		
1.	Взвешенные вещества	22,83
2.	Железа оксид	86,66
3.	Марганец и его соединения	3416,66
4.	Натрия гидроксид	341,66
5.	Оксиды азота	86,67
6.	Сажа	68,33
7.	Свинец	11388,33
8.	Серы диоксид	66,67
9.	Углеводороды	2,0
10.	Углерода оксид	1,0
<i>Гидросфера</i>		
1.	Железо	91826,67
2.	Литий (соли)	10,33
3.	Медь	459135,0
4.	Нефть и нефтепродукты	9183,33
5.	Никель	45913,33
6.	Свинец	4591,67
7.	Хром	321416,67
8.	Цинк	45913,33

Представим показатель негативного воздействия в виде:

$$x_j = x_j^P + x_j^K \quad (2.3)$$

где  $P$  – прямое негативное воздействие,  $K$  – косвенное негативное воздействие.

С течением времени обе составляющие показателя  $x_j$  меняются следующим образом:

$$x_{j1}^{\Pi} = x_{j0}^{\Pi} - \Delta x_j^{\Pi} \quad (2.4)$$

$$x_{j1}^K = x_{j0}^K + \delta x_j^K - \Delta x_j^K \quad (2.5)$$

Индекс 0 – начальное значение, 1 – некое дальнейшее.

В этих формулах принято: прямое экотовоздействие кратковременно (почти мгновенно) и далее снижается, косвенное экотовоздействие накапливается в биосистемах, хотя величина убывает. Интенсивность регулировок здесь (и как описано нами в [91]) это их количество число в единицу времени.

Для прямого воздействия:

$$\Delta x_j^{\Pi} = \alpha_{кр} R_{кр} x_{j0}^{\Pi} \quad (2.6)$$

$R_{кр}$  - интенсивность критических регулировок,  $\alpha_{кр}$  - коэффициент.

Для косвенного воздействия:

$$\Delta x_j^K = \alpha_{нр} R_{нр} x_{j0}^K \quad (2.7)$$

$R_{нр}$  - интенсивность превентивных регулировок,  $\alpha_{нр}$  - коэффициент.

При этом действие косвенного воздействия накапливается с течением времени, что выражается слагаемым  $\delta x_j^K$ , зависимость которого от превентивных регулировок носит сложный характер.

Интенсивности критических и превентивных регулировок также могут изменяться с течением времени:  $R_{кр} = R_{кр}(t)$ ,  $R_{нр} = R_{нр}(t)$ .

Критические регулировки – регулировки, суть которых заключается в полной замене биоценоза (все сообщества всех живых организмов, то есть сумма всех фито (растительных), зоо (животных) и микробиологических сообществ экологических систем на территории места авиационного происшествия (АП), произошедшего с аварийным воздушным судном (ВС).

При критических регулировках приходится удалять все загрязняющие вещества (ЗВ) совместно с почвой (возможно также с частью биотопа-

неживой части экосистемы, на которой до АП располагались/существовали/жили организмы биоценоза).

Превентивные регулировки – регулировки, суть которых предотвращение расширения площади территории, затронутой (нарушенной – равновесное / оно же стабильное / экологическое состояние которой нарушено) аварийным ВС при АП.

Суть превентивных регулировок заключается в создании некоего барьера, препятствующего процессам распространения (растекания по поверхности и/или просачивания в глубину грунта) ЗВ на территории места АП, не нанёсших пока ещё негативного воздействия биоценозу экосистем соседних территорий. Иными словами ЗВ, которые пока ещё не отравили, но могут уже в ближайшее время отравить живые организмы, располагающиеся вблизи от зоны, подвергшейся явному аварийному воздействию при АП.

Превентивные регулировки (реально возможные варианты, предлагаемые далее, в диссертации, к использованию на места АП) представляют собой:

- во-первых, и прежде всего, создание защитного сорбционного барьера вокруг затронутой территории, препятствующего расползанию/ пролитых при АП токсичных жидкостей по площади, и по глубине на территории экосистемы места АП;

- во-вторых, по мере возможности откачка и сбор в спец. ёмкости (с дальнейшей утилизацией) пролитых токсичных жидкостей из возможных впадин, ям, мелких котловин на территории места АП.

В нашем случае, как и в работах [20,79, 90], расходы природозащитной деятельности, возможно отразить формулой оптимизируемого функционала (2.8), а далее применить теорию вариационного исчисления [93], что изложено нами в [92]:

$$S = \int_0^{t_1} \Phi(t, X, Y, Z) dt, \quad (2.8)$$

при этом функцией цели является формула с коэффициентами веса  $\mu_i, \mu_j, \mu_m$

$$\Phi(t, X, Y, Z) = S_{\text{сум}}(t) + \sum \mu_i \varphi_i + \sum \mu_j \varphi_j + \sum \mu_m \varphi_m \quad (2.9)$$

Далее в записи правой части формулы (2.9) используем (2.10)

$$S_{\text{сум}}(t) = w R_{\text{кр}}(t) + v R_{\text{нр}}(t), \quad (2.10)$$

Обозначения аналогичны принятым ранее в работах [20, 79] и опубликованы нами в [90].

Примечания: 1. Введение защитных мероприятий будем учитывать при рассмотрении превентивных регулировок.

2. Регулировками здесь и далее обозначены различные процедуры, мероприятия и действия, направляемые на уменьшение негативного воздействия, которые допустимо проводить на места АП с целью снижения негативного воздействия.

Функции  $\varphi$  формулы (2.9), обозначенные индексом  $i$ , являются (в соответствии с [94]) «управляющими» параметрами, маркированные индексом  $j$  (в соответствии с [95]) – результатами процесса, а обозначенные индексом  $m$  – параметрами местных природозащитных средств регулирования, что ранее рассматривалось в [79, 87]. Важно, что все функции  $\varphi$  можно отнести к множеству  $X$ .

Примем допущение, что все коэффициенты  $\mu$  не зависят от времени.

Решение вариационной задачи в таком случае состоит в одновременной минимизации выражений (2.1) и (2.8).

После определения всех величин, далее целесообразно рассмотреть подробно поведение функций  $R(t)$ , но при этом учтем отсутствие или наличие мероприятий по защите ОС [20].

Аналогично принятому в [79, 87], интенсивность критических регулировок далее выразим в виде суммы слагаемых, отвечающих за различные компоненты экологического воздействия авиационного события на окружающую среду.

Однако, кроме физических, биологических, и химических компонент, рассмотрим еще и слагаемые, отвечающие за информационное воздействие:

$$R_{кр}(t) = \varepsilon_{\phi} \sum_i \frac{G_{\text{физ},i}(t)}{K_{\text{физ},i}} + \varepsilon_{\delta} \sum_l \frac{G_{\text{био},l}(t)}{K_{\text{био},l}} + \varepsilon_x \sum_m \frac{G_{\text{хим},m}(t)}{K_{\text{хим},m}} + \varepsilon_u \sum_n \frac{G_{\text{инф},n}(t)}{K_{\text{инф},n}}, \quad (2.11)$$

В формуле (2.11) функции  $G$ , описывающие расход вещества, энергии организмов и информации в единицу времени, как и в опубликованной нами работе [90], представим в виде следующей функциональной зависимости:

$$G = G(g, \theta) \quad (2.12)$$

Обозначения аналогичны принятым ранее в работах [20, 79] и опубликованы нами в [90].

Для каждого вида вещества и энергии перепишем соотношения (2.12) более досконально:

$$G_{jk} = g_{jk} \theta_{jk} + \sum_r h_{jr} \theta_{rk} \theta_{jk} \quad (2.13)$$

$j$  и  $r$  – индексы природы фактора, а  $k$  – индекс фактора данной группы.

Тогда в случае физических факторов формула (2.13) примет вид:

$$G_{\text{физ}} = g_{\text{физ}} \theta_{\text{физ}} + h_{\text{физ,хим}} \theta_{\text{физ}} \theta_{\text{хим}} + h_{\text{физ,био}} \theta_{\text{физ}} \theta_{\text{био}} + h_{\text{физ,инф}} \theta_{\text{физ}} \theta_{\text{инф}} + h_{\text{физ}} \theta_{\text{физ}}^2 \quad (2.14)$$

В (2.14) и далее индекс  $k$  для простоты опускаем.

Аналогично (2.14) получим:

$$G_{\text{хим}} = g_{\text{хим}} \theta_{\text{хим}} + h_{\text{хим,физ}} \theta_{\text{хим}} \theta_{\text{физ}} + h_{\text{хим,био}} \theta_{\text{хим}} \theta_{\text{био}} + h_{\text{хим,инф}} \theta_{\text{хим}} \theta_{\text{инф}} + h_{\text{хим}} \theta_{\text{хим}}^2 \quad (2.15)$$

$$G_{\text{био}} = g_{\text{био}} \theta_{\text{био}} + h_{\text{био,хим}} \theta_{\text{био}} \theta_{\text{хим}} + h_{\text{био,физ}} \theta_{\text{био}} \theta_{\text{физ}} + h_{\text{био,инф}} \theta_{\text{био}} \theta_{\text{инф}} + h_{\text{био}} \theta_{\text{био}}^2 \quad (2.16)$$

$$G_{\text{инф}} = g_{\text{инф}} \theta_{\text{инф}} + h_{\text{инф,хим}} \theta_{\text{инф}} \theta_{\text{хим}} + h_{\text{инф,био}} \theta_{\text{инф}} \theta_{\text{био}} + h_{\text{инф,физ}} \theta_{\text{инф}} \theta_{\text{физ}} + h_{\text{инф}} \theta_{\text{инф}}^2 \quad (2.17)$$

Заметим, что константы  $h$  могут принимать как положительные, так и отрицательные значения, а также могут быть пренебрежимо малы, в этом случае будем полагать соответствующий коэффициент  $h=0$ . Вопрос о малости коэффициентов рассмотрен подробнее далее.

Интенсивность превентивных регулировок представим в виде суммы слагаемых, отвечающих за виды негативного воздействия:

$$R_{прев}(t) = \varepsilon_\phi \sum_i \frac{G_{физ,i}(t)}{K_{физ,i} - \delta_{физ,i}} + \varepsilon_\delta \sum_l \frac{G_{био,l}(t)}{K_{био,l} - \delta_{био,l}} + \varepsilon_x \sum_m \frac{G_{хим,m}(t)}{K_{хим,m} - \delta_{хим,m}} + \varepsilon_u \sum_n \frac{G_{инф,n}(t)}{K_{инф,n} - \delta_{инф,n}}, \quad (2.18)$$

где  $\varepsilon$  – весовые коэффициенты,  $\delta$  – барьер безопасности для соответствующих компонентов, остальное аналогично принятому в (2.11).

Подставляя выражения (2.14) ... (2.17) в (2.11) и (2.18), имеем для критических регулировок:

$$R_{кр} = \varepsilon_\phi \sum_i \frac{g_{физ,i} \theta_{физ,i} + h_{физ,хим,i} \theta_{физ,i} \theta_{хим,i} + h_{физ,био,i} \theta_{физ,i} \theta_{био,i} + h_{физ,инф,i} \theta_{физ,i} \theta_{инф,i} + h_{физ} \theta_{физ}^2}{K_{физ,i}} + \varepsilon_x \sum_l \frac{g_{хим,l} \theta_{хим,l} + h_{хим,физ,l} \theta_{хим,l} \theta_{физ,l} + h_{хим,био,l} \theta_{хим,l} \theta_{био,l} + h_{хим,инф,l} \theta_{хим,l} \theta_{инф,l} + h_{хим,l} \theta_{хим,l}^2}{K_{хим,l}} + \varepsilon_\delta \sum_m \frac{g_{био,m} \theta_{био,m} + h_{био,физ,m} \theta_{био,m} \theta_{физ,m} + h_{био,хим,m} \theta_{био,m} \theta_{хим,m} + h_{био,инф,m} \theta_{био,m} \theta_{инф,m} + h_{био,m} \theta_{био,m}^2}{K_{био,m}} + \varepsilon_u \sum_n \frac{g_{инф,n} \theta_{инф,n} + h_{инф,физ,n} \theta_{инф,n} \theta_{физ,n} + h_{инф,хим,n} \theta_{инф,n} \theta_{хим,n} + h_{инф,био,n} \theta_{инф,n} \theta_{био,n} + h_{инф,n} \theta_{инф,n}^2}{K_{инф,n}} \quad (2.19)$$

Аналогичным образом для превентивных регулировок получаем:

$$R_{прев} = \varepsilon_\phi \sum_i \frac{g_{физ,i} \theta_{физ,i} + h_{физ,хим,i} \theta_{физ,i} \theta_{хим,i} + h_{физ,био,i} \theta_{физ,i} \theta_{био,i} + h_{физ,инф,i} \theta_{физ,i} \theta_{инф,i} + h_{физ} \theta_{физ}^2}{K_{физ,i} - \delta_{физ,i}} + \varepsilon_x \sum_l \frac{g_{хим,l} \theta_{хим,l} + h_{хим,физ,l} \theta_{хим,l} \theta_{физ,l} + h_{хим,био,l} \theta_{хим,l} \theta_{био,l} + h_{хим,инф,l} \theta_{хим,l} \theta_{инф,l} + h_{хим,l} \theta_{хим,l}^2}{K_{хим,l} - \delta_{хим,l}} + \varepsilon_\delta \sum_m \frac{g_{био,m} \theta_{био,m} + h_{био,физ,m} \theta_{био,m} \theta_{физ,m} + h_{био,хим,m} \theta_{био,m} \theta_{хим,m} + h_{био,инф,m} \theta_{био,m} \theta_{инф,m} + h_{био,m} \theta_{био,m}^2}{K_{био,m} - \delta_{био,m}} + \varepsilon_u \sum_n \frac{g_{инф,n} \theta_{инф,n} + h_{инф,физ,n} \theta_{инф,n} \theta_{физ,n} + h_{инф,хим,n} \theta_{инф,n} \theta_{хим,n} + h_{инф,био,n} \theta_{инф,n} \theta_{био,n} + h_{инф,n} \theta_{инф,n}^2}{K_{инф,n} - \delta_{инф,n}} \quad (2.20)$$

Далее примем ещё одно допущение: Ввиду относительной малости биологическое и физическое воздействия в дальнейшем рассматриваться не будут. Обратим более пристальное внимание на химическое воздействие (носит преимущественно характер прямого воздействия) и информационное воздействие (носит преимущественно характер косвенного воздействия), тогда интенсивность регулировок (2.19) и (2.20) можно представить следующим образом:

$$R_{кр} = \varepsilon_x \sum_l \frac{g_{хим,l} \theta_{хим,l} + h_{хим,инф,l} \theta_{хим,l} \theta_{инф,l} + h_{хим,l} \theta_{хим,l}^2}{K_{хим,l}} + \varepsilon_u \sum_n \frac{g_{инф,n} \theta_{инф,n} + h_{инф,хим,n} \theta_{инф,n} \theta_{хим,n} + h_{инф,n} \theta_{инф,n}^2}{K_{инф,n}} \quad (2.21)$$

$$R_{прес} = \varepsilon_x \sum_l \frac{g_{хим,l} \theta_{хим,l} + h_{хим,инф,l} \theta_{хим,l} \theta_{инф,l} + h_{хим,l} \theta_{хим,l}^2}{K_{хим,l} - \delta_{хим,l}} + \varepsilon_u \sum_n \frac{g_{инф,n} \theta_{инф,n} + h_{инф,хим,n} \theta_{инф,n} \theta_{хим,n} + h_{инф,n} \theta_{инф,n}^2}{K_{инф,n} - \delta_{инф,n}} \quad (2.22)$$

Рассмотрим случай с применением защитных регулировок, тогда формула для описания их интенсивности преобразуется ибо она связана с эффективностью природоохранных мер. Тогда как природоохранные меры не действуют на критические регулировки, как было опубликовано нами в [90].

Защитные регулировки – регулировки, суть которых заключается в извлечении с территории места АП части ЗВ, пока ещё не нанесли негативного воздействия биоценозу. То есть, (иными словами) ЗВ, ещё не отравивших, но могущих отравить уже в ближайшем будущем живые организмы, располагающиеся в зоне, подвергшейся явному аварийному воздействию при АП.

Пока ещё живые организмы могут подвергаться некоторому воздействию в пределах достижения порога воздействия (как рефлекторного, так и резорбтивного действия). То есть, порог воздействия ещё не достигнут. Концентрация жидких ЗВ возрастает и постепенно приближается к порогу

воздействия. Защитные регулировки позволяют снизить скорость нарастания концентрации жидких ЗВ в почвенном слое грунта места АП.

Защитные регулировки (реально возможные варианты, предлагаемые далее, в диссертации, к использованию на места АП) представляют собой:

1. внесение в почву (на территории места АП) углесорбентов, которые насыщаются жидкими ЗВ и, по мере достижения предела своей сорбционной ёмкости, извлекаются из почвы, собираются, а далее утилизируются специальными методами;

2. внесение в почву компонентов биохимических препаратов, организмы которые используют ЗВ в процессах своей жизнедеятельности и, тем самым, переводят ЗВ в нейтральную форму;

3. внесение в почву химических препаратов, которые стимулируют жизнедеятельность аборигенных микроорганизмов, традиционно использующих в процессах своей повседневной жизнедеятельности вещества, аналогичные ЗВ, поступившим в почву при АП;

4. проведение санитарно- дезинфекционной обработки территории места АП.

Учитывая превалирование химического и информационного воздействий на ОС при авиационном происшествии, рассмотрим интенсивность защитных мер только для них в виде:

$$R_{защ}(t) = \alpha_{защ} \sum_i \frac{G_{хим,i}(t) - G_{хим,i}^{очищ}(t)}{W_{хим,i}(t)} + \beta_{защ} \sum_j \frac{G_{инф,j}(t) - G_{инф,j}^{сниж}(t)}{W_{инф,j}(t)} \quad (2.23)$$

Пользуясь обозначениями, принятыми ранее и опубликованными нами в [90].

Пусть  $\eta$  – эффективность защитной системы:

$$\begin{aligned} \eta_{хим} &= \eta_{хим,0} - \xi_{хим} \theta_{хим}; \\ \eta_{инф} &= \eta_{инф,0} - \xi_{инф} \theta_{инф}. \end{aligned} \quad (2.24)$$

Тогда представим расход вещества или информации в виде:

$$G - G_{Очищ/сниж} = G \cdot \eta \quad (2.25)$$

Выражение ( 2.23 ) принимает вид

$$R_{защ}(t) = \alpha_{защ} \sum_i \frac{G_{хим,i}(t)\eta_{хим,i}(t)}{Q_{хим,i}(t)\Delta_{хим,i}(t)} + \beta_{защ} \sum_j \frac{G_{инф,j}(t)\eta_{инф,j}(t)}{Q_{инф,j}(t)\Delta_{инф,j}(t)} \quad (2.26)$$

Подобные регулировки именуем защитно-превентивные регулировки.

Соотношение (2.18) с учетом лишь химического и информационного воздействия примет вид [20, 79, 90]:

$$R_{з-пр}(t) = \alpha_{з-пр} \sum_i \frac{G_{хим,i}(t)}{K_{хим,i} - \delta_{хим,i}} [1 - \eta_{хим,i}(t)] + \beta_{з-пр} \sum_j \frac{G_{инф,j}(t)}{K_{инф,j} - \delta_{инф,j}} [1 - \eta_{инф,j}(t)] \quad (2.27)$$

Выражение (2.27) свидетельствует о том, что при природозащитных мерах изменяется роль функций, влияющих на формулу (2.8).

С учетом проведенного анализа модифицированной модели воздействия АП на окружающую среду до и после дополнения её средствами защитного регулирования в следующем пункте рассмотрено решение новой задачи оптимизации.

Известно, что решение задачи Лагранжа [96] методом вариационного исчисления [97] предполагает определение условий минимума функционала при исходном условии непрерывности этих функций [98]. Для данной задачи граничные условия следующие:  $x_i(0) = x_{i0}$ ,  $y_i(0) = y_{i0}$ ,  $z_i(0) = z_{i0}$ ,

$$x_i(t_1) = x_{i1}, y_i(t_1) = y_{i1}, z_i(t_1) = z_{i1}.$$

В соответствии с [97, 98] задача будет решена после того как функционал (2.8) примет минимальное значение  $S(t, x^0_i, y^0_i, z^0_i) \leq S(t, x_i, y_i, z_i)$  для всех функций.

Необходимое условие экстремума по теории вариационного исчисления [99, 100] носит название уравнений Эйлера–Лагранжа:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Phi}{\partial x_n} - \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial \Phi}{\partial x'_n} \right) &= 0; \\ \frac{\partial \Phi}{\partial y_m} - \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial \Phi}{\partial y'_m} \right) &= 0; \end{aligned} \quad (2.29)$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial z_k} - \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial \Phi}{\partial z'_{kt}} \right) = 0$$

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

Известно [79], что при природозащитных мер минимизировать затраты невозможно. Принципиальные изменения происходят при применении природозащитных устройств. В формуле (2.8) добавляется зависимость  $z(t)$ .

Введем  $\Phi = \Phi(R(\theta))$  в виде сложной функции [101]. Тогда имеем

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \theta} = \frac{\partial \Phi}{\partial R_{кр}} \frac{\partial R_{кр}}{\partial \theta} + \frac{\partial \Phi}{\partial R_{np}} \frac{\partial R_{np}}{\partial \theta} + \frac{\partial \Phi}{\partial R_{защ}} \frac{\partial R_{защ}}{\partial \theta}, \quad (2.30)$$

$$\text{где } \frac{\partial \Phi}{\partial R_{кр}} = w; \quad \frac{\partial \Phi}{\partial R_{np}} = v; \quad \frac{\partial \Phi}{\partial R_{защ}} = u.$$

Выражение  $\partial R / \partial \theta$  описывающее превентивные регулировки:

$$\begin{aligned} \frac{\partial R_{np}}{\partial \theta_{хим,i}} = & \frac{\alpha_{np}}{K_{хим,i}} [(g_{хим,i} + 2q_{хим,i} \theta_{хим,i} - p_{хим,i} \frac{\partial \theta_{хим,i}}{\partial t})(1 - \eta_{хим,i0} + \xi_{хим,i} \theta_{хим,i}) + \\ & + (g_{хим,i} \theta_{хим,i} + q_{хим,i} \theta_{хим,i}^2 - p_{хим,i} \theta_{хим,i} \frac{\partial \theta_{хим,i}}{\partial t}) \xi_{хим,i}]; \end{aligned} \quad (2.31)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial R_{np}}{\partial \theta_{инф,j}} = & \frac{\beta_{np}}{K_{инф,j}} \{ (g_{инф,j} + \sum_i h_{инф,хим,ji} \theta_{хим,i}) (1 - \eta_{инф,j0} + \xi_{инф,j} \theta_{инф,j}) + \\ & + [g_{инф,j} \theta_{инф,j} + (\sum_i h_{инф,хим,ji} \theta_{хим,i}) \theta_{инф,j}] \xi_{инф,j} \} + \\ & + \gamma_{np} \sum_i \frac{h_{хим,инф,ij} \theta_{инф,j} (1 - \eta_{хим,i0} + \xi_{хим,i} \theta_{хим,i})}{K_{хим,i}}. \end{aligned} \quad (2.32)$$

Для интенсивности защитных процедур при аналогичных допущениях:

$$\begin{aligned} \frac{\partial R_{защ}}{\partial \theta_{хим,i}} = & \frac{\alpha_{защ}}{Q_{хим,i} \Delta_{хим,i}} [(g_{хим,i} + 2q_{хим,i} \theta_{хим,i} - p_{хим,i} \frac{\partial \theta_{хим,i}}{\partial t})(\eta_{хим,i0} - \xi_{хим,i} \theta_{хим,i}) - \\ & - (g_{хим,i} \theta_{хим,i} + q_{хим,i} \theta_{хим,i}^2 - p_{хим,i} \theta_{хим,i} \frac{\partial \theta_{хим,i}}{\partial t}) \xi_{хим,i}]; \end{aligned} \quad (2.33)$$

$$\begin{aligned}
\frac{\partial R_{защ}}{\partial \theta_{инф,j}} &= \frac{\beta_{защ}}{Q_{инф,j} \Delta_{инф,j}} \left\{ (g_{инф,j} + \sum_i h_{инф,хим,ji} \theta_{хим,i}) (\eta_{инф,j0} - \xi_{инф,j} \theta_{инф,j}) - \right. \\
&- [g_{инф,j} \theta_{инф,j} + (\sum_i h_{инф,хим,ji} \theta_{хим,i}) \theta_{инф,j}] \xi_{инф,j} \left. \right\} + \\
&+ \gamma_{защ} \sum_i \frac{h_{хим,инф,ij} \theta_{инф,j} (\eta_{хим,i0} - \xi_{хим,i} \theta_{хим,i})}{Q_{хим,i} \Delta_{хим,i}};
\end{aligned} \tag{2.34}$$

В то же время уравнения Эйлера–Лагранжа для химического и информационного воздействия не сводятся к системе алгебраических уравнений, как это было бы в случае физического и биологического воздействий. Причина в том, что в этих уравнениях имеются ненулевые слагаемые  $\partial \Phi / \partial \theta'$  в виде

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \theta'} = w \frac{\partial R_{кр}}{\partial \theta'} + v \frac{\partial R_{пр}}{\partial \theta'} + u \frac{\partial R_{защ}}{\partial \theta'}, \tag{2.35}$$

$$\text{где } \frac{\partial R_{кр}}{\partial \theta'_{хим,i}} = - \frac{\alpha_{кр}}{K_{хим,i}} p_{хим,i} \theta_{хим,i} (1 - \eta_{хим,i0} + \xi_{хим,i} \theta_{хим,i}); \tag{2.36}$$

$$\frac{\partial R_{кр}}{\partial \theta'_{инф,j}} = - \frac{\alpha_{кр}}{K_{инф,j}} p_{инф,j} \theta_{инф,j} (1 - \eta_{инф,j0} + \xi_{инф,j} \theta_{инф,j}) \tag{2.37}$$

$$\frac{\partial R_{пр}}{\partial \theta'_{хим,i}} = - \frac{\alpha_{пр}}{K_{хим,i} - \delta_{хим,i}} p_{хим,i} \theta_{хим,i} (1 - \eta_{хим,i0} + \xi_{хим,i} \theta_{хим,i}); \tag{2.38}$$

$$\frac{\partial R_{пр}}{\partial \theta'_{инф,j}} = - \frac{\alpha_{пр}}{K_{инф,j} - \delta_{инф,j}} p_{инф,j} \theta_{инф,j} (1 - \eta_{инф,j0} + \xi_{инф,j} \theta_{инф,j}) \tag{2.39}$$

$$\frac{\partial R_{защ}}{\partial \theta'_{хим,i}} = - \frac{\alpha_{защ}}{Q_{хим,i} \Delta_{хим,i}} p_{хим,i} \theta_{хим,i} (\eta_{хим,i0} - \xi_{хим,i} \theta_{хим,i}). \tag{2.40}$$

$$\frac{\partial R_{защ}}{\partial \theta'_{инф,j}} = - \frac{\alpha_{защ}}{Q_{инф,j} \Delta_{инф,j}} p_{инф,j} \theta_{инф,j} (\eta_{инф,j0} - \xi_{инф,j} \theta_{инф,j}). \tag{2.41}$$

Дифференциальные уравнения вида (2.29) для химического и информационного воздействий имеют общий вид

$$\Psi(\theta, \theta') - d\Omega(\theta) / dt = 0, \tag{2.42}$$

то есть являются дифференциальными уравнениями первого порядка [101].

Функции  $\Psi$  и  $\Omega$  в выражении (2.42) имеют вид:

$$\Psi(\theta, \theta') = w \frac{\alpha_{кр}}{K} [(g + 2q\theta - p \frac{\partial \theta}{\partial t})(1 - \eta_0 + \xi\theta) + (g\theta + q\theta^2 - p\theta \frac{\partial \theta}{\partial t})\xi] +$$

$$+ v \frac{\alpha_{пр}}{K - \delta} [(g + 2q\theta - p \frac{\partial \theta}{\partial t})(1 - \eta_0 + \xi\theta) + (g\theta + q\theta^2 - p\theta \frac{\partial \theta}{\partial t})\xi] +$$
(2.43)

$$+ u \frac{\alpha_{защ}}{Q \Delta} [(g + 2q\theta - p \frac{\partial \theta}{\partial t})(\eta_0 - \xi\theta) - (g\theta + q\theta^2 - p\theta \frac{\partial \theta}{\partial t})\xi];$$

$$\Omega(\theta) = -w \frac{\alpha_{кр}}{K} p\theta(1 - \eta_0 + \xi\theta) - v \frac{\alpha_{пр}}{K - \delta} p\theta(1 - \eta_0 + \xi\theta) -$$

$$- u \frac{\alpha_{защ}}{Q \Delta} p\theta(\eta_0 - \xi\theta).$$
(2.44)

Решения уравнений (2.42) обозначим как  $\theta_{хим}^0(t)$  и  $\theta_{инф}^0(t)$ .

Представим выражения для эффективности защитных процедур от химического и информационного воздействий максимально снижающие затраты на природозащиту, в виде:

$$\eta_{хим}^0 = \eta_{хим0} - \xi_{хим} \theta_{хим}^0,$$

$$\eta_{инф}^0 = \eta_{инф0} - \xi_{инф} \theta_{инф}^0.$$
(2.45)

Значения коэффициентов и точные решения возможны для конкретного биоценоза на месте биотопа где произошло АП. Оценка коэффициентов одного (первого, химического) из уравнений (2.45) для традиционного (неаварийно резкого) поступления загрязнений в экосистему выполнена ранее [79].

Анализ вариационной задачи показал, что только введение комплексных защитно-превентивных мероприятий (регулировок системы) позволяет минимизировать затраты по обеспечению безопасности химического и информационного воздействий авиационного события на экосистемы.

Вариационную задачу для минимизации негативного химического и информационного воздействия авиационного происшествия на экосистему

рассмотрим более подробно. Ранее [87] показано, что с помощью алгебраических преобразований уравнение (2.42) сводится к виду:

$$A\theta \frac{d\theta}{dt} + B \frac{d\theta}{dt} + C\theta^2 + D\theta + E = 0. \quad (2.46)$$

Допуская, что для химического и информационного воздействий зависимостью  $Q(t)$  и  $\Delta(t)$ , а также  $W(t)$  можно пренебречь, выразим коэффициенты  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$  и  $E$  в (2.46) через параметры экосистемы и защитно-превентивных регулировок следующим образом:

$$A = 2\xi p \frac{c\alpha_{защ}}{W} (\eta_0 - 1) \quad (2.46.a)$$

$$B = p(\eta_0 - 1) \left( \frac{w\alpha_{кр}}{K} + \frac{v\alpha_{нр}}{K - \delta} \right); \quad (2.46.б)$$

$$C = q \left[ 3\xi \left( \frac{w\alpha_{кр}}{K} + \frac{v\alpha_{нр}}{K - \delta} \right) + \frac{u\alpha_{защ}}{W} (2\eta_0 - \xi) \right]; \quad (2.46.в)$$

$$D = g\xi \left[ 2 \left( \frac{w\alpha_{кр}}{K} + \frac{v\alpha_{нр}}{K - \delta} \right) - \frac{u\alpha_{защ}}{W} \right] + 2q(1 - \eta_0) \left( \frac{w\alpha_{кр}}{K} + \frac{v\alpha_{нр}}{K - \delta} \right); \quad (2.46.г)$$

$$E = g(1 - \eta_0) \left( \frac{w\alpha_{кр}}{K} + \frac{v\alpha_{нр}}{K - \delta} \right). \quad (2.46.д)$$

Где  $g$ ,  $p$ ,  $q$ ,  $\xi$  – характеристики удельного (в ед. времени) поступления в экосистему ЗВ при непосредственном и косвенных загрязнениях;

$K$  – 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 саморегулировки уже не могут предотвратить гибельное разрушение экосистемы;

$W$  - ёмкость защитной системы по определенному хим. веществу (например, полная и динамическая ёмкость сорбента (активного угля) по авиатопливу и ГСМатериалам, и/или удельная (по времени и при

определенной температуре) трофическая биоемкость микроорганизмов и т.п.);

$c$  - производительность системы сбора и удаления загрязняющих веществ;

$\eta$  - эффективность защитной системы (системы реализующей превентивные и/или защитные регулировки);

$w$  - удельные (на 1 регулировку) затраты на критическую регулировку;

$v$  - удельные (на 1 регулировку) затраты на превентивную регулировку;

$u$  - удельные (на 1 регулировку) затраты на защитную регулировку ( в кирпиче и в наших публикациях защитная названа срочной и/или аварийной регулировкой);

$\alpha$  - коэффициент удельного подавления негативного воздействия, вызванного единицей интенсивности той или иной ( $c_{кр}$  - критической,  $c_{пр}$  - превентивной,  $c_{защ}$  - защитной ) регулировки.  $\alpha$  - это фактически коэффициент полноты использования единицы интенсивности той или иной регулировки.

Представим (2.46) как уравнение с разделяющимися переменными

$$\frac{d\theta(A\theta + B)}{C\theta^2 + D\theta + E} = -dt. \quad (2.47)$$

Уравнение (2.47) разрешимо в общем виде [102, 103].

Общее решение имеет сложный для физической интерпретации вид и содержит слагаемые, конкурирующие друг с другом за доминирование в зависимости от соотношения коэффициентов уравнения (2.47).

Для анализа достоверности модели в следующем разделе рассмотрим некоторые предельные случаи, которым возможно сопоставить реальную ситуацию. Каждый предельный случай соответствует одному из слагаемых общего решения.

### 2.3. Проверка достоверности предложенной имитационной модели

Для проверки достоверности модели проведен анализ материалов расследования АП, произошедших за последние 15 лет (2006 ... 2020 гг.). Из них были выбраны 18 характерных примеров, 12 из которых имели место в непосредственной близости от аэродромов. В таблице 2.4 представлена сводная количественная характеристика химического загрязнения ОС, произошедшего в 5-ти случаях, по которым имелась наиболее подробная информация об обстоятельствах произошедшего (Приложение Б).

Разнородность АП, произошедших с аварийными ВС, по типам авиатехники, условиям, масштабам последствий и многочисленным иным особенностям не позволяет выявить и учесть все характеристики прямых и косвенных воздействий на ОС. Поэтому при моделировании процесса взаимного влияния разных видов негативного воздействия, имевших место в произошедших авиационных событиях, были определены, сформулированы и приняты ограничения и допущения:

Разнородность АП, произошедших с аварийными ВС, по типам авиатехники, условиям, масштабам последствий и многочисленным иным особенностям не позволяет выявить и учесть все характеристики прямых и косвенных воздействий на ОС. Поэтому при моделировании процесса взаимного влияния разных видов негативного воздействия, имевших место в произошедших авиационных событиях, были определены, сформулированы и приняты ограничения и допущения:

1. Не рассматривались АП, имевшие место при температуре окружающей среды ниже 5 °С.
2. Не рассматривались АП, имевшие место над водными объектами и в горной местности
3. Рассматривались АП, произошедшие только на территории РФ.
4. АП не сопровождалось пожаром.
5. На момент АП не было атмосферных осадков.

6. За основу были взяты сведения о реальных АП из материалов МАК по расследованию.

7. Для определения ориентировочного количества сожженного авиационного топлива ВС ушедших на запасные аэродромы или на 2й круг было принято, что в среднем 1 ВС дополнительно израсходует 1 т. авиационного керосина.

8. Количество ВС прибывающих в аэропорт, около которого (на территории которого) произошло АП, принималось с учетом среднего количества заполненности пассажирами одного ВС, среднего кол-ва перевезенных пассажиров за год, примерного количества прибывающих ВС за сутки, без учета временных интервалов прибытия.

9. Количество топлива, использованного техникой при проведении операций поиска, спасания, расследования рассчитано из условия, что одной единицей техники (преимущественно автотранспорт) на (в среднем) 30 км пути расходуется топлива:

- для автотранспорта большой грузоподъемности – 18 л;
- для автотранспорта средней и малой грузоподъемности – 4,5 л.

Также принято соотношение численности автотехники различных категорий (автотранспорт большой грузоподъемности к автотранспорту средней и малой грузоподъемности) – 30% к 70%.

10. Средние значения удельных показателей образования продуктов сгорания для автотранспорта приняты по данным [5] следующие: CO 50 г/ кг топлива, CH — 15 г/ кг топлива, NOx — 40 г/ кг топлива, SOx — 10 г/ кг топлива, C — 4 г/ кг топлива.

11. Характерные значения удельного образования продуктов сгорания на авиадвигателях ВС приняты следующие усредненные значения для крейсерского режима (по Дж.Левису и Р.В.Недзвински из [5]): CO<sub>2</sub> — 3160 г/кг топлива, CH (в пересчете на CH<sub>4</sub>) — 0,85 г/кг топлива, NOx (в пересчете на NO<sub>2</sub>) — 9,5 г/кг топлива, SOx (в пересчете на SO<sub>2</sub>) — 1 г/кг топлива.

Ввиду невозможности проведения физического эксперимента для анализа достоверности имитационной модели с помощью MSExcel проведен численный эксперимент для ряда 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.) (Приложение Б).

Таблица 2.4 Сводные данные о количествах химического загрязнения ОС, возникавшего от воздействия различных негативных факторов аварийного ВС на месте АП для характерных случаев АП, имевших место в 2006 – 2020 гг.

Номер АП		1	2	3	4	5
Поступление ЗВ в экосистему на территории места АП из аварийного ВС	кг <i>(% от суммы)</i>	5 500 кг <i>(55%)</i>	7 780 кг <i>(40,64%)</i>	9 080 кг <i>(0,71%)</i>	8 850 кг <i>(75,20%)</i>	5 350 кг <i>(1,50%)</i>
	ЕВАП (кг СО) <i>(% от суммы)</i>	51 589 820 кг СО <i>(99,96%)</i>	72 311 410 кг СО <i>(99,933%)</i>	84 249 700 кг СО <i>(93,967%)</i>	82 894 710 кг СО <i>(99,985%)</i>	61 181 470 кг СО <i>(97,63%)</i>
Поступление ЗВ в экосистему на территории места АП от автотехники в процессе расследования и спасания	кг <i>(% от суммы)</i>	1 311, 6 кг <i>(13,1%)</i>	229,53 кг <i>(1,2%)</i>	4 590,6 кг <i>(0,355%)</i>	2 918,3 кг <i>(24,80%)</i>	885,3 кг <i>(0,25%)</i>
	ЕВАП (кг СО) <i>(% от суммы)</i>	6 813, 1 кг СО <i>(0,014%)</i>	1 194,4 кг СО <i>(0,002%)</i>	23 897, 5 кг СО <i>(0,027%)</i>	12 075,4 кг СО <i>(0,015%)</i>	4 608,4 кг СО <i>(0,007%)</i>
Поступление ЗВ в экосистему на территории месте АП от ухода ВС на 2-й круг и на запасные аэродромы	кг <i>(% от суммы)</i>	3 181 кг <i>(31,9%)</i>	11 133,5 кг <i>(58,16%)</i>	1 272 400 кг <i>(98,935%)</i>	0	349 910 кг <i>(98,25%)</i>
	ЕВАП (кг СО) <i>(% от суммы)</i>	13 461,7 кг СО <i>(0,026%)</i>	47 099,5 кг СО <i>(0,065%)</i>	5 385 240 кг СО <i>(6,006%)</i>	0	1 480 941 кг СО <i>(2,363%)</i>
Суммарное поступление ЗВ в экосистему на территории месте АП	кг <i>(% от суммы)</i>	9 992,6 кг <i>(100%)</i>	19 143,03 кг <i>(100%)</i>	1 286 070,6 кг <i>(100%)</i>	11 768,3 кг <i>(100%)</i>	356 145,3 кг <i>(100%)</i>
	ЕВАП (кг СО) <i>(% от суммы)</i>	51 599 814 кг СО <i>(100%)</i>	72 359 703,9 кг СО <i>(100%)</i>	89 658 837,5 кг СО <i>(100%)</i>	82 906 785 кг СО <i>(100%)</i>	62 667 019 кг СО <i>(100%)</i>

**Первый предельный случай.** При отсутствии каких-либо защитно-превентивных мероприятий (регулировок) коэффициенты  $A$  и  $C$  в уравнении (2.47) равны нулю.

При этом уравнение (2.47) имеет вид формулы, как было показано в [20, 79]:

$$\frac{Bd\theta}{D\theta + E} = -dt. \quad (2.48)$$

И его решение следующее:

$$\theta = \frac{1}{2kq} \exp\left(\frac{2q}{p}t\right) - \frac{q}{2p} \quad (2.49)$$

Количество вредных веществ  $\theta_{хим}$  или информации (вызывающей косвенное химическое воздействие) возрастает со временем.

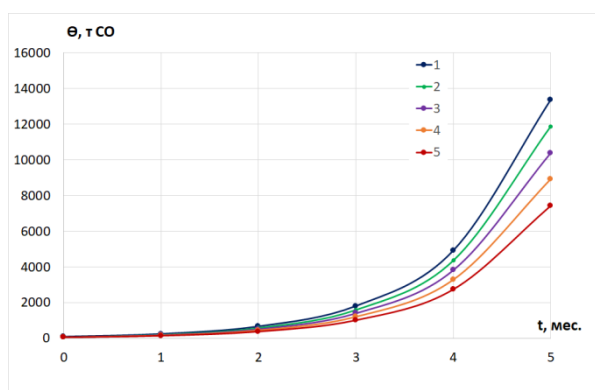


Рисунок 2.1 - Зависимость показателя химического загрязнения  $\theta$  от времени с момента АП при различных начальных значениях показателя химического загрязнения для экосистемы с параметрами  $K = 100 \cdot 10^3$  т СО и  $\delta = 0,1$  К:  
 1 – 90 тыс. т СО; 2 – 80 тыс. т СО;  
 3 – 70 тыс. т СО; 4 – 60 тыс. т СО;  
 5 – 50 тыс. т СО

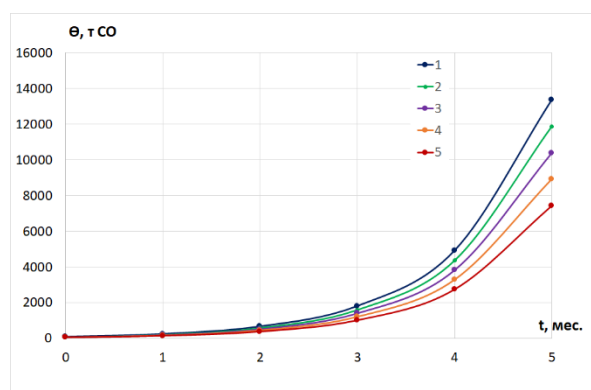


Рисунок 2.2 - Зависимость показателя химического загрязнения  $\theta$  от времени с момента АП при различных параметрах экосистемы и фиксированном начальном значении показателя химического загрязнения 50 тыс. т СО: 1 -  $K = 100 \cdot 10^3$  т СО и  $\delta = 0,05$  К; 2 -  $K = 100 \cdot 10^3$  т СО и  $\delta = 0,1$  К; 3 -  $K = 150 \cdot 10^3$  т СО и  $\delta = 0,05$  К; 4 -  $K = 150 \cdot 10^3$  т СО и  $\delta = 0,1$  К; 5 -  $K = 150 \cdot 10^3$  т СО и  $\delta = 0,15$  К

Такое решение аналогично модели Мальтуса для популяций без ограничения размеров экологической ниши (рисунки 2.1 и 2.2). 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 саморегулировки получаем логистическую функцию (рисунки 2.3 и 2.4). Если защитно-превентивные мероприятия не начались к моменту времени, соответствующему точке перегиба функции, то кривая выходит на некоторое постоянное, неснижаемое до начала регулировок значение.

Наличие подобного предельного случая является подтверждением достоверности разработанной имитационной модели.

**Второй предельный случай.** ( $A = B = 0$ ) уравнение (2.46) принимает вид:

$$C\theta^2 + D\theta + E = 0. \quad (2.50)$$

Выражение (2.50), когда оно имеет решение, является константой. Это не позволяет минимизировать затраты никакими природозащитными регулировками как показано ранее в [20, 79] и опубликовано нами в [90].

Рассматриваемый предельный случай относится, в том числе, к критическим регулировкам, которые представлены в оптимизируемых функционалах кусочно-постоянными разрывными функциями  $x$  (рисунок 2.5а).

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.

В более общем подходе данный предельный случай в модели описывает решение задачи для кусочно-линейных функций  $x$  (рисунок 2.5б). Это значит, что производные  $\partial\theta / \partial t$  либо не существуют (в точках разрыва), либо являются постоянными величинами (не зависят от времени).

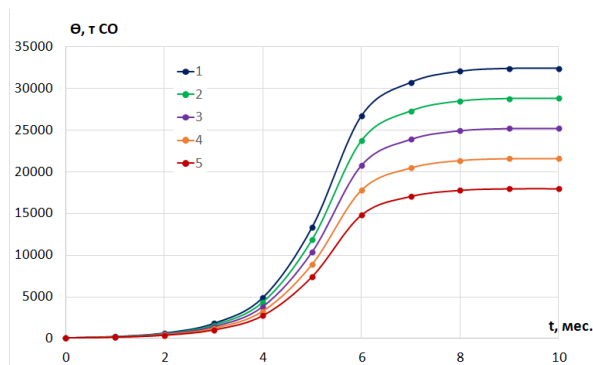


Рисунок 2.3 - Зависимость показателя химического загрязнения  $\theta$  от времени с момента АП при различных начальных значениях показателя химического загрязнения для экосистемы с параметрами  $K = 100 \cdot 10^3$  т СО и  $\delta = 0,1$  К и саморегулировок, аналогичных регулировкам с параметрами:  $\eta = 0,6$ ;  $\alpha_{np} = 0,7$  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

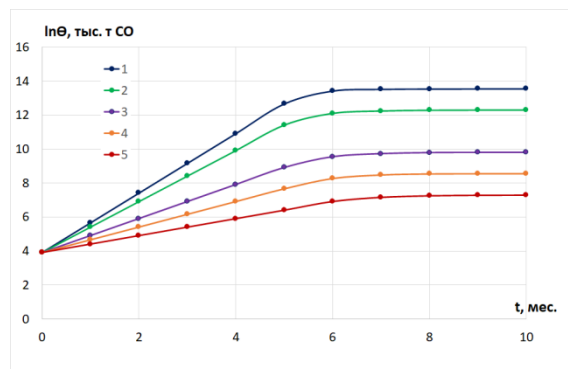


Рисунок 2.4 - Зависимость показателя химического загрязнения  $\theta$  от времени с момента АП при различных параметрах экосистемы и фиксированном начальном значении показателя химического загрязнения 50 тыс. т СО для саморегулировок, аналогичных регулировкам с параметрами:  $\eta = 0,6$ ;  $\alpha_{np} = 0,7$  и  $\alpha_{защ} = 0,8$ : 1-  $K = 100 \cdot 10^3$  т СО и  $\delta = 0,05$  К; 2-  $K = 100 \cdot 10^3$  т СО и  $\delta = 0,1$  К; 3-  $K = 150 \cdot 10^3$  т СО и  $\delta = 0,05$  К; 4-  $K = 150 \cdot 10^3$  т СО и  $\delta = 0,1$  К; 5-  $K = 150 \cdot 10^3$  т СО и  $\delta = 0,15$  К

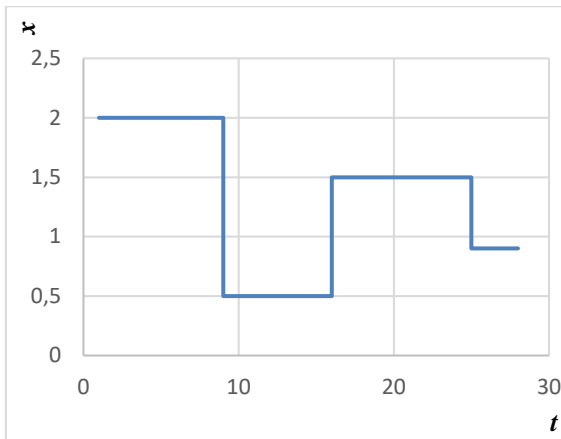


Рисунок 2.5а - Кусочно-постоянная функция зависимости показателя  $x$  от времени  $t$  (пример).

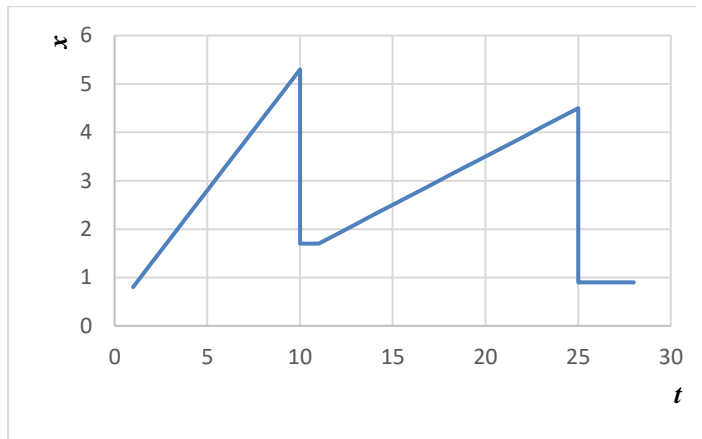


Рисунок 2.5б - Кусочно-линейная функция зависимости показателя  $x$  от времени  $t$  (пример).

Рассматривая задачу отдельно на каждом интервале непрерывности, получаем уравнение (2.46) в виде:

$$C \theta^2 + D_1 \theta + E_1 = 0, \quad (2.51)$$

где 
$$D_1 = A \frac{d\theta}{dt} + D ; \quad E_1 = B \frac{d\theta}{dt} + E .$$

Таким образом, уравнение (2.51) аналогично уравнению (2.50), а это значит, что никакими критическими воздействиями на экосистему невозможно уменьшить затраты на обеспечение ее безопасности.

### Третий предельный случай.

Когда  $C=0$ ,  $A \neq 0$ , уравнение (2.46) записывается формулой:

$$A\theta \frac{d\theta}{dt} + B \frac{d\theta}{dt} + D\theta + E = 0. \quad (2.52)$$

После разделения переменных, получена формула:

$$\frac{d\theta(A\theta + B)}{D\theta + E} = - dt. \quad (2.53)$$

Или иначе:

$$\frac{A}{D} \left( \theta + \frac{E}{D} \right) + \frac{B - AE}{D} \ln \left[ k \left( \theta + \frac{E}{D} \right) \right] = - t. \quad (2.54)$$

Рассмотрим уравнение (2.54) для двух характерных случаев.

Если  $A \ll D$ , что характерно для химического воздействия, первым слагаемым в (2.4.9) можно пренебречь. Тогда уравнение (2.54) упрощается:

$$\frac{B - AE}{D} \ln \left[ k \left( \theta_{хим} + \frac{E}{D} \right) \right] = -t \quad (2.55)$$

Решение уравнения (2.55) имеет вид:

$$\theta_{хим} = \frac{1}{k} \exp \left( -\frac{Dt}{B - AE} \right) - \frac{E}{D} \quad (2.56)$$

При различных соотношениях технических характеристик природозащитных мероприятий и биологических характеристик конкретного биоценоза число в показателе экспоненты вышеприведенной формулы положительное либо отрицательное.

Проведенный анализ показал, что коэффициенты выражения (2.56) для непосредственного (прямого) химического воздействия удовлетворяют соотношению  $E \ll D$ .

Тогда (2.56) принимает вид:

$$\theta_{хим} = \theta_0 \exp \left( -\frac{Dt}{B - AE} \right) \quad (2.56a)$$

На основании проведенного анализа получено, что показатель экспоненты в выражении (2.56) для случая непосредственного (прямого) химического воздействия является отрицательным. Следовательно, выражение (2.56) с точностью до пренебрежимо малой постоянной поправки совпадает с математическим описанием закона радиоактивного распада (Рисунки 2.6 и 2.7). Этот факт подтверждает естественный характер поведения рассматриваемого фактора негативного воздействия, а именно фактора прямого (непосредственного) химического воздействия.

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.

Тем не менее, применение защитных и превентивных регулировок позволяет значительно ускорить процесс распада загрязняющих веществ.

При этом эффективность защитно-превентивных регулировок будет подчиняться следующему закону:

$$\eta = \eta_0 + \frac{E}{D} - \frac{1}{k} \exp\left(-\frac{Dt}{B - AE}\right). \quad (2.57)$$

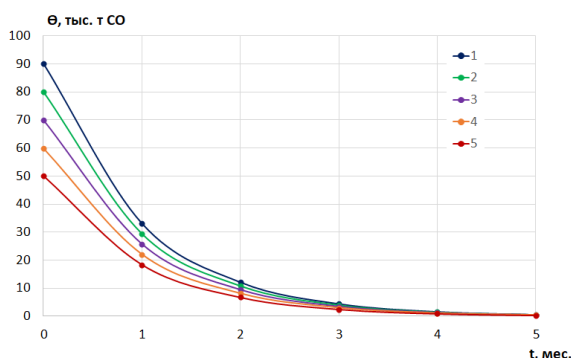


Рисунок 2.6 - Зависимость показателя химического загрязнения  $\theta$  от времени с момента АП при различных начальных значениях показателя химического загрязнения для экосистемы с параметрами  $K = 100 \cdot 10^3$  т СО и  $\delta = 0,1$  К при фиксированных параметрах регулировок:  $\eta = 0,8$ ;  $\alpha_{np} = 0,8$  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

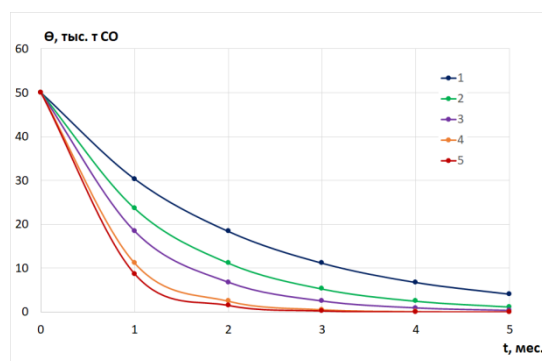


Рисунок 2.7 - Зависимость показателя химического загрязнения  $\theta$  от времени с момента АП при различных параметрах регулировок и фиксированном начальном значении показателя химического загрязнения 50 тыс. т СО для экосистемы с параметрами  $K = 100 \cdot 10^3$  т СО и  $\delta = 0,1$  К: 1 -  $\eta = 0,6$ ;  $\alpha_{np} = 0,7$  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  $\alpha_{защ} = 0,95$

Для величины  $\eta$  имеется оптимальное значение, достижение которого определяет минимум затрат:

$$\eta = \eta_0 + \frac{E}{D}, \quad (2.58)$$

Величина  $\eta$  по выражению (10) определяет минимум затрат на восстановление экосистемы. При этом, эффективность защитно-

превентивных регулировок ( $\eta$ ) достигает максимального значения в момент времени, принятый за ноль ( $t=0$ ).

Примечание. За ноль принимается момент начала первоначальных действий должностных лиц при АП (Терминология в соответствии с ПРАПИ-98 [35]). 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 2.8 приведена зависимость усредненного количества рейсов (шт.), прибытие которых предусмотрено расписанием в некотором тестовом аэропорту<sup>1</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.

На рисунке 2.8 видно, что величина информационного воздействия (в части косвенного химического загрязнения) со временем убывает. Линия тренда свидетельствует о том, что эта зависимость является линейной нисходящей.

Проведенный анализ 12 АП (рисунок 2.9) показывает, что влияние косвенного информационного воздействия на величину химического загрязнения является более значимым, нежели косвенное (основное) химическое воздействие. Это подтверждает справедливость предположения общей модели о взаимодействии факторов разного вида.

Для информационного воздействия, таким образом, характерно, что коэффициенты  $A$  и  $D$  в уравнении (2.4.1) сравнимы по величине, при этом выполняется соотношение:  $(B-AE) \ll D$ .

Таким образом, в выражении (2.54) можно пренебречь вторым слагаемым, тогда:

---

<sup>1</sup>тестовый аэропорт – гипотетический аэропорт, за характеристики деятельности которого приняты усредненные значения 12 аэропортов, рассмотренных выше (см. таблицу 2.4)

$$\frac{A}{D} \left( \theta_{инф} + \frac{E}{D} \right) = -t + k, \quad (2.59)$$

Решая уравнение (2.59), имеем:

$$\theta_{инф} = -\frac{D}{A}t + k, \quad (2.60)$$

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

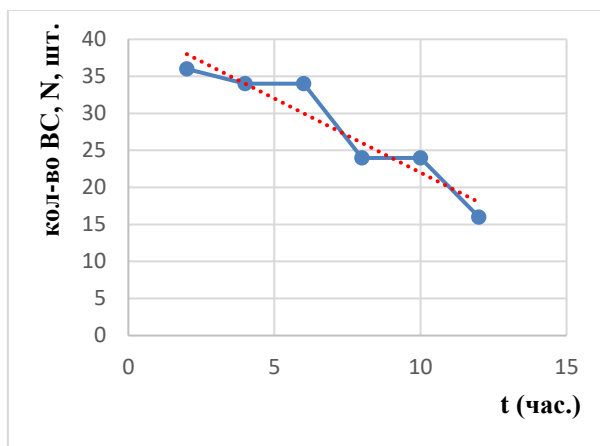


Рисунок 2.8 - Почасовая динамика изменения количества ВС (шт), вынужденных из-за закрытия ВПП аэродрома изменить план полета: синяя линия - уход на 2-й круг и/или на запасной аэродром; красная линия - линия тренда



Рисунок 2.9 - Диаграмма средних для 12 АП показателей косвенного химического воздействия

Выражение (2.60) соответствует косвенному химическому загрязнению (см. рисунок 2.8). Оно демонстрирует, что со временем происходит линейное уменьшение количества негативной информации, определяющей необходимость для ВС, направлявшихся в целевой аэропорт, уходить на запасные аэродромы и/или на второй круг. Это и приводит к дополнительному химическому загрязнению.

**Пятый предельный случай.** В более общей ситуации, когда коэффициент  $A=0$ ,  $C \neq 0$ , уравнение (2.46) после разделения переменных примет вид:

Уравнение (2.46) примет вид:

$$\frac{Dd\theta}{C\theta^2 + D\theta + E} = -dt \quad (2.61)$$

Интегрируя (2.61), для  $D^2 < 4CE$ , получаем:

$$\frac{2B}{\sqrt{4CE - D^2}} \operatorname{arctg}\left(\frac{2C\theta + D}{\sqrt{4CE - D^2}}\right) = -t + k \quad (2.62)$$

где  $k$  – произвольная константа, определяемая из начальных условий.

Решение (13) относительно  $\theta$  при условии  $D^2 < 4CE$  показывает физически нереализуемое поведение фактора вредного химического воздействия (из-за отрицательных значений в некоторых областях) аналогично поведению известной функции  $y = \frac{1 - \operatorname{tg}(x)}{1 + \operatorname{tg}(x)}$ .

Интегрируя (2.61) для  $D^2 > 4CE$ , получаем:

$$\frac{1}{\sqrt{D^2 - 4CE}} \ln\left(\frac{2C\theta + D - \sqrt{D^2 - 4CE}}{2C\theta + D + \sqrt{D^2 - 4CE}}\right) = -t + k \quad (2.63)$$

Решение (2.63) относительно  $\theta$  имеет вид:

$$\theta = \frac{(D + \alpha)e^{\frac{\alpha}{D}(k-t)} - D + \alpha}{2C(1 - e^{\frac{\alpha}{D}(k-t)})} \quad (2.64)$$

где  $\alpha = \sqrt{D^2 - 4CE}$ ,  $k = t_0$

Выражение (2.64) представляет логистическую кривую, которая в зависимости от параметров может иметь S-образный (рисунки 2.3 и 2.4) или N-образный вид (рисунки 2.10 и 2.11).

С учетом всех рассмотренных предельных случаев, общее решение уравнения (4) является комбинацией логистических S- и Z-кривых (рисунок 2.12), при переходе между ними 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 2.13).

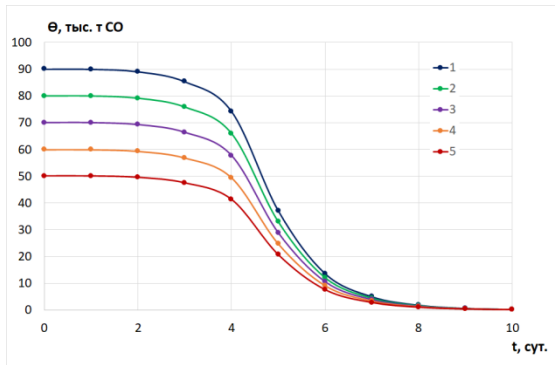


Рисунок 2.10 - Зависимость показателя химического загрязнения  $\theta$  от времени с момента АП при различных начальных значениях показателя химического загрязнения для экосистемы с параметрами  $K = 100 \cdot 10^3 \text{ т СО}$  и  $\delta = 0,1 \text{ К}$  при фиксированных параметрах регуляровок:  $\eta = 0,8$ ;  $\alpha_{np} = 0,8$  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

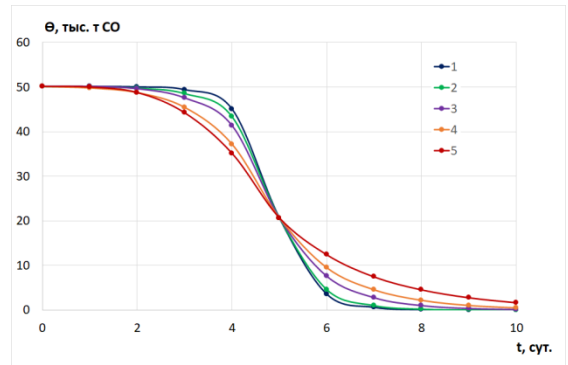


Рисунок 2.11 - Зависимость показателя химического загрязнения  $\theta$  от времени с момента АП при различных параметрах регуляровок и фиксированном начальном значении показателя химического загрязнения 50 тыс. т СО для экосистемы с параметрами  $K = 100 \cdot 10^3 \text{ т СО}$  и  $\delta = 0,1 \text{ К}$ : 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  $\alpha_{защ} = 0,95$

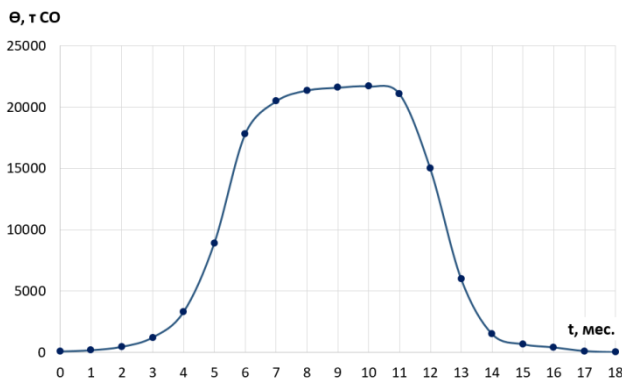


Рисунок 2.12 - Общее решение имитационной модели (4) для природных саморегулировок

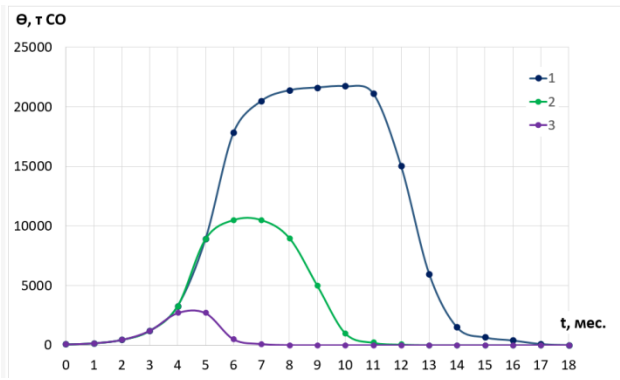


Рисунок 2.13 - Общее решение имитационной модели (4) в зависимости от времени начала защитно-превентивных регуляровок

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.

## **2.4 Результаты моделирования экологического воздействия на окружающую среду.**

Воздействие АП на ОС приводит к экономическому ущербу. Минимизация экономического ущерба от воздействия АП на ОС 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.

Схема формирования вариационной задачи в имитационной модели воздействия АП на ОС представлена на рисунке 2.14.

Для проверки достоверности модели проведен анализ 12 случаев АП за 2006 ... 2020 гг., который показал, что величина (размер) суммарного химического загрязнения от АП, выраженная в т СО, лежит внутри небольшого диапазона значений 50 000 ... 90 000 т. СО (рисунок 2.15).

Решение выполнено для химического и информационного воздействия с учетом взаимодействия между ними. Решение представленного дифференциального уравнения получено для различных предельных случаев, каждому из которых сопоставлена реальная ситуация.

Обобщим анализ модели для всех групп факторов негативного экологического воздействия на ОС (экосистему) в результате АП. Становится очевидным, что реальное поведение экосистемы всегда достаточно сложно и нелинейно. Введение природозащитных регулировок оказывает тем большее положительное воздействие, чем значительно отличается поведение биоценоза места АП от линейных закономерностей.

Анализ модели показал, что критические регулировки представлены в оптимизируемом функционале кусочно-линейными разрывными функциями. Метод Эйлера-Лагранжа решения вариационной задачи применим только для

непрерывных функций. Более того, на участках непрерывности, где функции линейны, оптимизация невозможна, какими-либо влияниями на антропогенно нарушенную систему невозможно уменьшить затраты.

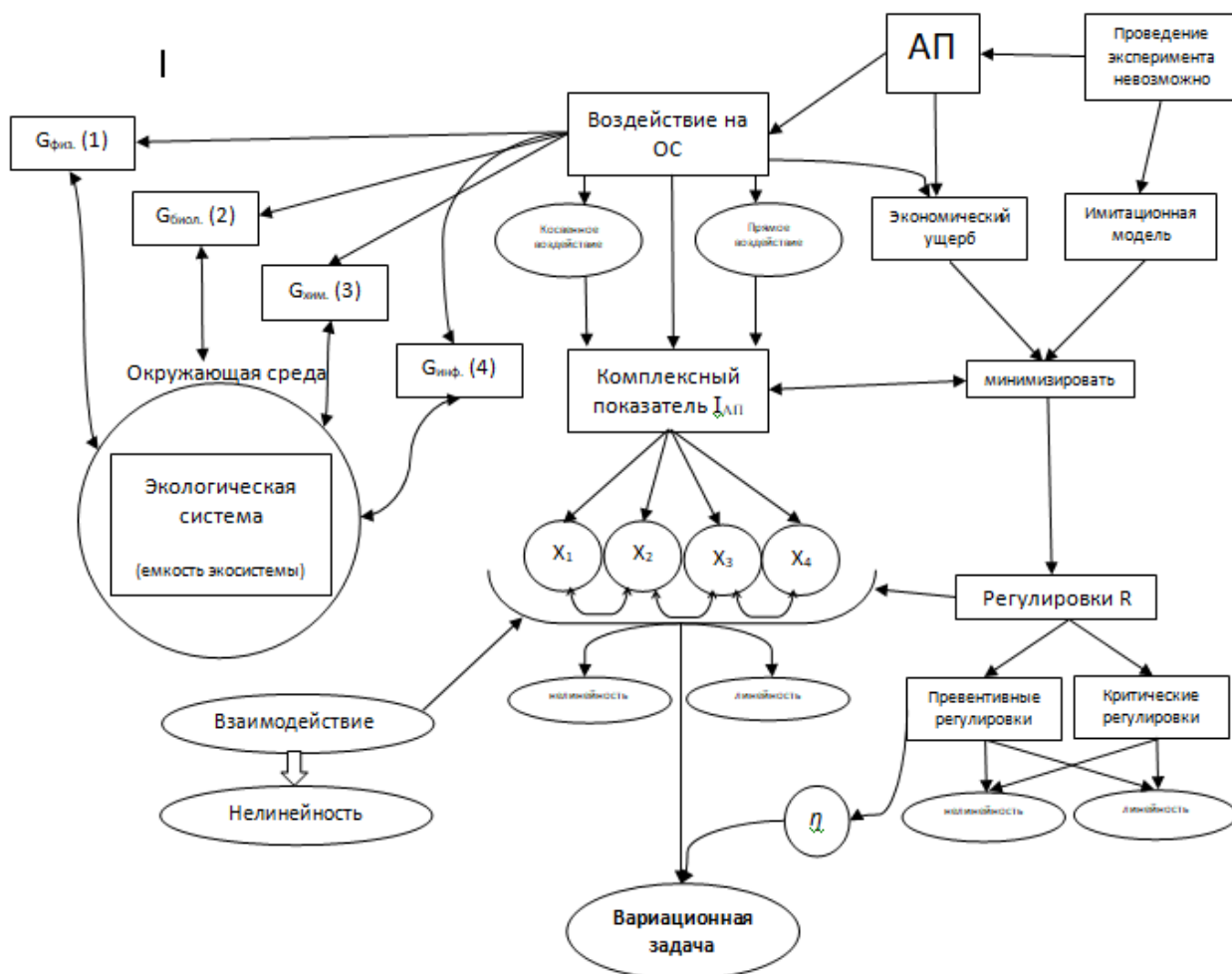


Рисунок 2.14 - Схема формирования вариационной задачи в имитационной модели воздействия АП на ОС



Рисунок 2.15 - Суммарное химическое загрязнение для проанализированных случаев АП

Модель воздействия АП на ОС до и после дополнения её средствами регулирования, отличающаяся от предыдущей версии модели, обоснованной в [20, 79, 87]:

- 1) разложением суммарного негативного воздействия на прямое и косвенное;
- 2) введением слагаемых, отвечающих за информационное воздействие;
- 3) изменением классификации средств регулирования, новая классификация содержит критические и защитно-превентивные регулировки.

Информационное воздействие учитывается введением:

- соответствующего слагаемого ( $j = 4$ ) в комплексный показатель экологического воздействия в виде (2.2);
- соответствующего слагаемого с индексом «инф» в выражения для интенсивности критических и защитно-превентивных регулировок (2.11) и (2.18), где учитывается количество информации, поступающей в экосистему от всех источников.

Решение вариационной задачи оптимизации химического и информационного воздействия АП на ОС локальными средствами регулирования показало недопустимость критических регулировок. Только при защитно-превентивных регулировках можно обеспечить оптимизацию экосистемы, подверженной вредному воздействию в результате авиационного события.

В ГА ответственность эксплуатанта за воздействие на ОС, относят к ущербу, причиненному третьим лицам (третьей стороне). В документах ИКАО [104] отмечается, что *«Экологический ущерб подлежит возмещению в той мере, в какой такое возмещение предусматривается законом государства-участника, на территории которого причинен ущерб»*. Таким образом, оптимизация экологических издержек, возникающих от негативного воздействия авиационного происшествия на территорию места соответствующего события позволяет свести к минимуму выплаты

государству, над территорией которого произошло авиационное происшествие.

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).

## **Глава 3 МЕТОДЫ И СРЕДСТВА УМЕНЬШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ДЛЯ ТЕРРИТОРИЙ АВИАЦИОННЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ**

### **3.1 Особенности проведения природоохранных мероприятий, при расследовании авиационных происшествий**

Правилами расследования АП и инцидентов с гражданскими ВС в РФ (ПРАПИ-98) [35] предусмотрено, что АП с гражданским ВС на территории РФ подлежат обязательному расследованию. Расследование проводится комиссией, назначаемой в определенном порядке нормативно-правовой базы РФ, а также согласно нормативно-правовым актам ИКАО. Этими же Правилами отмечены цели расследования, которые заключаются в установлении причин АС и разработке мер по предотвращению в будущем подобных событий.

Правовая нормативная база в области расследования АП и И в гражданской авиации РФ состоит из нормативных документов РФ, Международных стандартов и рекомендуемой практики ИКАО (табл. 3.1)

Традиционно процесс расследования включает следующие действия: сбор информации по случившемуся АС; анализ собранной информации; дополнение информации с помощью проведения необходимых исследований; определение и установление причин события; формирование и подготовка отчетов и заключения; разработка рекомендаций по БП; разборы по результатам расследования.

Полномочному органу по расследованию авиационных происшествий (в РФ этом полномочия переданы Межгосударственному авиационному комитету (МАК)), в соответствии с Приложением 13 к Конвенции ИКАО [105], предоставляется полная независимость в проведении расследования и неограниченные полномочия на проведение данного мероприятия. Ответственным Федеральным органом за организацию и проведение

расследования авиационных инцидентов на территории РФ, является Федеральное агентство воздушного транспорта (Росавиация).

Таблица 3.1 основные нормативные акты  
в области расследования АП и И

№ п/п	Нормативные акты РФ	№ п/п	Нормативные акты ИКАО
1	Воздушный кодекс РФ	1	Приложение 13 к Конвенции о международной гражданской авиации: Расследование АП и И, AN 13
2	ПРАПИ-98	2	Дос 9756. Руководство по расследованию АП и И (4 части)
3		3	Дос 9946. Руководство по региональной организации по расследованию АП и И
4		4	Дос 9962. Руководство по расследованию АП и И: политика и процедуры
5		5	Дос 6920-AN/855/4. Руководство по расследованию АП
6		6	Сир 298. Руководящие принципы подготовки расследователей АП

Расследование АП организуется и проводится МАК при участии Росавиации, Минэкономразвития России и прочих Федеральных органов исполнительной власти и организаций РФ, которые заинтересованы в мероприятии. В зависимости от условий АП участниками расследования могут быть представители иностранных государств.

Комиссия проводит расследование АП с привлечением необходимых специалистов, руководствуясь нормативными актами регулирующими деятельность в области ГА и использовании воздушного пространства в РФ, а также нормативными актами ИКАО в области расследования АП и И.

Комиссия по расследованию создается из подкомиссий и рабочих групп по разным направлениям, касаемых АП. К расследованию могут быть привлечены специалисты, которые могут не входит в подкомиссии и рабочие группы, их используют в качестве экспертов. Структура и состав комиссии представлены на рисунке 3.1.

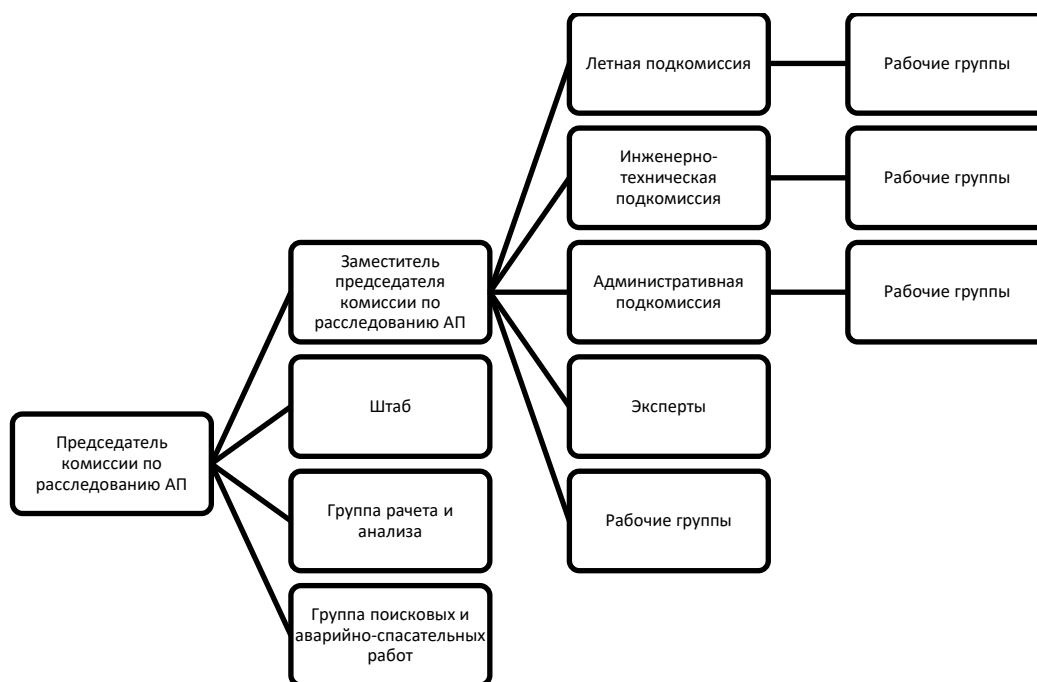


Рисунок 3.1 - Структура и состав комиссии по расследованию АП в соответствии с [35]

Для работы в составе комиссии могут привлекаться работники различных направлений деятельности (не только специалисты из авиации), например: работники научно-исследовательских организаций; работники учебных заведений; медицинских учреждений и т.д.

Процесс расследования АП можно разделить на несколько этапов (рис. 3.2), где: на первом этапе выполняется получение, затем распространение информации о АП и первоначальные действия на месте события; на втором этапе на место АП прибывает комиссия по расследованию и начинается процедура расследования с последующим установлением причин АП; на заключительном этапе оформляются и рассылаются результаты работы.

Первыми официальными лицами, прибывшими на место АП, скорее всего, будут местные пожарные и сотрудники полиции. Поэтому важно заручиться их поддержкой для того, чтобы обеспечить охрану, контроль мест АП и сотрудничество в ходе расследования. Необходимо избежать утраты ценных вещественных доказательств в результате перемещения обломков на ранних этапах расследования. Противопожарные службы и полиция должны

знать, какие действия им следует предпринимать в случае АП. Полномочный орган по расследованию отвечает за заблаговременную

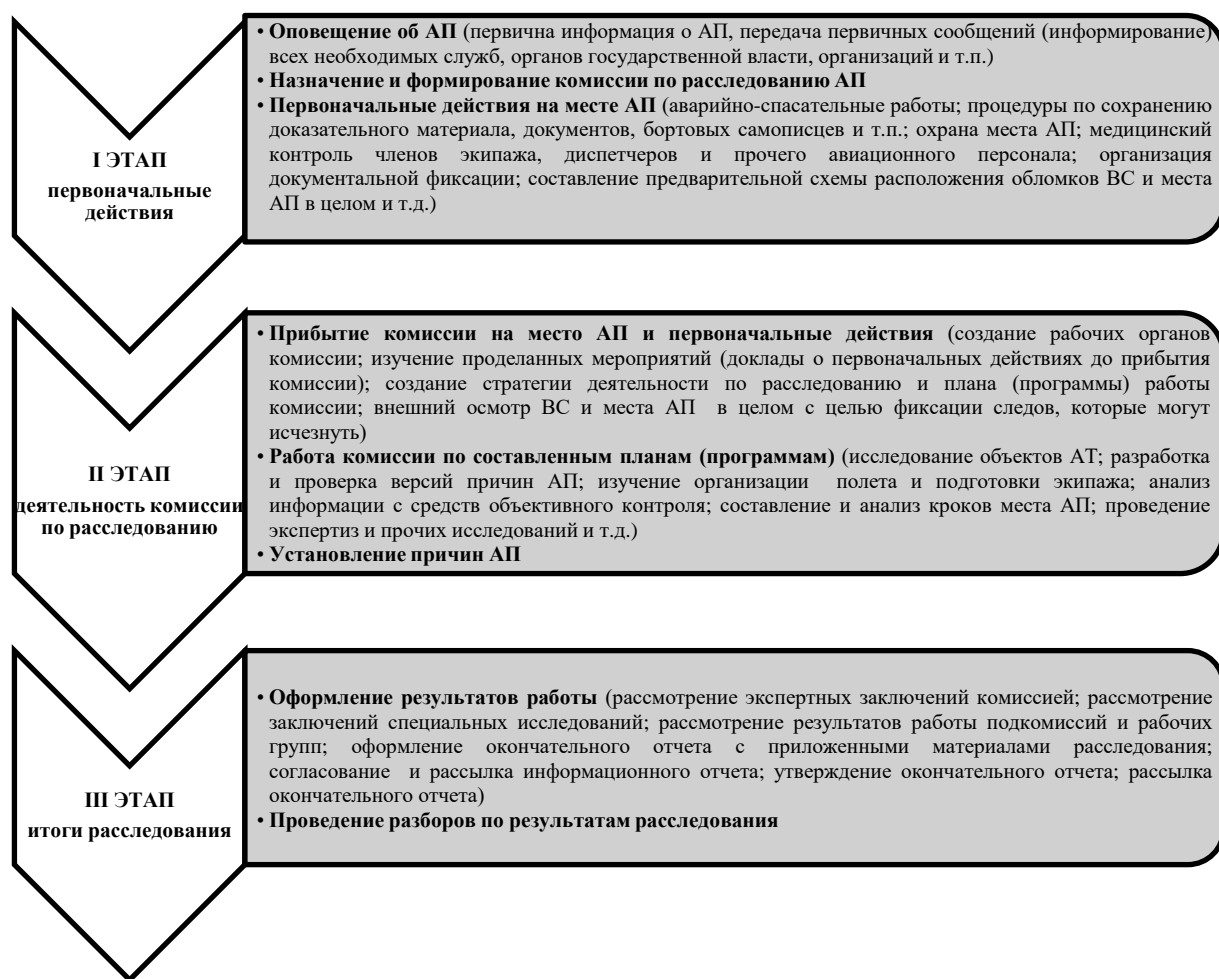


Рисунок 3.2 - Основные этапы и направления работ по расследованию АП.

координацию необходимых действий с соответствующими поисково-спасательными организациями. Должны быть намечены планы и мероприятия для безотлагательного решения следующих задач:

- уведомление координационного центра поиска и спасания [61, 62, 106];
- уведомление полномочного органа по расследованию и, при необходимости, других полномочных органов;
- обеспечение защиты обломков от пожара и дальнейших повреждений;

- проверка на наличие среди перевозимых грузоотправлений опасных грузов, таких как радиоактивные вещества или яды;
  - обеспечение охраны, для того чтобы обломки никто не трогал и не перемещал;
  - принятие мер к сохранению таких нестойких вещественных доказательств, как лед, следы копоти, с помощью фотографирования или других подходящих методов;
  - получение сведений о фамилиях и адресах всех свидетелей, показания которых могут помочь в проведении расследования происшествия.
- [107].

Работы на месте АП, проводимые в целях расследования, в соответствии с воздушным законодательством РФ приравниваются к работам по ликвидации ЧС [35]. Привлекаемые службы и ведомства, касающиеся прежде всего вопросов больше последствий АП, приступают к своим действиям, после того как комиссия по расследованию закончит полевой этап расследования, а первичные действия на месте катастрофы прежде всего касаются вопросов сохранения доказательных материалов. Единственное, что оперативно проводится спасание выживших и ликвидация возникающего пожара.

При расследовании АП большие силы и средства прежде всего направлены на сам процесс расследование и решение ряда административных задач.

Таким образом все действия на месте происшествия в первую очередь связывают с процессом расследования. Все процедуры экологического характера проводятся уже после завершения полевого этапа расследования, регламент которых в основных документах, касающихся расследования практически не раскрыт. Однако стоит отметить, что одним из пунктов первоначальных действий на месте АП является – координация проведения радиологического, химического и бактериологического контроля места АП, Подобная работа скорее всего относится к вопросам охраны труда, но итогом

проведенного контроля могут быть мероприятия природоохранного характера по нейтрализации данного воздействия, которые как правило включают в себя следующее (информация взята из материалов расследования АП):

1. Вывоз с места АП, элементов ВС, грузов, почты, багажа, ручная кладь, экипажа, продуктов питания и пр. (подобные действия выполняются не как действия по охране ОС, а для других целей, но можно считать подобные действия, как косвенные природоохранные мероприятия и, как правило, сопровождаются актом проведенных работ по очистке территории);

2. Проведение дозиметрической разведки местности с последующим обнаружением источника ионизирующего излучения, его изъятие (источник укладывается в специальный контейнер и увозится на спецкомбинат) и проведение последующего контроля места АП (подобные действия сопровождаются актом на обнаружение и изъятие радиоактивных устройств ВС и прочих источников ионизирующего излучения и актом радиационного обследования места расположения потерпевшего катастрофу ВС);

3. Дезинфекция территории АП (как правило сопровождается актом (Приложение В) и справкой (Приложение Г, Д) с указанием размера территории, примененного вещества (например, хлорная известь для целей дезинфекции, хлорсепт-25 0.1% раствор, 1.0 % раствор дезинфекционного средство «Дезактин», для дезинсекции использовался 0.5% раствор средства «Арриво»);

4. Распашка территории АП;

Стоит отметить в материалах расследования катастрофы 1996 г. один из пунктов плана работы одной из подкомиссий по ликвидации последствий катастрофы, извлечения тел членов экипажа и сопровождающих, средств объективного контроля и фрагментов самолета, в котором говорится о приглашении эколога с правом разрешительной подписи на применение химических реагентов воздействие на лавину.

В материалах расследования случая падения ВС на асфальтированную дорогу около жилой застройки приложена справка об обследовании территории места АП и проведении некоторых мероприятий таких как (Приложение Е):

1. Отмыть и зачистка асфальтового покрытия дороги;
2. Опсыпание песком обочины дороги;
3. Сбор проб почвы на предмет содержания в ней нефтепродуктов, общих колиформных бактерий и термотолерантных колиформных бактерий;
4. Сбор проб воды на предмет содержания в ней нефтепродуктов.

В плане работы медицинской группы можно встретить пункты по проведению уборки территории места АП, санитарной обработке, распахке территории (Приложение Ж).

Вышеперечисленные мероприятия направлены в целом на безопасность населения около места АП и людей, вовлеченных в процедуры, связанные с АП, встречается, что некоторые мероприятия, такие как дезинфекция, считают проводить нецелесообразно, ссылаясь, на отсутствие эпидемиологической опасности населения, т.к. рядом с местом АП никто не проживает (Приложение З).

Рассматривая деятельность органов комиссии, стоит отметить деятельность административной подкомиссии. Одной из задач подкомиссии является ликвидация последствий происшествия. Частично данную задачу решает медицинская группа, которая, согласно [35], дает задание на санобработку места АП, уборку, отслеживает уничтожение остатков коммерческой загрузки и заполняет соответствующие отчетные формы. Данных действий недостаточно, чтобы в полной мере соответствовать положению о ликвидации последствий АП, особенно учитывая воздействие на ОС.

### **3.2 Методы и средства, уменьшающие негативное экологическое воздействие на месте авиационного происшествия.**

Все первоначальные действия, проводимые на месте АП, прежде всего касаются спасения выживших, сохранение доказательного материала (оцепление территории катастрофы, недопущение посторонних лиц, фото и виде съемка и т.п.). Также присутствуют случаи, когда на месте АП возникал пожар, то его тушение, также считается приоритетным, но цель тушения пожара не сколько ради охраны ОС, сколько ради сохранения максимально возможного количества материалов.

Федеральным законом «Об охране окружающей среды» (от 10.01.2002 N 7-ФЗ) термин «Охрана окружающей среды» определяется как деятельность, которая направлена на сохранение и восстановление природной среды, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов, предотвращение негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на ОС и ликвидацию ее последствий.

К сожалению, поставить на первое место процесс снижения нагрузки на ОС в результате АП довольно проблематично, и дело не только касается нормативных актов. Единственными весомыми причинами для проведения оперативных действий является пролитое авиаГСМ и СЖ, а также источники биологического загрязнения (от тел погибших, борт. питания и т.п.). Особенно актуальны оперативные действия, если АП произошло в особо охраняемых природных территориях РФ (ООПТ).

ООПТ относятся к объектам общенационального достояния, а размеры их достаточно большие и, соответственно, падение ВС в этих местах возможно. По данным [108] максимальные показатели по общей площади ООПТ всех уровней и категорий в следующих субъектах РФ: г. Севастополь, Респ. Саха (Якутия), Кабардино-Балкарская Респ., Респ. Алтай, Карачаево-Черкесская Респ., Респ. Ингушетия, Приморский край, Чеченская Респ., Респ. Северная Осетия –Алания, Астраханская область

По данным [109], процентное отношение ко всей территории РФ ООПТ федерального значения – 2,88 %, ООПТ регионального значения – 6,98 %, ООПТ местного значения – 11,31 %. По данным [110] всего в РФ 19742 ООПТ, из них ООПТ федерального значения – 495, ООПТ регионального значения – 16195, ООПТ местного значения – 3052.

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 в виде графика на рисунке 3.3.

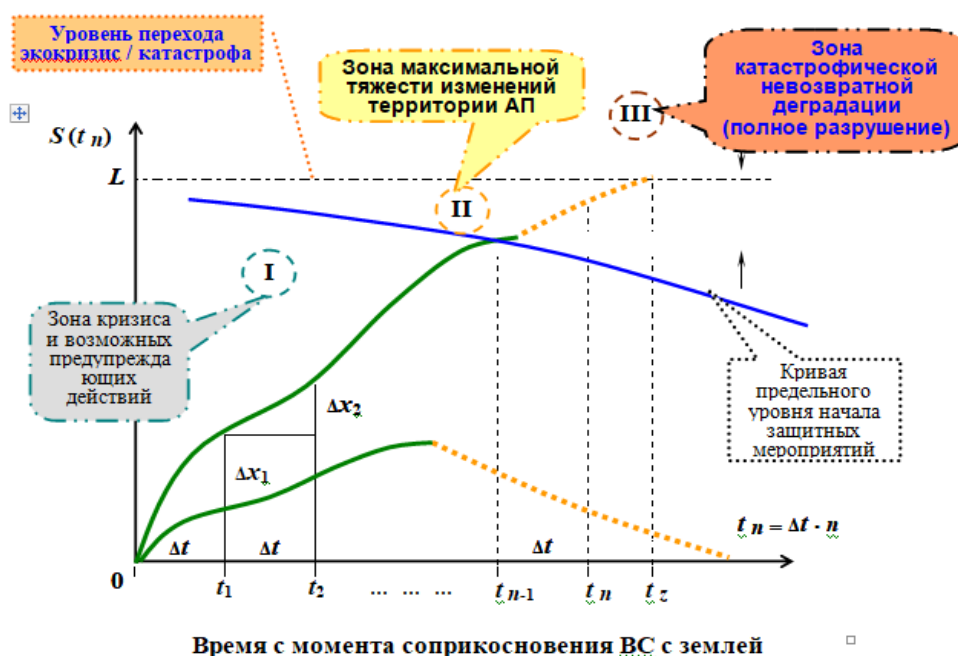


Рисунок 3.3 - Развитие ущерба нанесенного ОС при АП.

Разлитые авиаГСМ и СЖ 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 кривой нарастания ущерба так, чтобы она не достигла кривой предельного уровня начала защиты, а по возможности, чтобы она прошла намного ниже.

Экосистемы могут развиваться и изменяться, процессы изменения носят не только суточный и сезонный характер. Подобное изменение происходит из-за изменения свойств среды обитания, нарушается состав биоценоза. Причинами этих изменений являются влияния факторов (комплекса факторов), они могут быть естественными (наводнения, извержения вулканов, землетрясения и т.д.) и антропогенными (вырубка лесов, открытая добыча полезных ископаемых, строительство транспортных коммуникаций, военные действия, загрязнение экосистем и т.п.). Существенное нарушение состава биоценоза порождает неустойчивые, сменяющее друг друга экологические сообщества, в идеале все это ведет к восстановлению исходного типа экосистемы, но может произойти смена биоценозов. Таким образом происходит биологическое развитие или экологическая сукцессия.

Экологическая сукцессия – развитие, при котором в пределах одной и той же территории (биотопа) происходит последовательная смена одного биоценоза другим в направлении повышения устойчивости экосистемы [111].

К антропогенным факторам отнесем деятельность ГА, упавшее ВС нарушает условия в локальной экосистеме (меняются свойства среды, состав биоценоза). Логично заключить, что чем крупнее нарушение в экосистеме нанесет АП, тем дальше пройдет процесс восстановления. Для ускорения процесса формирования экологического сообщества, которое будет наиболее адаптировано к сложившимся условиям после АП, необходимо своевременно произвести соответствующие природоохранные мероприятия. Понятно, что все внимание и акцент посвящены вопросам расследования причин АС,

однако имеется возможность адаптировать некоторые действия по охране ОС, которые будут рассмотрены далее.

Стоит отметить, что применяемые превентивные методы и средства регулирования, уменьшающие воздействие на ОС, должны иметь некоторые особенности, учитывающие все характеристики места АП для экологических целей ликвидации последствий.

Влияние на ОС, а конкретнее на почву пролитого авиационного топлива и других спец. жидкостей являются одной из главных причин, по которым проводить оперативные действия необходимо.

Экологическая безопасность почвенного комплекса имеет в настоящее время важнейшее значение для всех стран, в том числе и РФ. Основой жизни растений, активно потребляющих углекислый газ и вырабатывающих кислород, является почва, которая подвергается сильному угнетению в результате авиационного происшествия. Проливы авиаГСМ и СЖ при ЧС с ВС представляют экологическую опасность в связи с тем, что из-за превышения норм предельно допустимых концентраций (ПДК) по вредным элементам в почвах наблюдается 2-3 кратное снижение растительности и плодородности, исходя из чего можно констатировать, что уровень угнетения почв при АП является критическим.

В результате попадания углеводов в экосистему происходит комплексное загрязнение сразу несколькими группами органических веществ, возможны экстремальные изменения в составе природных ценозов [112, 113].

Жидкие углеводороды легко проникают в слои почвы, снижают ее характеристики (водопроницаемость, газообмен и пр.), таким образом, в ОС возникают необратимые повреждения [114]. Растения достаточно чувствительны к углеводородам авиаГСМ, т.к. проникшие в почву углеводороды попадают в корневую систему, следовательно, и в сами растения, затем в течении некоторого времени происходит угнетение

жизненных процессов у них и вегетация растений замедляется, иногда на 25-35 дней.

Опасность углеводородов ГСМ, как загрязнителей ОС, обусловлена не только биохимической активностью, но и чрезвычайной подвижностью жидких и газообразных углеводородов, способствующих их распространению далеко от источника загрязнения. Распространению углеводородов сопутствуют такие явления, как смачивание и растекание, сорбция, фильтрация через пористые среды, диффузия и т.п.

В результате попадания углеводородов в почву она теряет агрофизические и агрохимические свойства, подавляются процессы саморегуляции и самоочищения, это происходит из-за изменения некоторых свойств (влагопроницаемость и влагоемкость, воздухопроницаемость и воздухоемкость) [115]. В Почве присутствует аэробная микрофлора, которая способна естественным образом разлагать углеводороды, однако из-за того, что ГСМ создают пленку на поверхности почвы и доступ кислорода усложняется, следовательно и замедляются процессы разложения. Таким образом, негативное влияние углеводородов на экосистему увеличится по времени, также как и естественный процесс их разложения, который условно можно разбить на несколько этапов:

1. В начале происходит физико-химическое разложение ГСМ попавших в почву (первостепенно для углеводородов с длинной цепи  $C_{12-16}$ ). в [116] отмечается, что в этот период экосистема испытывает на себе токсическое воздействие, но затем будет происходить увеличение парафинокисляющих бактерий;

2. Затем происходят процессы микробиологической трансформации попавших в почву углеводородов, в работе [112] отмечается, что в этот момент происходит деструкция n-алканов ( $C_{17-30}$ ) и окисление простейших ароматических углеводородов, появляются метаболиты;

3. Далее в почве формируется (восстанавливается) биоценоз, однако в почве все же остаются ГСМ, а именно их наиболее устойчивая

составляющая (высокомолекулярные соединения), в работе [117] указывается, что оставшееся из состава ГСМ плохо поддаются переработке микробами;

Разложение углеводов ГСМ (в частности авиаГСМ) в почве зависит от многих условий (факторов), например: от количества углеводородокисляющих микроорганизмов в почвенной среде экосистемы, от абиотических факторов почвенной среды (температура, кислорода, влажности), от концентрации углеводов в почве. Естественный процесс самоочищения достаточно длительный (10-20 лет, в некоторых случаях до 50 лет). В [118] отмечается, что в почве могут находиться углеводородокисляющие микроорганизмы (менее 1-1,5% от всей микробной популяции в конкретном месте), в почве, которая подверглась загрязнению ГСМ количество таких организмов может увеличиваться в 10 раз. В [119] указано, что скорость распространения ГСМ в почве зависит от удельной массы ГСМ, и чем она ниже, тем выше скорость.

Особенностью загрязнения почвенной среды ГСМ является то, что сначала легкие фракции из-за проникающих свойств начинают активно распространяться [120], а более тяжелые фракции создают в верхнем слое почвы (примерно до 10-13 см) оболочку, которая препятствует испарению более легких фракций, таким образом процесс естественного разложения углеводов значительно усложняется как минимум по времени.

Защита почв, как неотъемлемый компонент экологической части обеспечения БП, является актуальной в наши дни для ГА причиной, по которой непременно необходимо повышать уровень БП до максимально возможного значения не только для защиты жизни и здоровья людей, но и во избежание экологического воздействия на ОС.

Проливы нефтепродуктов периодически случаются, например, в результате нарушений различных требований подобные случаи происходят при транспортировке нефти по магистральным трубопроводам [121]. С ВТ все гораздо сложнее, т.к. АП (в результате которого и проливаются остатки

авиационного керосина) может случиться в любое время и в любом месте. Проблемы с нефтепродуктами так же встречаются на водном транспорте. Кроме аварийных проливов нефтепродуктов в водный объект, сложности на водном транспорте представляют загрязненные нефтью емкости, которые необходимо чистить. В работе [122] предложены методы и средства по очистке емкостей от нефтепродуктов с учетом экологической безопасности таких процессов.

Проведенные многочисленные исследования процессов естественного разложения и последствий попадания ГСМ в почву доказывают, что для улучшения состояния почвенной среды необходимо применять различные методы о ее очистке (механические, физико-химические, химические, биологические и т.п.). Поэтому вопросы по детоксикация зараженных земель на месте АП актуальны.

### **3.2.1 Углесорбционные методы**

Вариант детоксикации почв углесорбционным методом является наиболее подходящим, так как эффективен с экологической и экономической точек зрения, для восстановления плодородия почв, нарушенных в результате АП.

Важно отметить, что активный уголь обладает высокой устойчивостью к экстремальным факторам. Поэтому ущерб, нанесенный почвам в результате АП, с помощью мероприятий по детоксикации и рекультивации методом углеадсорбции можно снизить в любое время года.

Предложенный метод использует препарат, который содержит в своем составе углеродный сорбент – активный уголь (как в чистом виде, так и с добавками микроэлементов и других мелиорантов).

В [123] адсорбцией определяют как поглощение вещества поверхностью поглотителя (адсорбента). Адсорбция является частным

случаем общего явления, которое называется сорбцией (поглощение веществ, входящих в состав одной фазы, другой фазой, называемой сорбентом).

В качестве адсорбентов (или поглотителей) применяются вещества, имеющие большую удельную (т.е. отнесенную к единице массы или объёма) поверхность. Активность адсорбентов характеризуется количеством вещества, поглощаемого единицей их массы или объёма. Активные угли имеют большую эффективность как поглотитель углеводородов горюче-смазочных материалов.

Активный уголь – это высокопористый углеродный адсорбент (удельная поверхность 500-2000 м<sup>2</sup>/г), который имеющий развитую внутреннюю поверхность. Он принадлежит к группе графитовых тел, представляет собой разновидность углерода, в [124] указано, что графитоподобные слои (плоскости) в активных углях сдвинуты относительно друг друга и не совпадают в направлении, перпендикулярном плоскости слоёв, это и отличает их от графита (рис 3.4). в структуре активных угле имеется система пор (макропоры, мезопоры, микропоры) различного размера, представленного в таблице 3.2, которые играют значительную роль в использовании угля как сорбента.

Таблица 3.2 Объёмы пор различных типов в пористой структуре активного угля типа АГ-3

Объём пор, см <sup>3</sup> /г			
макропор	мезопор	микропор	суммарный
0,51- 0,60	0,08- 0,10	0,24- 0,28	0,83-0,98

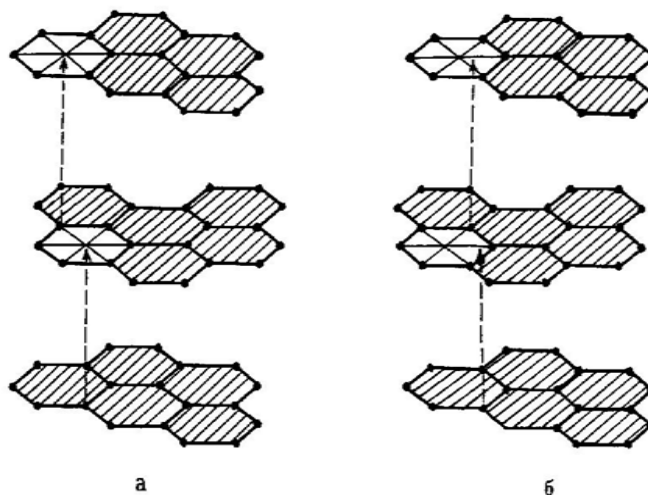


Рисунок 3.4 - Структура графитоподобных слоев: а – упорядоченная структура в графите; б – неупорядоченная структура в активных углях [124].

Активные угли могут получать из различных видов органического сырья: каменного угля различной степени метаморфизма (бурого, тощего, слабоспекающегося, антрацита и др.), торфа, древесного угля-сырца, косточек плодов и скорлупы орехов, опилок, отходов разных производств, а по химическому составу активные угли на 80-90 мас. % состоят из углерода; остальное зола (10-20 мас. %) и небольшое количество поверхностных окислов, содержащих кислород и водород. Из различных свойств и характеристик активных углей для адсорбционной очистки стоит отметить следующие: высокую прочность, адсорбционную емкость, гидрофобность, поглотительную способность, насыпную плотность [123].

Научный совет по адсорбции Российской академии наук (РАН) в своей классификации подразделяет активные угли: для адсорбции газов и паров, для адсорбции из жидкой фазы, для очистки почв, для медицинских целей, для катализаторов, осушителей и химических поглотителей [124].

Концептуальная основа углеадсорбционной детоксикации почв заключается в полном и быстром переводе продуктов нефти и других

загрязняющих веществ, поступивших в почву в результате АП, из почвенного раствора в недоступное для растений сорбированное состояние, с последующим разложением их в пористой структуре активного угля.

Технология углеадсорбционной детоксикации является эффективным средством защиты почвы, позволяет при разовой обработке иметь в течение 3-х лет экологически чистую почвенную систему вне зависимости от количества ГСМ и СЖ, имеющихся в ВС.

В [124] отмечается, что сам активный уголь является экологически чистым веществом и не оказывает отрицательного действия на жизнедеятельность растений и активность почвенной микрофлоры.

Суть метода углеадсорбционной детоксикации почв состоит в том, что в почву вносятся активные угли и им подобных углеродных адсорбентов дозами примерно 50-100 кг/га с последующей их заделкой на глубину ориентировочно 10-15 см. Вносить уголь можно с использованием сельскохозяйственной и специальной техники [125].

Для очистки почвы от нефтепродуктов и других органических загрязнителей, попадающих в неё в результате крушения ВС, активные угли могут выпускаться в виде различных препаративных форм: мелкодисперсных порошков с размером частиц менее 100 мкм ( $<10^{-4}$  м); полидисперсного материала с размером частиц  $1 \cdot 10^{-4}$ - $5 \cdot 10^{-3}$  м; водной суспензии (массовое отношение вода : АУ = 10 : 1); композиции с минеральными макро- и микроудобрениями в обычной гранулированной форме.

В качестве адсорбентов для детоксикации почв целесообразно использовать наиболее эффективные активные угли с объёмом микропор не ниже  $0,8 \text{ см}^3/\text{г}$ , такими являются, например, угли типа АГ, технические характеристики которых представлены в таблице 3.3, а показатели пористой структуры в таблице 3.4. При этом другие характеризующие качество углей показатели не являются ограничивающими факторами. В [126] отмечены некоторые особенности активных углей типа АГ, указано, что в их составе

имеются микроэлементы и прочие вещества (например, соединения цинка, бора), которые могут выполнять функции подкормки.

Таблица 3.3. Технические характеристики активных углей типа АГ

Наименование показателей	Нормы		
	АГ-3	АГ-3у	АГ-3П
Прочность на истирание, %, не менее	75	72	53
Насыпная плотность, г/дм <sup>3</sup>	410-480		300-380
Массовая доля золы, %	13 - 20		
Фракционный состав, %, массовая доля остатка на сите с полотном			
№ 36	До 0,4		-
№ 28	До 3		До 3
№ 15	От 86		От 70
№ 10	До 10		До 25
На поддоне	До 0,6		До 2

Таблица 3.4. Показатели пористой структуры гранулированных активных углей типа АГ

Показатель	Марка активного угля	
	АГ-3, АГ-3у	АГ-3П
Суммарный объём пор, см <sup>3</sup> /г	0,80-1,00	1,20-1,30
Объём микропор, см <sup>3</sup> /г	0,24-0,35	0,41-0,47
Объём мезопор, см <sup>3</sup> /г	0,02-0,10	0,15-0,20

Проведение работ, по детоксикации активными углями почвы, загрязнённой нефтепродуктами от потерпевшего бедствие ВС, должно складываться из нескольких этапов:

1. Первоначальное траншеирование по периметру места АП с укладкой сорбента. Таким образом создается барьер вокруг мест с максимально возможным количеством пролитых и поступивших в почву углеводородов горюче-смазочных материалов и прочих загрязнителей.

2. Разработка карты загрязнений места авиационного происшествия.

3. Определение количества горюче-смазочных материалов в загрязненной почве.

4. Расчет необходимого количества активного угля (любого другого сорбента).

5. Внесение сорбента в почву

6. Взятие проб почвы на предмет наличия углеводородов горюче-смазочных материалов и прочих загрязнителей, затем выполнение процедур по рекультивации почвы.

Применение угледсорбционных технологий для детоксикации почв является наиболее эффективным и оперативным приёмом при загрязнении авиационными горюче-смазочными материалами и другими нефтепродуктами. Применении активированных углей оказывается эффективным при решении следующих основных задач:

- Нейтрализация отрицательного действия углеводородов нефти, поступивших в почву в результате АП;
- Получение незаражённой растительности, не содержащей остатков поллютантов.

### **3.2.2 Биотехнологические методы**

В настоящее время биотехнологические методы, которые уменьшают последствия пролитого авиаГСМ и СЖ при АП, имеют два варианта действия:

- вариант, когда в почву вносятся биопрепараты, в основу которых входят активные углеводородокисляющие микроорганизмы;
- вариант, когда активно стимулируется аборигенная нефтеусваивающая микрофлора почвы.

Как показывает практика и мнение специалистов, применение биопрепаратов серьезно оправдывает себя только в случаях, когда предполагается перемещение загрязненной почвы на специально оборудованные технологические площадки или специально создаются условия без вывоза почвы, оптимальные для функциональной активности

биопрепарата. Стоит отметить, что при неблагоприятных погодных условиях, как правило это близкие к отрицательным значения температуры ОС, применение биопрепаратов неэффективно.

Различных вариантов применения биопрепаратов (как отдельных штаммов, так и консорциумов штаммов) с целью очистки почвы от нефтепродуктов большое множество. Существует много патентов по применению биотехнологических методов снижения полученного воздействия от пролитых нефтепродуктов. В базе данных Федерального института промышленной собственности (ФИПС) и фонде Всероссийской патентно-технической библиотеке (ВПТБ) сдержатся различные варианты решения вопроса применения той или иной технологии с использованием биопрепаратов для очистки почвы от нефтепродуктов. Каждая из технологий имеет свои особенности применения.

В [127] предложили биопрепарат, содержащий гидролизат, в котором имеется продукт анаэробной ферментации смеси листьев растений, свекольной или тростниковой мелассы и воды, и культуральную жидкость. Все компоненты взяты в заданных соотношениях, культуральная жидкость образуется при этом в процессе получения микробной массы аборигенных углеводородокисляющих микроорганизмов. Биопрепарат БИОЛ является натуральным жидким микробно-ферментным препаратом-деструктором нефтяного загрязнения и может быть использован для очистки различных грунтов от загрязнений бензином, дизельным топливом, моторным маслом и т.п. веществами.

Очистка почвы и шламов от нефти и нефтепродуктов происходит следующим образом: Из почвы, которая загрязнена нефтью и/или нефтепродуктами, берут пробы, из которых необходимо выделить доминирующие по численности углеводородокисляющие штаммы (например, *Bacillus mycoides*, *Pseudomonasaureginosa*, *Aeromonashidrophila*, , *Lactobacilluscrispatus*, *Chryseobacteriumindolgenes* и т.п.). Выделенные штаммы помещают в биореактор, где их выращивают в последствии с

получением культуральной жидкости. Затем в биоферментаторе из смеси измельченных листьев растений, тростниковой или свекольной мелассы (патоки) и воды проводят процесс анаэробной ферментации, для получения гидролизата. Затем в гидролизат добавляют культуральную жидкость согласно определенной пропорции, таким образом и получают биопрепарат БИОЛ, который вносят в почву из расчета 0,15-1,5 л/м<sup>3</sup>.

Данный способ, достаточно универсален, так как гидролизат может быть приготовлен на основе различных растений, правда время приготовления гидролизата достаточно длительное и может достигать до 3-х недель в лаборатории, также в процессе приготовления выделяется метан. Биопрепарат хорош тем, что использует метаболический потенциал биологических объектов экосистемы. Снижение содержания нефти и нефтепродуктов в грунтах до уровня ниже ПДК производится ориентировочно за 2-5 месяцев. Активность действия по очистке может снижаться с понижением температуры ОС.

Вариант очистки почвы, загрязненной нефтью и нефтепродуктами, предложенный в патенте [128] заключается в внесении в почву сорбента, биопрепарата и дождевых червей *Eisenia fetida*. Сорбент используется органоминеральный, пропитанный 0,5-1% водным раствором биопрепарата (биопрепарат состоит из консорциума бактерий, усиливающий процесс окисления углеводов). Органоминеральный сорбент должен иметь объем пор не менее 2,0 см<sup>3</sup>/г, средним радиусом пор 200-2000 нм и вносится в почву в количестве 0,1-0,2 кг на 1 кг почвы. Затем, спустя не менее 3-х недель вводят компостных червей (10 особей на 1 кг почвы) на 20 недель, при этом температура ОС не должна быть ниже 5°C, а влажность почвы не менее 60%. Очистке подлежит почва, загрязненная нефтью и нефтепродуктами в количестве до 80 г/кг почвы.

Очистить почву от нефти и нефтепродуктов можно с помощью биопрепарата, который состоит из клеток штамма *Stenotrophomonas maltophilia* СНБС-3. Данный препарат можно использовать даже для очистки

водных сред. Проведенные опыты по применению данного штамма по очистке почвы доказывают тот факт, что с повышением температуры повышается эффективность биodeградации нефти и нефтепродуктов (табл. 3.5).

Штамм *Stenotrophomonas maltophilia* СНБС-3 не токсичен к высшим растениям. Согласно [129] такой штамм достаточно легко поддерживается посевами 1 раз в неделю, хранится при температуре около +4°C. Можно, например, использовать для очистки почвы от нефти и нефтепродуктов такие штаммы микроорганизмов как: *Pseudomonas putida* 36, *Acinetronacter* sp. НВ-1, *Pseudomonas caliginosa* E7, *Rhodococcus erythropolis* E-15 или консорциум нефтеокисляющих микроорганизмов в составе *Pseudomonas putida* ПИ Ко-1, *Pseudomonas fluorescens* ПИ-896, *Micrococcus* sp. ПИ Ку-1, *Burkholderia caryophylli* Jap-3, *Serratia odorifera* Jap-1. Но в [129] отмечается, что по сравнению с штаммом *Stenotrophomonas maltophilia* СНБС-3 данные штаммы хуже либо по срокам биodeградации нефти, либо по диапазону рабочих температур, либо по факту дополнительных действий. Например, штамм *Rhodococcus erythropolis* E-15 работает только при добавлении нитроаммофоски или нитроаммофоски и натриевой селитры (патент RU № 2019527, МПК C02F3/34, E02B15/04, C09K17/00, опубл. 15.09.1994). Применение такого штамма как *Bacillus subtilis* Колыма 7/2 ограничивается тем, что осуществляется деградация только нефти и только в почве, т.е. утилизировать нефтепродукты такие как, например, дизельное топливо.

Можно, например, использовать для очистки почвы от нефти и нефтепродуктов такие штаммы микроорганизмов как: *Pseudomonas putida* 36, *Acinetronacter* sp. НВ-1, *Pseudomonas caliginosa* E7, *Rhodococcus erythropolis* E-15 или консорциум нефтеокисляющих микроорганизмов в составе *Pseudomonas putida* ПИ Ко-1, *Pseudomonas fluorescens* ПИ-896, *Micrococcus* sp. ПИ Ку-1, *Burkholderia caryophylli* Jap-3, *Serratia odorifera* Jap-1. Но в [129] отмечается, что по сравнению с штаммом *Stenotrophomonas maltophilia* СНБС-3 данные штаммы хуже либо по срокам биodeградации нефти, либо по

диапазону рабочих температур, либо по факту дополнительных действий. Например, штамм *Rhodococcus erythropolis* E-15 работает только при добавлении нитроаммофоски или нитроаммофоски и натриевой селитры (патент RU № 2019527, МПК C02F3/34, E02B15/04, C09K17/00, опубл. 15.09.1994). Применение такого штамма как *Bacillus subtilis* Колыма 7/2 ограничивается тем, что осуществляется деградация только нефти и только в почве, т.е. утилизировать нефтепродукты такие как, например, дизельное топливо, масло моторное, маслогидравлическое, газовый конденсат не выйдет.

В [130] предложен Биопрепарат, который может также быть использован как биотехнология по очистке почв и воды от нефти и нефтепродуктов на месте АП. Данный биопрепарат состоит из биомассы штамма углеводородокисляющих бактерий *Bacillus subtilis* СНБС-1 (*Bacillus subtilis* ВКПМ В-12239), субстратом-носителем является смесь на основе клиноптилолита, подготовленных древесных опилок и перегноя в определенном соотношении.

Штамм *Bacillus subtilis* СНБС-1 относится к аэробам, активно растет при температуре ОС + 16...+37°C, рН 6,0–8,0. Штамм не токсичен по отношению к высшим растениям, может храниться в сублимированном высушенном состоянии (лиофилизированном состоянии) в запаянных ампулах и в пробирках при температуре +4°C.

Биопрепарат можно вносить сразу в почву без предварительной подготовки с помощью специальных средств (например, сеялок, навозоразбрасывателей, машин-вносителей удобрений и пр.) или вручную. Рекомендации по внесению биопрепарата в почву:

- среднесуточная температура почвы от +5 до +40°C;
- уровень кислотности почвы составляет рН 4,5-9,0;
- влажность почвы в пределах 40-60%;
- временной интервал между повторными внесениями биопрепарата в почву – 30-45 суток.

Таблица 3.5. Деструкция нефти и нефтепродуктов в почве под влиянием клеток штамма *Stenotrophomonas maltophilia* СНБС-3 за 45 суток [129].

Схема опыта	Температура проведения исследования, °С	Содержание нефти, мг/кг		Деградация нефти, %
		До очистки	После очистки	
Контроль (почва+нефть)	+5±1	3000	2940	2
Почва+нефть+суспензия клеток штамма <i>Stenotrophomonas maltophilia</i> СНБС-3		3000	2800	6,6
Контроль (почва+дизельное топливо)		3000	2900	3,3
Почва+дизельное топливо+суспензия клеток штамма <i>Stenotrophomonas maltophilia</i> СНБС-3		3000	2780	7,3
Контроль (почва+нефть)	+20±1	3000	2820	6
Почва+нефть+суспензия клеток штамма <i>Stenotrophomonas maltophilia</i> СНБС-3		3000	1356	54,8
Контроль (почва+дизельное топливо)		3000	2800	6,6
Почва+дизельное топливо+суспензия клеток штамма <i>Stenotrophomonas maltophilia</i> СНБС-3		3000	1260	58
Контроль (почва+нефть)	+30±1	3000	2794	6,8
Почва+нефть+суспензия клеток штамма <i>Stenotrophomonas maltophilia</i> СНБС-3		3000	1200	60
Контроль (почва+дизельное топливо)		3000	2750	8,3
Почва+дизельное топливо+суспензия клеток штамма <i>Stenotrophomonas maltophilia</i> СНБС-3		3000	1000	66,6
Контроль (почва+нефть)	+37±1	3000	2760	8
Почва+нефть+суспензия клеток штамма <i>Stenotrophomonas maltophilia</i> СНБС-3		3000	1180	60,6
Контроль (почва+дизельное топливо)		3000	2700	10
Почва+дизельное топливо+суспензия клеток штамма <i>Stenotrophomonas maltophilia</i> СНБС-3		3000	1100	63,3

В зависимости от концентрации нефтяного загрязнения почвы расход препарата может увеличиваться или уменьшаться. Так, например, [130] «требуется 3-10 кг препарата на 10 кг почвы при загрязнении почвы 300 000-1 000 000 мг/кг». Препарат можно также использовать при загрязнениях воды нефтепродуктами и нефтью.

Неиспользуемый биопрепарат необходимо подвергнуть утилизации. Утилизация должна проводиться согласно требованиям, которые предъявляются к веществам 4 класса опасности.

Достаточно хорошую эффективность очистки почвы от загрязнений нефтью и нефтепродуктами показал биопрепарат в состав которого входит консорциум микроорганизмов таких штаммов как: *Pseudomonas putida* ПИ Ко-1, *Pseudomonas fluorescens* ПИ-896, *Micrococcus* sp. ПИ Ку-1, *Burkholderia caryophylli* Jap-3, *Serratia odorifera* Jap-1. Однако требуется ввести земледобрильный препарат азотфиксирующих микроорганизмов, этот усложняет процесс. Биопрепарат «Путидойл» сложен технологией приготовления, при котором бактерии могут гибнуть или терять необходимую активность. Есть способы, благодаря которым можно восстановить жизнедеятельность бактерий, но их провести лучше всего в условиях лаборатории, что естественно в целом усложняет процесс приготовления биопрепарата.

Проблема биопрепарат «Деворойл», который содержит консорциум микроорганизмов *Rhodococcus maris*, *Rhodococcus erythropolis*, *Pseudomonas stutzeri*, *Yarrowialipolytica*, связана с тем, что снижается численность микроорганизмов независимо от температуры хранения, даже несмотря на применение защитных веществ. При хранении требуются NaCl, витамины (биологически активные вещества), осмопротекторы (бетаин).

Биопрепарат «Нафтокс» имеет малый срок хранения (не более 1 месяца) и не применяется в условиях пониженных положительных температур (+5°C).

Некоторые штаммы бактерий, используемые в качестве деструкторов углеводов, резонно использовать совместно с растениями-фиторемедиантами. Например, есть способ фиторемедиации почвы, загрязненной углеводородами включает посев растений-фиторемедиантов (используют семена люцерны посевной *Medicago sativa* или пшеницу озимую *Triticum durum*) и применение суспензии штамма микроорганизма-

деструктора углеводов (суспензия клеток штамма *Rhodococcus erythropolis* ВКМ Ас-2017Д совместно с содержащей фитогормоны средой культивирования, в состав которой входят:  $KNO_3$ ,  $Na_2HPO_4$ ,  $KH_2PO_4$ ,  $MgSO_4$ ,  $H_2O$ , сахара, триптофан), стимулирующего рост растений для ускорения скорости очистки почв на сильно загрязненных участках. Данный способ описан в [131] и имеет ряд особенностей:

1. штамм микроорганизмов *Rhodococcus erythropolis* ВКМ Ас-2017Д можно применять в качестве стимулятора роста растений;
2. непатогенность микроорганизма;
3. используемый штамм можно использовать в широком диапазоне температур и значений рН, однако при использовании штамма с растениями-фиторемедиантами необходимы положительные температуры для посева и роста;
4. для эффективности очистки в загрязненный грунт необходимо вносить удобрение (аммофос, нитроаммофоска, диаммофоска);
5. данный биологический метод позволяет реализацию нескольких стратегий осуществления биоремедиации;
6. синтез индолил-три-уксусной кислоты (ИУК) штамма *Rhodococcus erythropolis* ВКМ Ас-2017Д зависит от температуры и источника углерода (гексадекан и сахара).

Часто можно встретить случаи применения биопрепарата, который содержит биомассу множества штаммов бактерий. В работе [132] предложен вариант очистки почв от загрязнений нефтью и нефтепродуктами биопрепаратом, который состоит из штаммов бактерий таких как: *Rhodococcus* sp.ВКМ Ас-2533Д, *Rhodococcus* sp.ВКМ Ас-2532Д, *Pseudomonas putida*ВКМ В-2380Д, *Pseudomonas* sp.ВКМ В-2387Д. Рабочий раствор вносится в загрязненную почву из расчета 10 л/м<sup>2</sup> в определенной концентрации, а также в почву вносится удобрение «Нитроаммофоска». Также используется консорциум нефтеокисляющих организмов таких штаммов бактерий и дрожжей как: *Rhodococcus qingchengii* ВКПМ АС-1877,

*Rhodococcus erythropolis* ВКПМ АС-1878, *Rhodotorula mucilaginosa* ВКПМ У-3604. Для эффективности функционирования данных бактерий необходимо следующее:

1. биомассу штаммов вносят в загрязненную почву в количестве примерно 0,2%-0,5% от массы загрязнителя;
2. в почву вносится минеральное питательное вещество;
3. в загрязненную почву вводят поверхностно-активное вещество (ПАВ) в количестве 0,2%-0,5% от массы загрязнителя.

В [133] отмечено, что ПАВ играет роль разрушителя пленки жидких углеводородов и водонефтяной эмульсии на тонкодисперсные частицы, которые достаточно легко подвергаются окислению, а значит быстро перерабатываются.

Воду, загрязненную нефтью и нефтепродуктами можно также с использованием биотехнологий, так биопрепарат, состоящий из консорциума микроорганизмов *Acinetobacter* sp. ИБ ДТ 5.1/1 и *Ochrobactrum* sp. ИБ ДТ 5.3/2 используется для этих целей. Однако процесс очистки осуществляют при помощи аэрации водного объекта [134].

Некоторые биотехнологии могут обладать различными способностями, например, выполнять функции сорбента и нефтедеструктора. В работе [135] представлен такой вариант биосорбента, который состоит из гидрофобного сорбента на основе верхового торфа и ассоциации штаммов *Rhodococcus erythropolis* ВКПМ АС-1660 и *Rhodococcus* sp. ВКПМ АС-1260 в соотношении 1:1 по объему. Нефть и нефтепродукты, которые попали в сорбент подвергаются биодеструкции, которая протекает при температуре от 2°C до плюс 32°C, для биопрепаратов это достаточно большой период температур для эффективного применения. Отмечается, что нет необходимости в проведении мероприятий по утилизации сорбированной нефти, что является несомненным преимуществом, положительным является и то, что данный биопрепарат можно использовать для очистки водных поверхностей и почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. Сложностью

такой биотехнологии является создание биосорбента, точнее создание биоэмульсии, в которой содержатся ассоциации штаммов, и способа ее нанесения на сорбент-носитель.

Важным моментом является то, что АП может произойти где угодно в любое время года, так, например за 2018 г. количество АП по кварталам распределилось таким образом, что большая часть выпала на 2-й и 3-й кварталы, но и на зимние месяцы 1 и 4 кварталов также приходится достаточное количество катастроф и аварий (рис. 3.5). Классической проблемой большей части биопрепаратов является то, что в условиях низких температур они не могут применяться, но имеются способы очищения мерзлотной почвы от пролитых нефти и нефтепродуктов. Такие методы можно использовать для снижения воздействия на ОС от пролитого авиационного топлива в результате АП.

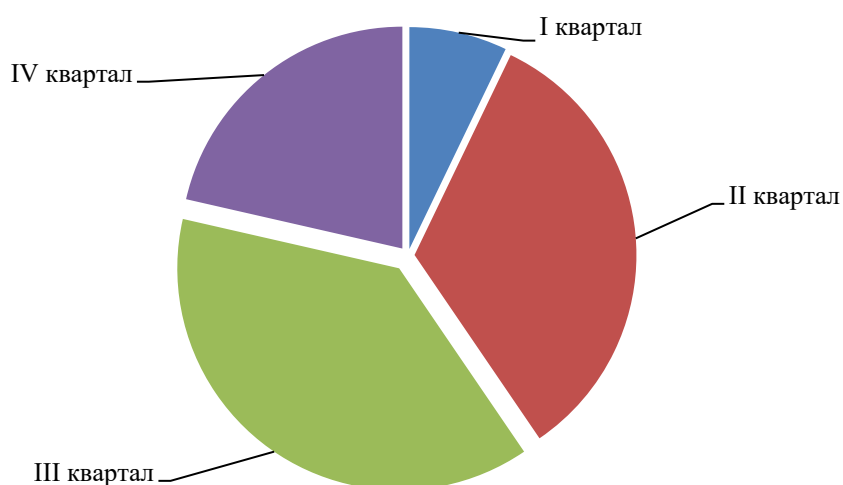


Рисунок 3.5 - Распределение мест АП с ВС ГА по кварталам за 2018 г., по данным МАК

Биотехнология, предложенная в работе [135] может быть использована при очистке мерзлотных, загрязненная нефтепродуктами. В промерзшую почву вносят суспензию с входящим в нее штаммом бактерий *Exiguobacterium mexicanum* ВКПМ В-11011 (1 литр биопрепарата на 1 м<sup>3</sup> в широком диапазоне температуры ОС и почвы от +4 до +37°C). Главным

преимуществом штамма является факт высокой утилизирующей способностью в относительно короткие сроки (от 7 суток до 60-ти суток) при средней температуре почвы и ОС +8 +14°C. Подобным образом работает внесенный биопрепарат состоящий из штамма бактерий *Bacillus vallismortis* ВКПМ В-11017. Однако сравнивая его с штаммом бактерий *Exiguobacterium mexicanum* ВКПМ В-11011, он обладает меньшей эффективностью, это доказывают эксперименты из [136, 137].

Непатогенный штамм бактерий *Pseudomonas panipatensis* ВКПМ В-10953 можно использовать для очистки мерзлотной почвы от пролитых в результате АП нефтепродуктов. Биотехнология в состав которой входит штамм бактерий *Pseudomonas panipatensis* ВКПМ В-10953 достаточно хорошо перерабатывает нефтепродукты в диапазоне температур ОС от +8°C до +30°C [138]. Штамм таких бактерий обладает рядом свойств и характеристик в частности: является аэробом; быстро (в течение 1-2 дней) растет на питательных средах; устойчив к некоторым веществам (к амоксиклаву, к бензилпенициллину и пр.); нетоксичный; нетоксигенный и может быть использован для различных экосистем, различных климатических зон.

Для водоемов, загрязненных нефтепродуктами от АП можно использовать методы биологической очистки, в частности с помощью ботанических средств, т.е. применять растительные культуры высшей водной растительности, подобный вариант продемонстрирован в [139]. В качестве растительной культуры высшей водной растительности можно рассматривать растение водный гиацинт эйхорния (*Eichornia speciosa*) оно ускоряет процессы разложения нефтепродуктов [140].

Отечественными организациями и фирмами предлагается довольно обширный перечень биопрепаратов для очистки почв от нефти и нефтепродуктов: Путидойл, Биоприн (олеворин), Деворойл-1, -2, Бациспектин, Биосэт, Лестан, Ленойл СХП, Сойлекс, Микрозим ТМ Петро

Трит, Родер, ОхроминЮ Руден, Никаойл, Олеофильный биопрепарат, Микпор, Экойл-1, -2, ЛЕССОРБ-био, Экобел и пр.

В [141] приведен анализ отечественных биопрепаратов, все они обладают множеством различных характеристик и могут быть использованы для процедур по очистке почвенного покрова, который загрязнен нефтепродуктами от аварийного ВС. Но, соответствующей документацией (в частности, лицензии на выполнение работ по очистке нефтезагрязненных почв) обладают не все организации, продвигающие на рынке конкретный биопрепарат.

Есть некоторые проблемы при применении биопрепаратов для очистки почв и грунта от нефтепродуктов:

1. возникновение необходимости утилизации или нейтрализации препарата после детоксикации;
2. узкий спектр действия (например, некоторые биопрепараты очищают почву только от сырой нефти или только нормальные парафины нефти (C<sub>12</sub>—C<sub>18</sub>) и т.п.);
3. ограничения применения по температуре, кислотности, влажности почвы;
4. малый срок хранения, сложность хранения;
5. сложность изготовления препарата (либо долго по времени, либо требуются сложные лабораторные процессы)
6. высокая стоимость (не всегда оправданная);
7. сложность в применении (например, требуется внесение дополнительных веществ (ПАВ, раскислители, минеральные удобрения и т.д.); требуется аэрация, через рыхление фрезерованием или перепашку на всю глубину проникновения нефти; укрытие поверхности почвы или грунта специальным материалом для создания условий функционирования биопрепарата и т.д.

### **3.3 Способы обеспечения эффективной реабилитации (восстановления) территории места авиационного происшествия**

Важным этапом на месте, на котором произошло АП является - восстановление, т.е. скорейшее формирование экологического сообщества, которое будет наиболее адаптировано к сложившимся условиям после АП. Помимо вышеописанных возможных превентивных методов и средств регулирования уменьшения воздействия на ОС пролитых нефтепродуктов в виде авиаГСМ и СЖ, остаются вопросы санитарной обработки места происшествия, организации уборки поврежденного ВС и всего, что в нем находилось, а также последующие действия по утилизации всего этого, в заключении вопросы по организации процесса восстановления территории места происшествия.

#### **3.3.1 Изоляция отходов высокого класса опасности, сбор и утилизация иных твердых отходов.**

В результате АП образуются твердые отходы различного класса опасности, которые требуют различных подходов к обращению с ними.

В [21] дается определение термина «Обращение с отходами», которое включает в себя такую деятельность и процессы как сбор, накопление, транспортировка, обработка, утилизация, обезвреживание, размещение отходов.

Кроме этого, образовавшиеся отходы можно разделить по источнику образования (табл. 3.6): отходы от поврежденного ВС, отходы от перевозимого на борту ВС, отходы от действий и процессов, сопряженных с АП.

Таблица 3.6 образование отходов в результате АП

Отходы, образующие от АП			
Отходы от поврежденного ВС	Отходы от перевозимого на борту ВС	Отходы от действий и процессов, сопряженных с АП	
		Отходы на территории АП	Отходы в других местах
Элементы ВС из: – композиционных материалов (углепластик, стекловолокно, карбоновое волокно, кевлар и пр.); – сплавов различных металлов (алюминий, титан, стали и т.п.); – смешанных материалов (бортовые приборы, авиационные аккумуляторные батареи, элементы внутренней отделки ВС и пр.) – и т.д.	– бортовое питание; – личные вещи экипажа и пассажиров (особенно электроника (мобильные телефоны, ноутбуки, Планшетные компьютеры)); – перевозимые груз и почта;	Отходы, появившиеся в результате: – процесса поиска и спасания; – процесса расследования; – в результате проведения ликвидации последствий АП – и т.д.	Отходы, появившиеся в результате: – процесса поиска и спасания; – отправки ВС на запасные аэродромы; – процесса расследования; – в результате проведения ликвидации последствий АП; – и т.д.

Образующиеся отходы от поврежденного ВС носят прежде всего характер доказательного материала. Работа с ними в первую очередь проводится с целью определения причины АП, элементы ВС могут быть вывезены для проведения специальных исследований, а фрагменты конструкции ВС с места АП транспортируют для последующей «выкладки», это происходит, например, в авиационном ангаре (рис. 3.6).

Комиссия по расследованию причин АП прежде всего занимается вопросами расследования, до тех пор, пока не закончится полевой этап расследования никаких мероприятий по изоляции отходов производится не может или как минимум без четкой фиксации на фото- и видеоаппаратуру и заполнения соответствующих документов.



Рисунок 3.6 - «Выкладка» фрагментов конструкции воздушного судна.

Согласно [142] расследование на месте АП должно начинаться с оценки имеющихся обломков, причем необходимо обратить особое внимание на то, чтобы на месте происшествия находились основные структурные элементы и рулевые поверхности (которые могут представлять опасность для расследователя). Для начала необходимо определить наличие основных структурных элементов (крыла, вертикального и горизонтального хвостового оперения, силовой установки, воздушных винтов и т. д.). Затем требуется определить наличие всех рулевых поверхностей. Отсутствие крупного фрагмента или рулевой поверхности может свидетельствовать о том, что они были утеряны еще до столкновения с землей. В этом случае необходимо как можно скорее начать мероприятия по их поиску.

Перед началом расследования необходимо произвести ряд мероприятий, направленных на выявление уровней воздействия источников опасности как для целей обеспечения профессиональной гигиены и охраны труда, так и для охраны окружающей среды. Такими мероприятиями могут быть:

1. токсикологическое исследование места АП;

2. санитарно-гигиеническое исследование территории АП;
  3. радиационная разведка местности;
  4. санитарно-эпидемиологическое обследование территории АП
- и т.д.

Прежде всего особое внимание стоит уделить отходам 1-2 классов опасности. Документом [21] предусмотрена классификация отходов в зависимости от степени негативного воздействия на ОС, где 1 классом опасности являются чрезвычайно опасные отходы, а 5 классов - практически неопасные.

Превентивная изоляция отходов и дальнейшее обращение с ними будут зависеть от класса опасности.

Так отходы I класса опасности для ОС после использования собираются в специальную тару (например оцинкованные контейнеры с чехлом, на металлических поддонах), далее утилизация.

Отходы II класса ( $H_2SO_4$ , щелочь и т.п.) также проходят процессы нейтрализации. Образующиеся на предприятии или в результате АП аккумуляторы могут быть направлены на вторичное использование, но по необходимости для начала их собирают в специальных помещениях-хранилищах. Отходы данного класса опасности требуется хранить отдельно от других видов отходов с обязательным использованием металлических поддонов и под навесом (если не предусмотрено помещение), для недопущения попадания и распространения в ОС.

Отходы III класса опасности (отработанное масло, пролитое аварийным ВС масло) сдаются специальным организациям для подготовки к вторичному использованию или утилизации, естественно, после соответствующих процедур по расследованию АП.

Отходы IV и V классов опасности для ОС (бумага, пластмассы, пищевые отходы) могут быть утилизированы, например, термическим способом.

Личные вещи пассажиров, их багаж, почта, груз по мере возможности доставляются родственникам погибших в катастрофе, получателям груза и почты, если удалось доказать принадлежность данных вещей. В противном случае они будут уничтожены, как правило термическим способом. Для этого оформляется АКТ об уничтожении остатков коммерческой загрузки [35].

Проблема комплексной утилизации авиационно-технического имущества актуальна как для РФ, так и для зарубежных стран. Необходимость выполнения международных договоров и экологическая угроза, которую вызывают кладбища самолетов, а также отсутствие государственной программы и, как следствие накопление большого количества списанных воздушных судов, ВС после АП многократно увеличило объемы утилизации, что потребовало ее реализации на промышленной основе в государственном масштабе. Этот сложный производственный процесс направлен на сохранение экологической безопасности, и получение сырья и материалов с целью дальнейшего их использования в производственно-хозяйственной сфере.

Значительные объемы образования и размещения на урбанизированной территории списанных и поврежденных в результате АП самолетов и вертолетов делают актуальной проблему их переработки и утилизации.

В соответствии с [143] авиационная техника (АТ), которая снятая с эксплуатации, должна быть утилизирована, кроме особых случаев (например направлена в образовательное учреждение, для различных целей обучения). Однако, не подлежит реализации АТ, которая выведена из эксплуатации в результате какого-либо АС. Для военной, государственной и экспериментальной авиации утилизацией АТ должна заниматься организация, имеющая соответствующую лицензию. Прежде чем утилизировать АТ необходимо подтверждение об исключении ВС из Государственного реестра ГВС РФ. Затем с ВС предварительно производят разукрупнение и демонтаж комплектующих изделий, параллельно

этому ведется ведомость оценки их технического состояния и заполняется акт на списание.

При подготовке АТ к разделке необходимо выполнить весь комплекс работ по приведению объекта в безопасное состояние. Помимо описанных выше токсикологических, санитарно-гигиенических, радиационных, санитарно-эпидемиологических исследований места АП и АТ необходимо произвести следующее:

- проверка на взрывобезопасность;
- проверка отсутствия зарядки воздушной, кислородной и гидравлической системы;
- проверка отсутствия топлива в топливных системах и емкостях;
- проверка отсутствия зарядки противопожарной системы;
- проверка отсутствия остаточного напряжения в электросистемах;
- проверка технического состояния конструкции объекта на прочность.

Радиационный контроль АТ должен обеспечивать обнаружение локальных источников радиоактивного загрязнения гамма-излучающими радионуклидами. После вывоза элементов ВС с места АП необходимо проведение входного радиационного контроля для этого могут использоваться приборы и оборудование для дозиметрического контроля. Источниками ионизирующего излучения могут быть приборы и аппараты, датчики содержащие радиационные элементы (например, шкалы приборов могут содержать радионуклиды в светосоставах).

Агрегаты, имеющие в своем составе драгоценные металлы, утилизируются отдельно по договорам с организациями, имеющими разрешение на право работ с соответствующими металлами.

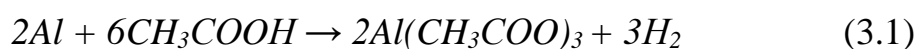
При утилизации ВС его необходимо разделить на некоторые основные части (силовые установки, агрегаты, шасси, радиоэлектронное оборудование, планер, интерьер и т.д.). Затем происходит более мелкое разукрупнение

конструкций (происходит разделение на агрегаты, блоки, элементы, узлы). Для проведения работ по разборке и разделке АТ назначается ответственное лицо.

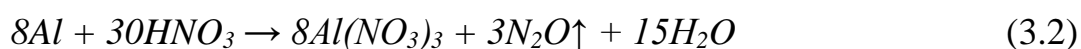
Современные ВС состоят в большинстве своем из углепластиков, композитов, алюминиевых сплавов, именно они и являются основными загрязнителями при АП. Одна из сложностей заключается в разбросе обломков самолета и их смещению между собой, соответственно их сложно сортировать, находить, вывозить, т.к. некоторые катастрофы могут происходить в лесах, болотах, горах. Рулевые поверхности управления, законцовки, съемные панели крыла и оперения, хвостовые и салонжеронные части несущих поверхностей изготавливают из полимерных композиционных материалов (ПКМ), для возможности повышения ресурса и надежности планера, а также снижения массы конструкций. Поэтому утилизация композиционных материалов приобретает актуальность в связи с быстрым ростом их использования. Салон самолета может состоять из целого ряда материалов, в основном это пластиковые композиты на основе полимеров. После пожара на месте АП достаточно сложно разделять материалы, для последующей утилизации и/или переработки с возможностью вторичного использования.

Помимо указанных отходов определенную опасность несут отходы бортового питания, особенно в случае, когда АП происходит с международным рейсом. Образовавшиеся пищевые отходы требуют обязательного термического обезвреживания и уничтожения. Такие отходы – благоприятная среда для развития патогенной микрофлоры, служат питательной средой для насекомых и грызунов, являющихся переносчиками инфекционных заболеваний, такие отходы необходимо собрать в отдельные контейнеры, с целью изоляции, затем их необходимо вывезти для утилизации или термически уничтожить на месте с помощью локальных перевозимых установок.

Проблемой для ОС является многослойная упаковка, предназначенная для продуктов питания, которая используется на борту ВС для соответствующих целей. В работе [22] показаны сложности в РФ по обращению с такими отходами, так, например, почти половина твердых коммунальных отходов состоит из различной упаковки. Проблемой утилизации многослойной упаковки является состав ее слоев (бумага, алюминиевая фольга, полиэтилен и пр.). Предложенный вариант в [22] позволяет разделить и измельчить слои многослойных упаковок, затем происходит специальная обработка в ходе которой происходит следующее (формула 3.1 по [22]):



При выполнении данного процесса могут образовываться различные химические вещества, например, соли. В работах [116, 117] представлены наиболее оптимальные варианты (концентрация кислоты, температура применения) по разделению многослойной упаковки с использованием уксусной кислоты. В [22, 146] предложен вариант с использованием для разделения слоев азотной кислоты (рекомендуется 30% азотная кислота, температура 30-40 °С), в таком случае реакция будет иметь следующий вид:



На рисунке 3.7 [22] приведено сравнение различных способов разделения слоев многослойной упаковки с использованием азотной и уксусной кислот.

Для облегчения задачи обращения с таким отходом, как многослойный упаковочный материал для пищевых продуктов, предлагается путь разделения слоев химическими реагентами. Данный метод достаточно прост

и достаточно экономичен из-за применяемых химических реагентов и получаемых отдельных слоев.

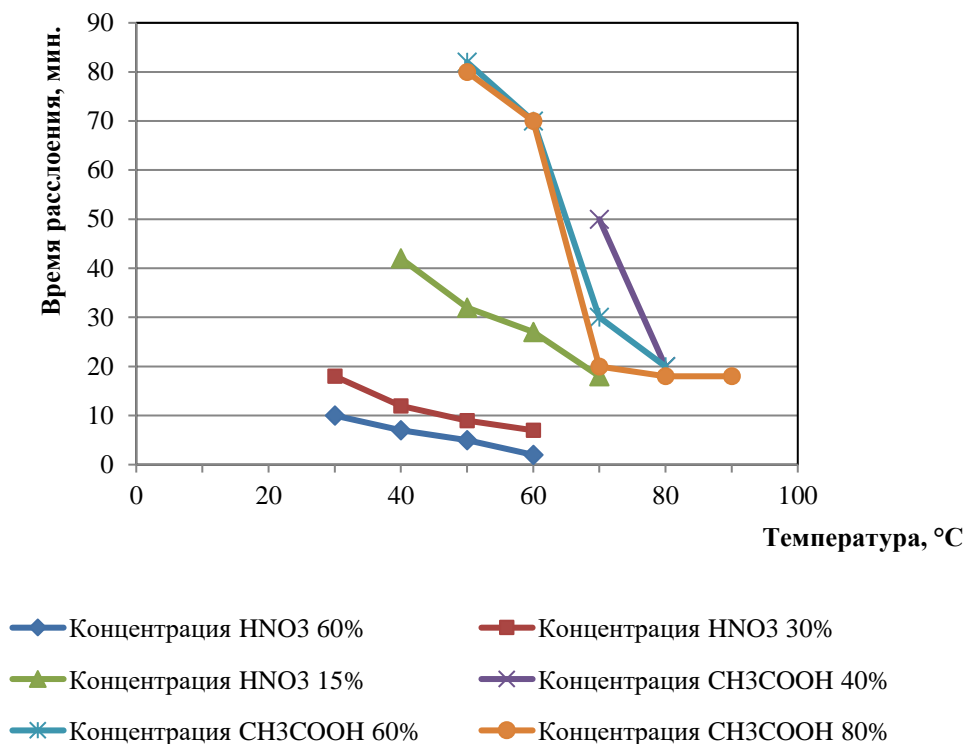


Рисунок 3.7 - Сравнение времени разделения слоев многослойной упаковки (полиэтиленовый слой, слой из алюминиевой фольги) при различных температурах [22].

Действия по изоляции отходов различной степени опасности с одной стороны срочно необходимы, т.к. прежде всего касаются безопасности людей находящихся на месте АП и оказывают воздействие на ОС, с другой стороны отходы это материал, который может быть связан с причинами АП, но современные средства фиксации доказательств помогут скоротечно решить эти две сложности совместно.

### **3.3.2 Санитарная обработка (дезинфекция, дезинсекция) территории авиационного происшествия и восстановление экосистемы**

Для уменьшения полученного негативного воздействия на ОС на месте АП необходима санитарная обработка территории. Подобные мероприятия проводятся и контролируются административной подкомиссией комиссии по расследованию и представителями Роспотребнадзора. На мероприятия по дезинфекции территории АП составляется специальный акт, подписываемый местными органами Роспотребнадзора, ответственные за дезинфекцию.

Дезинфекция на месте АП необходима для ликвидации возбудителей инфекционных заболеваний и разрушения токсинов. Для проведения дезинфекционных мероприятий должен быть создан запас дезинфицирующих средств, в установленном порядке разрешенных к применению. Дезинфицирующие средства должны иметь соответствующие свидетельства о государственной регистрации, декларацию о соответствии, инструкцию о порядке обращения с ними.

Транспортирование дезинфекционных средств на место АП осуществляется специальным транспортом в таре (упаковке) поставщика с этикеткой. Обеззараживание на территории АП как правило проводят орошением и/или обработкой аэрозолями. Подобные действия выполняются соответствующими средствами орошения, распыления, опрыскивания. Они могут быть ручными так и быть частью специального транспорта.

Выбор дезинфицирующего средства определяются особенностями обеззараживаемого объекта [147].

В материалах расследований встречаются такие средства дезинфекции, как «Дезактин» (1,0 % раствор), который применяется из расхода 250 мл/м<sup>2</sup>, а также Клорсепт-25 (0,1% раствор), который распыскивается по территории АП опрыскивателем.

Территорию АП разумно дезинфицировать несколько раз: выполнять так называемую текущую дезинфекцию и заключительную. Текущая

необходима для безопасности людей, находящихся на месте АП, населения и как природоохранное мероприятие. Заключительная должна предусматривать окончательную ликвидацию возбудителей инфекционных заболеваний. Особенно важна дезинфекция в условиях распространения инфекционных заболеваний, в случаях, когда АП случилось с рейсом, который направлялся из страны, где имела вспышка инфекции(й) или гражданин такой страны находился на борту ВС.

В некоторых случаях территорию АП необходимо подвергать дезинсекции, задачей которой является это не только уничтожение насекомых, но и ликвидация инфекционных и паразитарных заболеваний. Дезинсекцию также целесообразно проводить непосредственно перед процессом расследования или во время, но таким образом, что бы не мешать выявлению причин АП и фиксации доказательного материала. Если не удалось решить полностью проблему ликвидации насекомых, то проводят заключительную дезинсекцию.

Заключительными действиями природоохранного комплекса работ на месте АП является восстановление экосистемы. Одним из элементов восстановления в экосистеме является почва. Рекультивация почв, нарушенных в результате загрязнения, - это комплекс работ, направленных на возвращение зараженных земель в хозяйственное землепользование.

После того как проведут основные мероприятия по снижению воздействия, полученного в результате АП. Касаемо пролитого топлива – это когда большая часть углеводородистых соединений от пролитого топлива и спец жидкостей испарится, будет окислена и трансформирована почвенными микроорганизмами, необходимо создать растительный биоценоз на поверхности почвы.

Виды растений для рекультивации загрязненной почвы, должны быть из местных биоценозов. Травы должны образовывать сомкнутый травостой.

Для рекультивации территории, пострадавшей от аварийного ВС и процесса расследования целесообразно данное место засеять семенами травы согласно следующему:

$$X = N \cdot \frac{P}{D}, \quad (3.3)$$

где  $X$  – норма посева семян в кг/га;

$N$  – содержание семян конкретного вида растений смеси в %;  $P$  – расчетная норма высева кондиционных семян в чистом виде, кг/га;  $D$  – хозяйственная годность и ценность семян различных растений, %.

При этом с участка через 2-3 недели отбираются пробы и проводится новый качественно-количественный химический анализ.

При достижении в проведенном химическом анализе необходимых норм ПДК в почве участок считается очищенным от горюче-смазочных материалов и прочих поллютантов, поступивших при АП в почву.

Положительным считается, факт образования устойчивой растительности.

Проблема реабилитации нарушенных экосистем после попаданий нефтепродуктов особенно актуальна для северных территорий. Попавшие в почву нефть и нефтепродукты достаточно долго разлагаются (50 лет, а в благоприятных условиях 10-25 лет [149, 150, 151]), но главное, что нефтепродукты могут трансформироваться в трудноокисляемые формы и в таком случае их разложение может происходить еще дольше [148]. В связи с этим необходимо проводить на данной территории обязательные процедуры по снижению данной нагрузки.

Биопрепараты также активно используют для целей реабилитации почв, на которых происходил разлив нефтепродуктов. Для условий Крайнего Севера в работе [152] предложен способ биологической рекультивации почвы в природных условиях Крайнего Севера. Данный способ включает такие дополнительные мероприятия как известкование почвенного покрова,

внесение различных удобрений, а так же разрыхление почвы на глубину примерно до 15 см (боронирование).

Для восстановления экосистемы применяют способы фиторемедиации почвы. Используют растения-фиторемедианты и применяют суспензии штамма микроорганизма -деструктора углеводов, стимулирующего рост растений. Таким образом достигаются две цели: очищается почва и образуется устойчивый растительный биоценоз.

Для эффективной биоремедиации почвы целесообразно введение в нее дождевых червей. В [128] указано, что черви способствуют ускорению процесса восстановления почвы (например, разрыхляют ее, улучшая при этом воздухопроницаемость). Таким образом экологическая система восстанавливается.

На месте АП, на нефтезагрязненной почве целесообразно также выращивать многолетние травы. Сложностью таких способов является то, что многолетние травы предварительно выращивают не менее одного вегетационного периода вне загрязненной почвы с последующим высаживанием в почву корневищами, и /или столонами, и /или рассадой [131]. В качестве многолетних трав можно использовать: клевер (гибридный, луговой, ползучий), ежу сборную, тимофеевку луговую, и пр. Однако данные способы усложнены тем, что для его реализации требуется дополнительное время для выращивания и ухода за посевным материалом.

Проблема восстановления экосистемы после АП носит комплексный характер, т.к. экосистема получает разнообразное негативное воздействие и перед тем, как приступить к процессу восстановления необходимо уменьшить или ликвидировать полностью полученный ущерб.

## **Глава 4 ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА НА МЕСТЕ АВИАЦИОННОГО ПРОИСШЕСТВИЯ.**

### **4.1 Методика природоохранных действий административной подкомиссии при расследовании авиационных происшествий аварийных воздушных судов.**

Природоохранные мероприятия на месте АП должны проводиться в обязательном порядке, особенно в случаях заведомо массового воздействия на окружающую среду вредных и опасных факторов, о которых говорилось в предыдущих главах настоящей работы.

В качестве примера оценки в денежном эквиваленте оказанного ОС негативного воздействия пролитого авиаГСМ и СЖ от аварийного ВС рассмотрено следующее: произошёл разлив авиационного керосина на территории Ростовской области в результате АП на землях лесного фонда. При расследовании данного события выяснилось, что количество находившегося на борту ВС топлива составило 20т, площадь территории АП составляет  $200 \times 300 \text{ м}^2$ , данную площадь принимаем как площадь разлива 20т. авиационного керосина. Для дополнительных сведений: территория ровная, влажность = 40%, глубина загрязнения нефтепродуктом распространилась примерно до 20-25 см. Подробный расчет определения размер вреда, причинённого почве показан в Криложении К.

Расчеты показали, что наибольший размер вреда в руб. у земель природоохранного назначения (рис. 4.1). Если учитывать, что земли с различным грунтом (с учетом нефтеемкости грунта различных типов, зависящий от влажности), то получено, что наибольший размер вреда в руб. у торфяного грунта (рис. 4.2).

Проведенная оценка экологического ущерба, оказываемого на протяжении первого десятилетия после АП, (рассчитанная в денежном выражении по состоянию и в ценах 2018 г., а также в единицах ЕВАП)

показала, что ущерб от аварийного ВС при АП максимален в первый год, а через 2,5...3 года он снижается и стабилизируется. Дальнейшая реабилитация экосистем территории происходит в рамках природного сукцессионного возрождения с задержкой на 5...10 лет.

Предпринимаемые в современной практике расследования АП реальные действия (по ПРАПИ-98), безусловно, снижают негативные экологические последствия, однако не намного (до 10%).

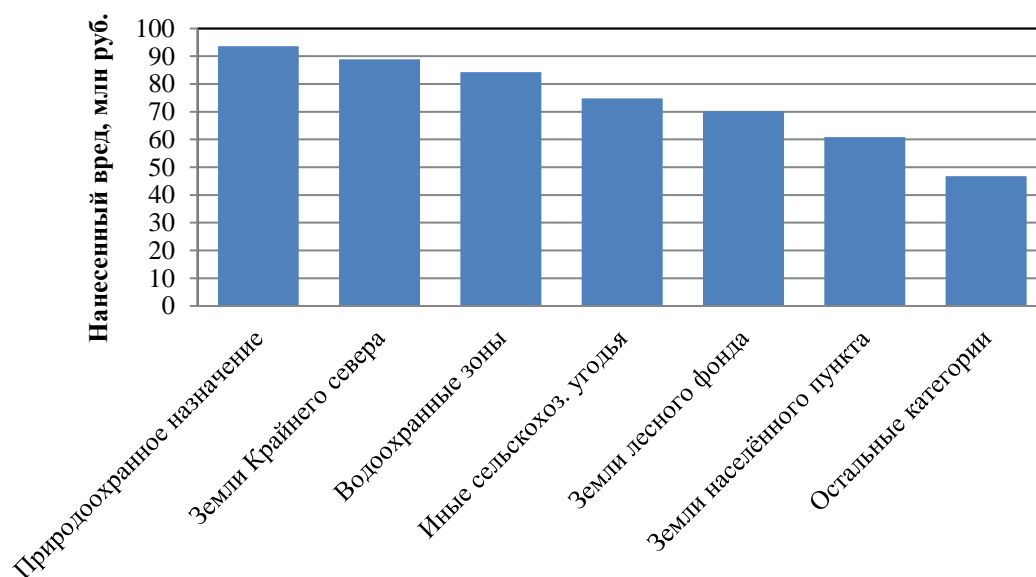


Рисунок 4.1 - Размер вреда (в руб.), нанесенного ОС от пролитого авиационного керосина в результате АП, землям, предназначенным для определенной деятельности.

При выборе того или иного метода снижения экологического ущерба от АП следует учитывать их преимущества и недостатки (эффективность, целесообразность использования). Необходимо также учитывать тот факт, что некоторое воздействие носит усугубляющий характер и с течением времени экологическая обстановка на месте АП ухудшается (например, пролив авиаГСМ и спецжидкостей). Такие моменты требуют оперативных действий. Однако, важным моментом является и то, что все же главным на месте АП является проведение полевого этапа расследования, следовательно в первую очередь необходимо поучить разрешение председателя комиссии

по расследованию на проведение работ (включение их в план полевого этапа расследования), в случаях, когда невозможно проведение всех этапов снижения экологических последствий, необходимо провести их хотя бы частично (в том случае, если отдельный этап полностью не утрачивает смысл).

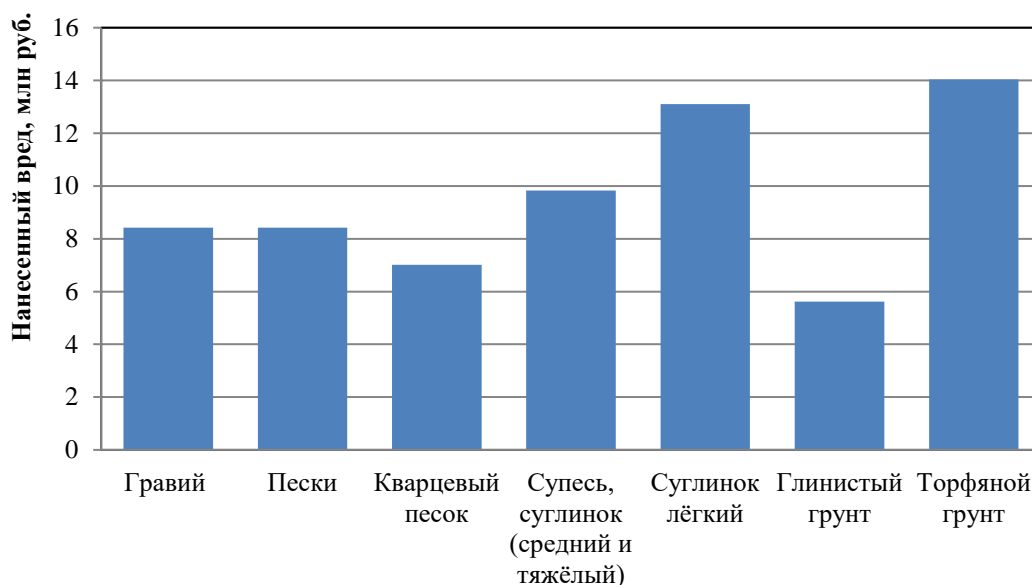


Рисунок 4.2 - Размер вреда (в руб.), нанесенного ОС от пролитого авиаГСМ

Для качественного выполнения соответствующих природоохранных мероприятий необходимо учитывать следующее:

1. Погодные и климатические условия местности (температура воздуха, атмосферное давление, ожидаемые осадки и т.п.)
2. Ландшафтные особенности (орография места АП).
3. Наличие и удаленность от места АП линий коммуникации и инфраструктуры.
4. Опасности, свойственные местам АП, согласно [60].
5. Председатель и члены комиссии должны быть компетентными в вопросах проведения природоохранных мероприятий (пройти соответствующий инструктаж, дабы иметь представление о характере

предстоящих работ и что бы соответствующим образом планировать процедуры расследования).

Проведение работ по детоксикации почвы от пролитого топлива на месте АП складываются из следующих этапов:

1. Первоначальное траншеирование по периметру АП (рис 4.3) с максимально возможным количеством пролитых и поступивших в почву углеводородов ГСМ и прочих загрязнителей.

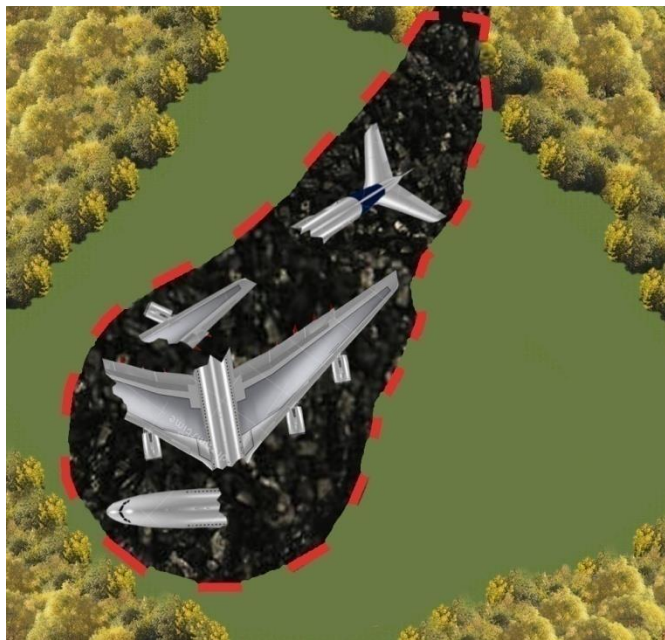


Рисунок 4.3 - Условна схема места АП с первоначальным траншеированием по периметру (выделена красной штриховой линией).

Так как входящие в состав горюче-смазочных материалов углеводороды чрезвычайно подвижны, необходимость проведения данного мероприятия заключается в том, чтобы не дать основной их массе распространиться в почве на большие расстояния от центра их поступления. Реализуется это, например, за счёт укладки в выкопанную траншею специальных «рукавов» (рис. 4.4), которые предварительно заполняются активным углём. Таким образом получится организовать некий вариант сорбционного барьера.



Рисунок 4.4 - Пример специального «рукава», наполненного сорбентом

2. На втором этапе происходит разработка карты загрязнений места АП. Все начинается с отбора проб в соответствии с ГОСТ 28168-89 [153] и ГОСТ 17.4.3.01-83 [154].

Согласно [155] содержание нефти и нефтепродуктов в почве оценивают следующим так: до 1 г/кг характеризуется как допустимое, 1–2 г/кг характеризуется как низкое, 2-3 характеризуется как среднее, 3-5 характеризуется как высокое, более 5 характеризуется как очень высокое. Иногда, традиционно, нормой содержания нефти и нефтепродуктов принимают величину, равную 1 г/кг, но регламентирующих обоснований никаких нет

Документы [156, 157] определяют следующую оценку степени загрязнения почв нефтепродуктами, указанными в табл.4.1.

Согласно [158] в РФ установлены уровни загрязнения земель органическими веществами обозначены в таблице 4.2.

3. На третьем этапе необходимо определить количество ГСМ (более подробно представлен в Приложении К), которое попало в почву. Это можно сделать, используя следующие наиболее распространенные методы:

- ИК-спектроскопия (ИКС)
- Люминесцентно-капиллярный.

Таблица 4.1. Градация концентраций загрязнения почв нефтью по [156, 157]

Климатическая зона	Степень загрязнения	Содержание нефтепродуктов в гумусовом горизонте почвы в первые недели после загрязнения, %	Степень отмирания растительности в следующем за загрязнением вегетативным периоде
Лесостепная, степная, сухо-степная	умеренная	< 6,0	неполная
	сильная	> 6,0	полная

Таблица 4.2. Показатели уровня загрязнения земель органическими веществами, мг/кг по [158]

Элемент	Уровень загрязнения				
	1 допустимый	2 низкий	3 средний	4 высокий	5 очень высокий
Смазочные масла	-	1000-2000	2000-3000	3000-5000	>5000
Бензин	<0,1	0,1-0,5	0,5-2,5	2,5-10	>10
Керосин	<0,3	0,03-0,1	0,1-1	1-5	>5
Бензол	<0,3	0,3-1	1-3	3-10	>10

Есть методы и способы, которые определяют долю содержания нефтепродуктов в грунте на основе содержания там углерода, однако ГСМ состоят также из других элементов и получается, что нефтепродуктов может оказаться гораздо больше.

4. На четвертом этапе рассчитывается количество активного угля для эффективной детоксикации почвы (более подробно в Приложении К), учитывая соотношение массы (объема) активного угля с массой (объемом) загрязненной авиаГСМ почвы [159]. Целесообразно использовать вариант такого соотношения из [160], который включает такие показатели и характеристики как: объём нефтенасыщенной почвы, ПДК углеводородов нефти в почве (задается), плотность нефтенасыщенной почвы, концентрация ГСМ в почве, концентрации ГСМ с учетом смешения проб загрязненной почвы с активным углем в различных пропорциях.

5. На пятом этапе сорбент необходимо внести в почву с использованием различных технических средств дозами  $m_{\text{АУ}}/\text{га}$  (в зависимости от результатов расчета) с последующей их заделкой на глубину 10-15 см.

Весь этот комплекс мероприятий: рыхление загрязнённой почвы с добавлением активного угля, усиливающего ее аэрацию.

6. На шестом этапе происходит комплекс работ, направленных на возвращение зараженных земель в хозяйственное землепользование (рекультивация).

7. На седьмом этапе с детоксицированного участка через 2-4 недели отбираются пробы и проводится новый качественно-количественный химический анализ.

При достижении в проведённом химическом анализе необходимых норм ПДК в почве участок считается очищенным (детоксицированным) от ГСМ и прочих поллютантов, поступивших в результате АП с ВС в почву.

Стоит отметить, что если на местах пролитого топлива находятся фрагменты аварийного ВС, то до команды председателя, единственной защитой служит барьер(в некоторых случаях целесообразно использовать биопрепарат для устранения нефтепродуктов). После приказа руководства (председателя) о завершении полевого этапа расследования и вывозе фрагментов воздушного судна, места, где были разливы нефтепродуктов необходимо полностью заложить сорбентом (на глубину проникновения ГСМ), предварительно раскопав данную площадь в рамках ранее заложенного сорбционного барьера [161].

Более подробно вышеперечисленные этапы представлены в виде сетевого графика (рис 4.5), где:

Позиция 1 – издание приказа о проведении природоохранных мероприятий на месте АП, там же составляется план таких мероприятий;

Позиция 2 – отбор проб почв на качественно-количественный анализ загрязненности от АП;

Позиция 3 – определение (расчет) количества ГСМ, попавших в почву на месте АП;

Позиция 4 – доставка технических средств для создания сорбционного барьера на месте АП;

Позиция 5 – доставка активного угля типа АГ и специальных «рукавов» к месту АП:

а – предварительное количество;

б – уточненное количество;

Позиция 6 – траншеирование местности по периметру места АП;

Позиция 7 – создание сорбционного барьера:

а – предварительного;

б – уточненного;

Позиция 8 – расчет необходимого количества активного угля для полноценной детоксикации местности;

Позиция 9 – расчет необходимого количества специальных «рукавов» для создания сорбционного барьера;

Позиция 10 – создание сорбционного барьера из активного угля с использованием специализированной техники;

Позиция 11 – мониторинг процесса детоксикации почв (наблюдение, корректировка и т.п.);

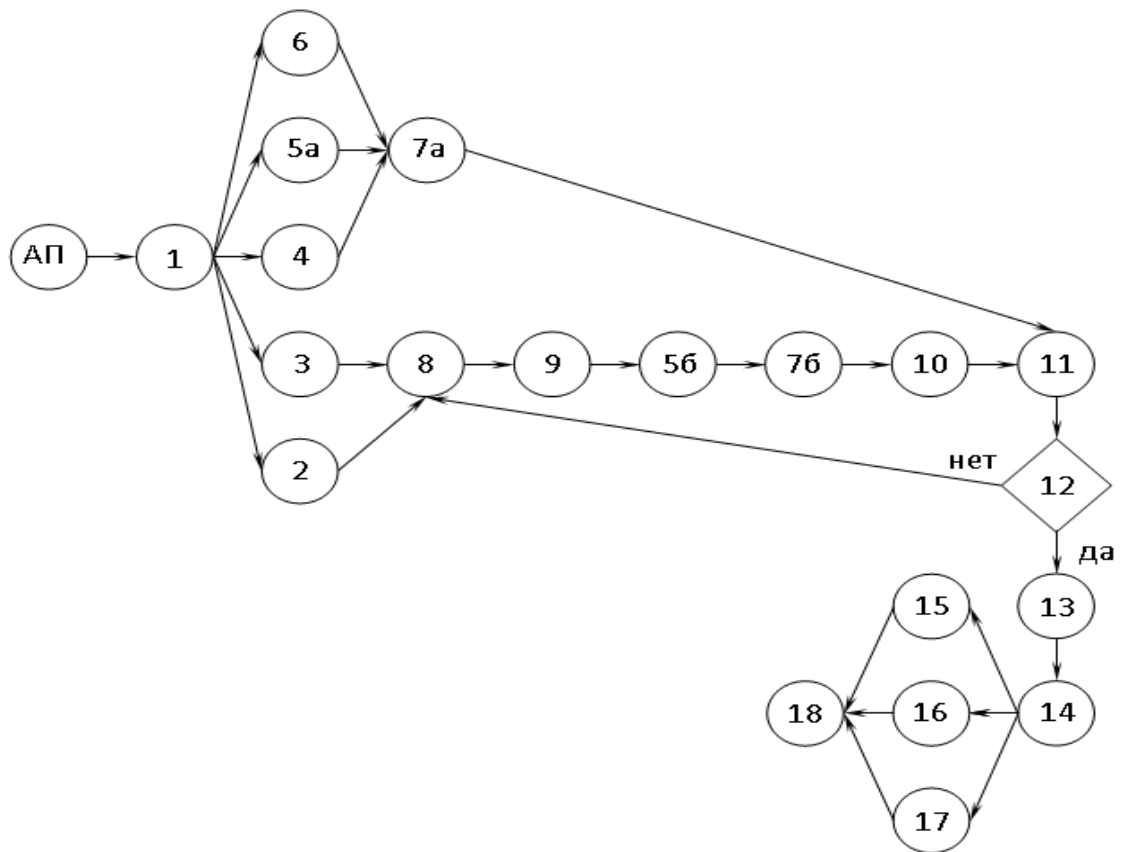


Рисунок 4.5 - Алгоритм работ по снижению воздействия аварийного ВС на ОС в результате АП с использованием активных углей (в форме сетевого графика) [162]

Позиция 12 – повторный качественно-количественный анализ почв, корректировка размеров сорбционного барьера и времени детоксикации;

Позиция 13 – выработка, согласование с органами контроля за состоянием окружающей среды и принятие решения о достижении цели работ и их окончании;

Позиция 14 – рекультивация почв;

Позиция 15 – уборка сорбционного барьера, отправка специальных «рукавов» на утилизацию;

Позиция 16 – оформление документов о завершении детоксикации и рекультивации почв;

Позиция 17 – утилизация (сдача на утилизацию) специальных «рукавов» с сорбентом, насыщенным загрязняющими веществами, собранными на месте авиационного происшествия.

Позиция 18 – сдача отчетных документов выполненных работах.

Также еще одним природоохранным мероприятием на месте АП является деятельность по обращению с твердыми отходами, образовавшимися в результате АП. Выполнение подобных действий также должно быть согласовано с председателем комиссии, должен быть составлен соответствующий план, стоит отметить, что выявление источников воздействия на ОС (твердые отходы) может начаться одновременно с работой почтово-грузовой группы, если это не будет мешать процессу расследования, и действовать сообща при осмотре личных вещей пассажиров, почты и груза.

Затем необходимо провести сбор источников негативного воздействия:

- Средства коммуникации и передачи информации;
- Источники радиоактивного загрязнения;
- Отходы IV и V классов;
- Обломки воздушного судна

и т.п.

После сборки всех видов отходов необходимо осуществить транспортировку на утилизирующее предприятие, где, в соответствии со спецификой отходов будет осуществлена правильная утилизация, и источник негативного воздействия будет ликвидирован или использован во вторичном производстве. Естественно, что элементы, имеющие ценность для расследования, не должны подобным образом утилизироваться, а прежде всего должны быть использованы как доказательный материал. Затем производится качественная сортировка отходов, например, по элементному составу обломков, в соответствии с классом опасности и возможности вторичного производства. После сортировки, каждый вид отходов должен быть утилизирован без вреда для ОС.

На основании вышеизложенного разработан сетевой график (рис. 4.6) с основными этапами направления работ, где:

Позиция 1- определение (выявление) источников радиационного загрязнения;

Позиция 2 - определение (выявление) обломков ВС;

Позиция 3 - определение (выявление) средств коммуникации и передачи информации;

Позиция 4 - определение (выявление) прочих отходов (ТБО и обнаруженные опасные грузы);

Позиция 5 – получение допуска на осуществление действий направленных на ликвидацию источников воздействия;

Позиция 6 - сбор отходов различных классов опасности (с учетом требований безопасности);

Позиция 7 – перемещение (транспортировка) отходов в место, где будут определены дальнейших действия по обращению с ними;

Позиция 8 - качественная сортировка отходов по различным признакам (например, по классу опасности, по возможности вторичного использования);

Позиции 9.1, 2, 3, n – накопление и хранение сортированных отходов по различным признакам (1 - радиационные, 2 - обломки ВС, 3 - электроника, n - прочие признаки);

Позиция 10 – транспортировка отходов на полигон для захоронения;

Позиция 11 - транспортировка отходов для термической обработки (для сжигания);

Позиция 12 - транспортировка отходов для проведения специальной утилизации (проведение нейтрализации опасных отходов, проведение мероприятий по обращению с радиоактивными отходами);

Позиция 13 - транспортировка отходов для процессов направленных на переработку для вторичного использования.

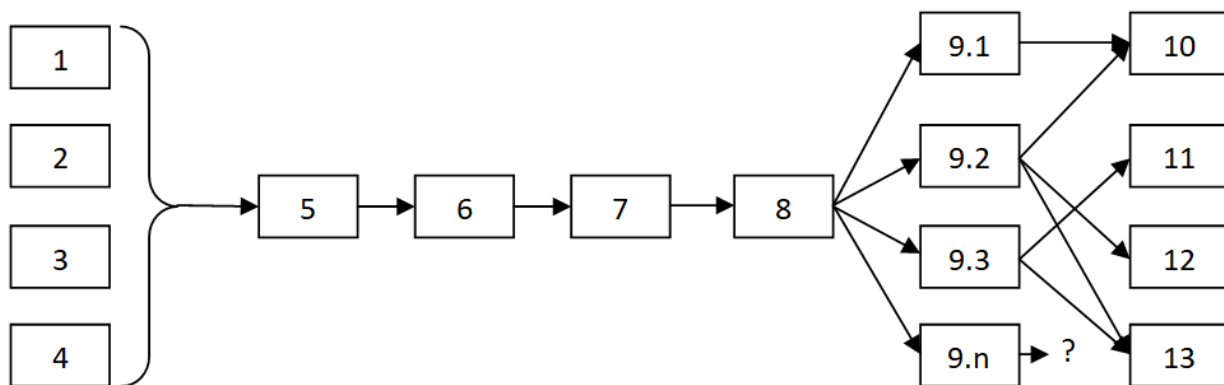


Рисунок 4.6 - Общий алгоритм действий по обращению с отходами, образующимися на месте АП (в форме сетевого графика)

При использовании биотехнологий для ликвидации последствий пролитого топлива на месте АП необходимы следующие этапы работ (рис. 4.7):

- Определение целесообразности применения данного метода (выбор препарата, его стоимость, условия использования).
- Внесение «подкормки» для выбранного ранее препарата.
- Внесение биопрепарата.
- Поддержание условий эффективного функционирования препарата.

Сразу после обнаружения места АП прибывает назначенная комиссия по расследованию и начинает своя деятельность, запрещая проводить работы на территории места АП. Попавшие в почву жидкие загрязнения продолжают впитываться и проникать всё глубже и глубже, а также «расползаться» по территории всё шире.



Рисунок 4.7 - Основные этапы природоохранных действий на месте АП с использованием биотехнологий [163]

За время полевого этапа расследования возможны атмосферные осадки разной интенсивности. Предлагается одновременно с началом работы комиссии вносить в почву жидкие биологически активные препараты, перерабатывающие нефтепродукты (авиаГСМ и СЖ) в процессе жизнедеятельности. Внесение растворов биохимических препаратов не нарушает картину произошедшего на места полевого этапа расследования, а деструкция в 3 ... 4 раза нефтепродуктов и соединений тяжелых металлов в почве происходит за 10 ... 14 дней с момента внесения препаратов. Это показано на рисунках 4.8, 4.9, 4.10. (согласно исследованиям из [164]), на примере биопрепарата Олеоворин. При «специальных условиях» действие биохимических препаратов ускоряется.

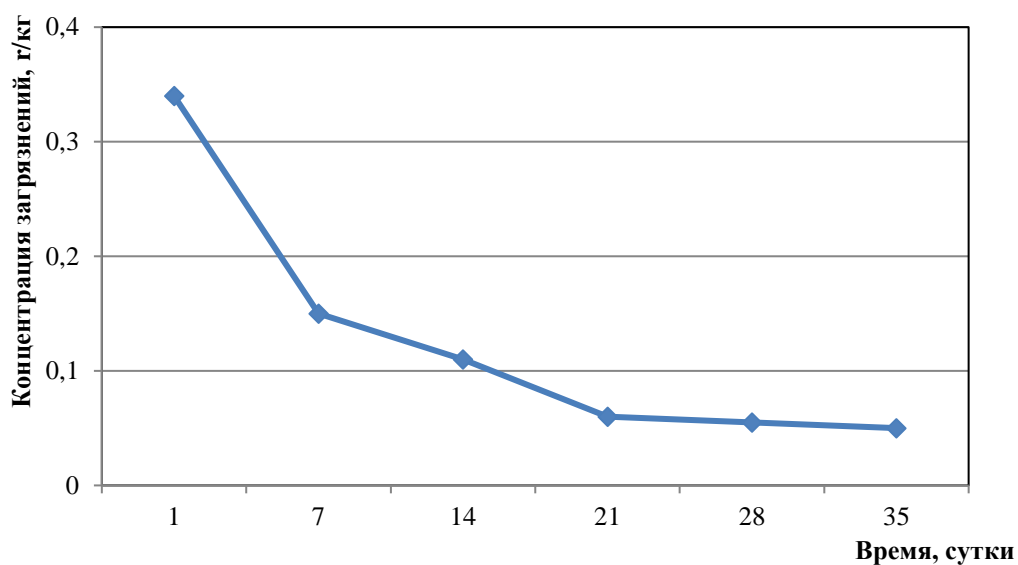


Рисунок 4.8 - Динамика снижения (за месяц) концентрации загрязнений (нефтепродуктов) в грунте при биохимической реабилитации почвы препаратами Олеоворин согласно [164]

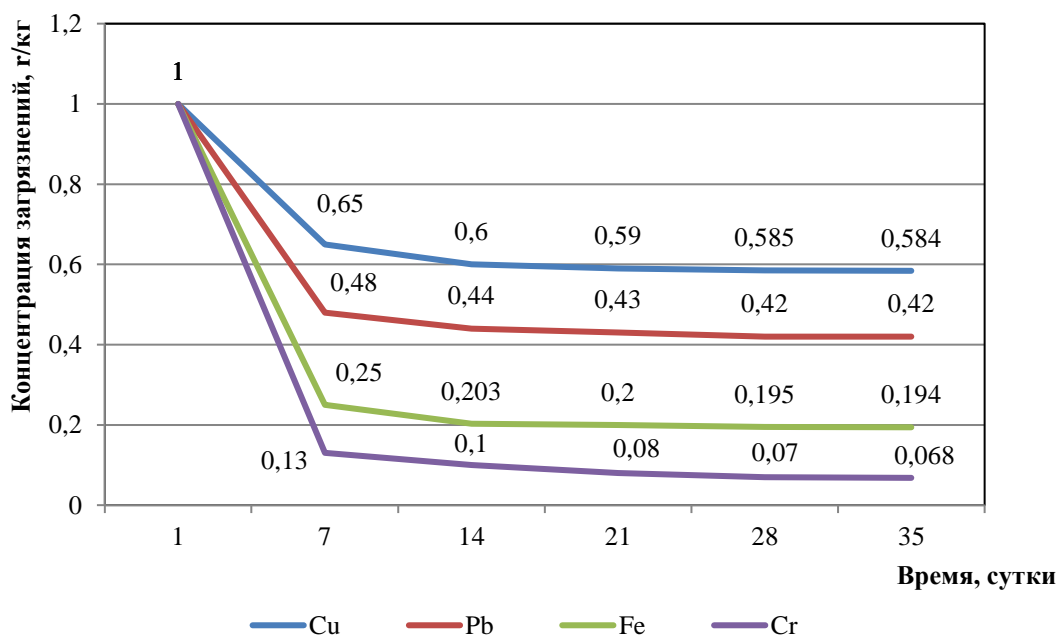


Рисунок 4.9 - Динамика снижения (за месяц) концентрации загрязнений (тяжелых металлов) в грунте при биохимической реабилитации почвы препаратами Олеоворин согласно [164]

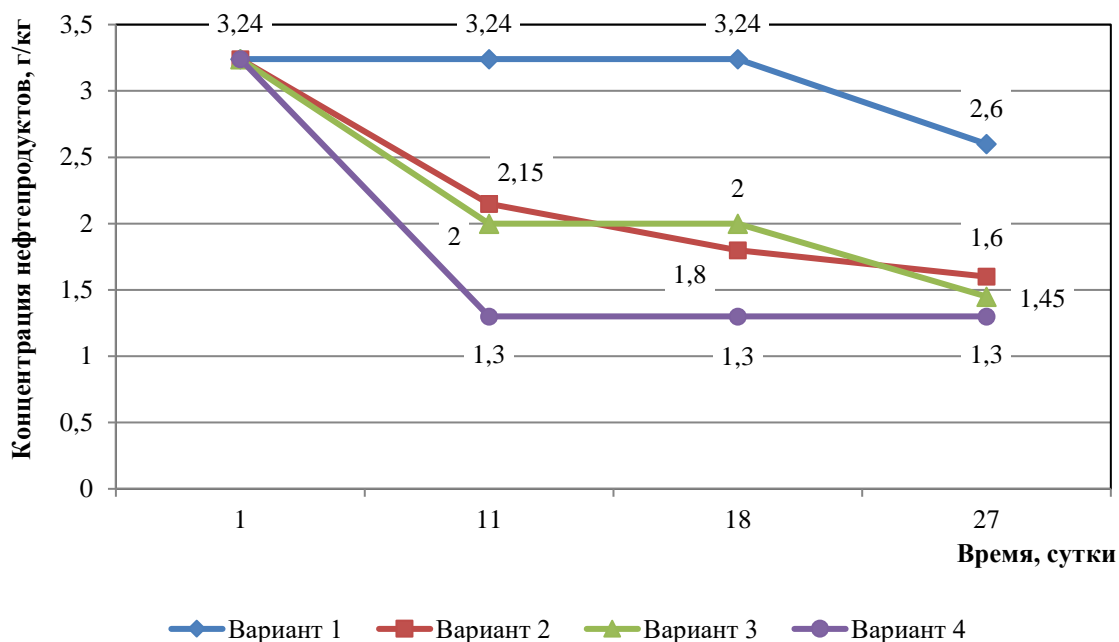


Рисунок 4.10 - Динамика деструкции нефтепродуктов в грунте при реабилитации почвы препаратами Олеоворин за месяц, где вариант 1 – контрольная серия: без внесения биопрепаратов при нормальной температуре; Вариант 2 – внесения препаратов в расчетной концентрации и при нормальной температуре; Вариант 3 – внесения препаратов в пониженной концентрации и при нормальной температуре; Вариант 4 – внесения препаратов в расчетной концентрации и повышенной (30 °С) температуре согласно [164]

Не стоит забывать, что в ГА необходимыми компонентами авиационных ГМС и СЖ являются различные присадки, которые могут обладать высокой токсичностью, например необходимым компонентом авиационного бензина является антидетонационная присадка (ТЭС). Тетраэтилсвинец ( $Pb(C_2H_5)_4$ ) [165] применяемый в виде этиловой жидкости, – смертельноопасный яд, обладающий выраженным кумулятивным действием.

Все природоохранные мероприятия проводимые на месте АП должны в первую очередь не мешать процессу расследования, однако оперативность действий по охране ОС снижают возможность распространение загрязнения.

Разработанный алгоритм действий на территории места АП в усредненном виде следующий (рис. 4.11): Как только установлено место падения аварийного 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 передается местным органам власти для использования в необходимых целях.

Ущерб территории от АП в первые 1-2 дня растет постоянно и резко. Можно использовать время только для подготовки к последующим работам (мероприятиям превентивной регулировки). 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 регулировок ущерб от АП сокращается в 2 ... 3 раза (это следует из приведенных графиков) и к моменту передачи территории местным властям на территории места АП после утилизации сорбционных барьеров можно начинать даже сельскохозяйственные работы.

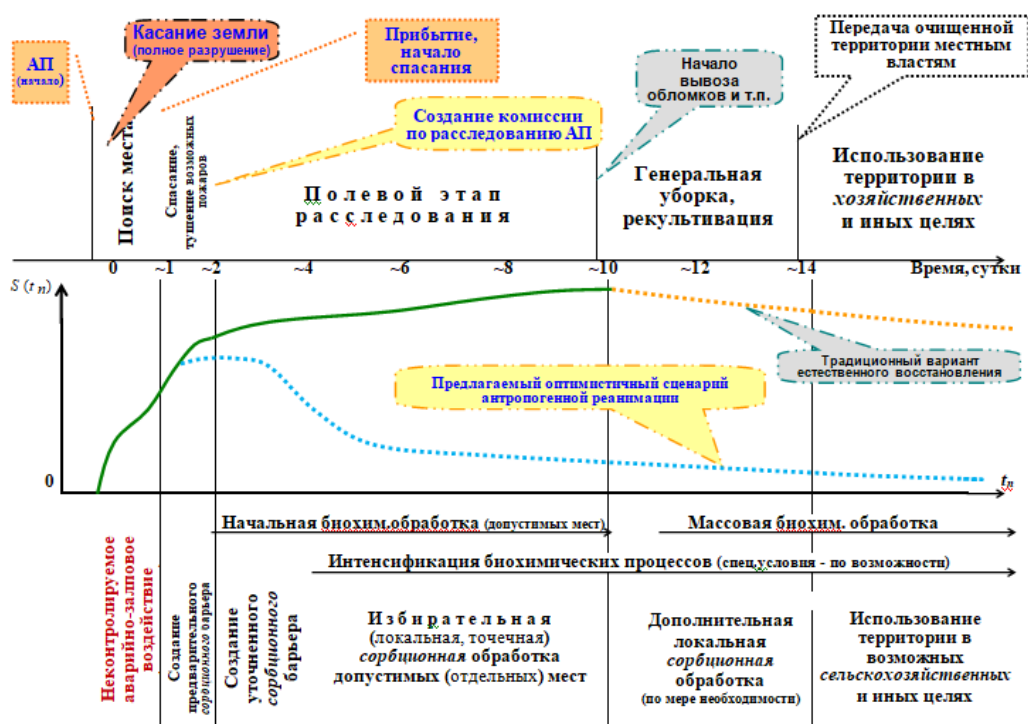


Рисунок 4.11 - алгоритм действий на территории места АП для проведения мероприятий по охране окружающей среды.

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.

#### 4.2 Нормативно-правовое обеспечение экологической деятельности на территории авиационного происшествия.

Несомненно, что проведение природоохранных мероприятий на месте АП должно быть строго регламентировано. Нормативно-правовое

обеспечение процессов на месте АП важный аспект проведения всех мероприятий, в том числе и природоохранных. В документе [35] описана деятельность административной подкомиссии, одними из основных задач которой является:

- установление ущерба от АП;
- ликвидация последствий АП.

Для более четкого выполнения подобных задач необходимо, чтобы в основных документах, касаемых расследования, были обозначены основные моменты, связанные с воздействием на ОС. В связи с этим предлагается внести ряд изменений в ПРАПИ-98 [35] в следующих моментах:

1. В пункте 2.2.4 раздела «2.2. Оповещение об авиационном происшествии», где первоначальное донесение также должно включать в себя информацию о сложившейся экологической обстановке на территории АП в том числе с использованием методов космического мониторинга, например из работы [166].

2. В пункте 2.2.7 [35] раздела «2.2. Оповещение об авиационном происшествии», где в течение 3 суток с момента прибытия на место АП председатель комиссии по расследованию направляет в адрес руководителя, назначившего комиссию по расследованию и прочие инстанции последующее донесение, которое должно по возможности включать в себя также и уточненную информацию о сложившейся экологической обстановке на территории АП

3. В пункте 2.3.3 раздела «2.3. Первоначальные действия должностных лиц при авиационном происшествии», в котором описаны первоначальные действия должностных лиц на территории АП необходимо добавить следующее, что совместно с составлением предварительных кроки места АП производится предварительная оценка экологической обстановки. Далее составляется предварительная карта нанесенного ОС ущерба, где необходимо отметить места пролитого авиаГСМ и СЖ, а так же размещение образовавшихся твердых отходов (с краткой характеристикой) и прочие

варианты негативного воздействия на ОС с ориентировочным указанием размера и объема. Также необходимо указать некоторые особенности места АП, например вид почвы, орография местности.

4. В пункте 2.4.3. раздела «2.4. Организация и порядок работы комиссии по расследованию», где на оперативном заседании должен прозвучать доклад о безопасности на месте АП в том числе по вопросам экологической обстановки на месте АП.

5. В пункте 2.4.9. раздела «2.4. Организация и порядок работы комиссии по расследованию», где для обеспечения работы комиссии по расследованию функционирует группа материально-технического обеспечения (МТО), которая в том числе должна своевременно обеспечить всем необходимым административную комиссию для проведения природоохранных мероприятий.

6. В пункте 9.1 приложения 9 «Административная подкомиссия» необходимо более подробно описать суть ликвидации последствий АП с обязательным указанием экологических аспектов такой деятельности.

7. В пункте 9.2 приложения 9 «Административная подкомиссия» включить рабочую группу по охране окружающей среды и экологической безопасности и в дальнейших пунктах описать ее деятельность по соответствующему направлению (определение масштаба негативного воздействия, составление карты экологического воздействия, сбор и контроль веществ и компонентов (в т.ч. трудно утилизируемых, опасных грузов, Источников радиационного излучения и т. д.), обеспечение удаления и утилизации обломков, контроль и проведение рекультивации территории АП, проведение и контроль природоохранных мероприятий на месте АП и т.д.).

8. В пункте 9.7 приложения 9 «Административная подкомиссия», медицинская группа, которая дает задание на санобработку места АП, должна согласовывать подобное действие с ранее описанной рабочей группой по охране окружающей среды и экологической безопасности.

Вышеописанные изменения потребуют соответствующей отчетной документации. Естественно, необходимо добавление соответствующих пунктов по природоохранным мероприятиям и прочим вопросам экологического характера на территории АП в отчет административной подкомиссии. Там указывается перечень проведенных мероприятий и их результаты, прикладывается схема расположения следов пролитого топлива и необходимые пометки нанесенного ОС ущерба и т.п. информация.

Представленная в Приложении Л к настоящей диссертации форма акта о прекращении работ на месте АП из [35] в связи с вышеизложенными изменениями потребует модификации, обновленная форма представлена в Приложении М, при заполнении которого необходимо указать тип ВС, его регистрационный номер, район места АП, время и дату АП, описать все виды воздействия на ОС с указанием источников, далее указываются проведенные мероприятия и их результат. Проведенные мероприятия сопровождаются отдельными актами или заключениями, где указываются особенности проделанной работы и использованные (затраченные) ресурсы (техника, препараты, рабочая сила и т.д.).

Вдобавок к данному акту разработан еще один акт для отчетности деятельности рабочей группы по охране окружающей среды и экологической безопасности, который указан в Приложении Н, при заполнении которого необходимо указать тип ВС, его регистрационный номер, район мест АП, время и дату АП, далее заполняются таблицы по видам загрязнения, согласно традиционного варианта классификация по видам воздействия на ОС, описанным в [167]:

– Для физического загрязнения указываются изменяемые параметры окружающей среды, источники, фактическое воздействие (объем воздействия), нормативы воздействия(загрязнения).

– Для химического загрязнения указываются названия загрязняющих веществ, попавших в ОС, их источники, фактическое

количество загрязняющих веществ, попавших в ОС, нормативы воздействия(загрязнения)

– Для биологического загрязнения указываются в виде чего проявляется, источники, фактический объем загрязнения, нормативы воздействия (загрязнения),

– Для информационного загрязнения указываются разновидности проявления, источники и краткое описание реакции живых организмов (если удалось зафиксировать).

В целом экологическая деятельность на территории АП может получиться достаточно объемной как по своей деятельности, так и по вопросам оформления работы, в связи с этим имеется необходимость создания отдельного документа по обеспечению экологической безопасности на месте АП. Подобный нормативно-правовой акт целесообразно создать по аналогии с документом [60] «Циркуляр ИКАО 315Опасности на местах авиационных происшествий», где будут прописаны основные положения по обеспечению экологической безопасности на месте АП, описаны варианты оценок нанесенного ущерба ОС, определены виды воздействия на ОС, даны рекомендации по проведению и оформлению соответствующей деятельности и т.п.

#### **4.3 Обеспечение экологичности производственных процессов при управлении безопасностью полетов**

Обеспечение безопасности полетов является важным элементом в деятельности воздушного транспорта. Требования к БП достаточно серьезные и вынуждают заниматься данными вопросами не только на уровне организации, но и на уровне государства, макрогеографическим регионам мира и планеты в целом. Вышедшее первое издание в 2009 г. документа [168] поспособствовало дальнейшему развитию упреждающей стратегии повышения эффективности обеспечения БП, в основе которой лежит

реализация Государственной программы по безопасности полетов (ГосПБП) и уже в ее рамках систематически выявляются и устраняются риски для БП.

В настоящей диссертации не поднимаются вопросы, повышающие уровень БП, однако выявление источников опасности, оценка рисков, управление рисками для БП как на государственном уровне в рамках ГосПБП, так и на уровне организации в рамках системы управления безопасностью полетов (СУБП) должны способствовать снижению количества авиационных событий, а следовательно и уменьшению, на этом фоне негативного воздействия на ОС.

Система управления безопасностью полетов (СУБП) (Safety management system (SMS)) – системный подход к управлению безопасностью полетов, включая необходимую организационную структуру, иерархию ответственности, обязанности, руководящие принципы и процедуры [169].

В документе [170] есть такое определение термина «система управления безопасностью полетов поставщиков услуг» - совокупность осуществляемых поставщиком услуг мероприятий по выявлению потенциальных и фактических факторов опасности, по оценке риска их проявления, по разработке и принятию корректирующих действий, необходимых для поддержания приемлемого уровня безопасности полетов, по оценке эффективности мер по управлению безопасностью полетов. Для того, что бы достичь приемлемого уровня БП и поддерживать организацию на данном уровне поставщику услуг необходимо согласно [170]:

- осуществлять сбор и обработку данных о факторах опасности;
- проводить анализ выявленных факторов опасности и оценку риска;
- осуществлять разработку и реализацию мероприятий по снижению риска;
- проводить оценку эффективности функционирования системы управления безопасностью полетов поставщика услуг;

- принимать решения о внесении изменений в систему управления безопасностью полетов поставщика услуг.

Для решения проблем обеспечения БП на уровне страны функционирует государственная система управления безопасностью полетов, которая на основании [171] реализуется в соответствии с международными стандартами Международной организации гражданской авиации. Одним из элементов ее функционирования является предоставление от поставщиков услуг в Росавиацию данных о факторах опасности и риска, состав и формат которых устанавливается Министерством транспорта РФ. Итогом деятельности государственной системы управления БП является разработка и реализация мероприятий по снижению риска и поддержание приемлемого уровня БП.

Факторами опасности, влияющими на БП и, следовательно, на ОС, можно управлять определенными процедурами и отдельно заниматься последствиями для БП. Идеальным будет такая ситуация при которой выполняется условие - отсутствие АП, следовательно отсутствие негативное воздействий на ОС в результате АП. Однако, полностью исключить АП не представляется возможным, поэтому в условиях, периодически возникающих АС и, следовательно, отрицательных воздействий на ОС, главным действием экологической направленности будет эффективная деятельность с последствиями, главная цель которой – снижение полученного воздействия на ОС и недопущение в дальнейшем ухудшения экологической обстановки в районе места АП. Для этого необходимо находиться в постоянной готовности, иметь соответствующие методики действий и эффективные средства защитно-превентивного регулирования экологической безопасности.

Авиационная система в целом состоит из многочисленных и различных функциональных систем, таких как финансы, охрана окружающей среды, БП и авиационная безопасность [169]. Такие системы порождают определенного рода риск, которым необходимо надлежащим образом управлять с тем,

чтобы уменьшить или ликвидировать любые неблагоприятные последствия. Проблема может заключаться в том, что функциональные системы в авиационной деятельности используют каждая свои особенности управления рисками, учитывая специфические характеристики таких систем. Но, так как в авиационно-транспортной системе (АТС) все функционирует в совокупности и совместно может получиться так, что один вариант управления риском какой-либо системы оказывает неблагоприятное воздействие на другую систему. Все это порождает собой дилемму, например, между БП и экономической составляющей авиационной деятельности или охраной ОС. Есть случаи, когда проблемы одной системы выливаются в проблемы другой области, но при этом решение проблем второй стороны, позволяет снизить риски у первой. Так, например, в результате отклонений в БП происходит АП, одним из последствий которого является воздействие на ОС, однако своевременные проработанные действия по ликвидации негативного воздействия, снижают тяжесть последствий, соответственно, общий риск, принятый, как сочетание вероятности и серьезности последствий, снижается именно из-за этих действий.

В ИКАО отмечается, что все управление факторами риска в ГА должно быть направлено на снижение общего риска. Поскольку АТС включает множество элементов и для решения проблем управления общим риском первым делом его необходимо оценить, для этого надо интегрировать потребности и взаимозависимости функциональных систем. В документе [169] весь этот процесс обозначается термином «интегрированное управление факторами риска».

Интегрированное управление факторами риска представляет собой особую концепцию высокого уровня, призванную использовать рекомендации экспертов по управлению факторами риска, присущими конкретным областям авиационной деятельности, и обеспечивать целостную обратную связь в целях достижения высочайшей эффективности работы системы на социально приемлемом уровне [169]. Так, например, нужно

рассматривать маршрут полета ВС и с точки зрения охраны окружающей среды, чтобы в случае возникновения особой ситуации в полете, развитие которой в дальнейшем может привести к АП, не имело тяжелых экологических последствий (избежание полета над экологически неблагоприятными территориями, опасными производствами, особо охраняемыми природными территориями или разработка предусмотрительных мер по ликвидации последствий АП).

Традиционно для оценки фактора риска  $R_i$  используют следующую формулу:

$$R_i = q_i \cdot r_i \quad (4.1)$$

где  $q_i$  – вероятность наступления  $i$ -го конкретного негативного события в области БП; а  $r_i$  – опасность  $i$ -го такого негативного события (ущерб вследствие  $i$ -го негативного события).

В [83] указано, что оценив риск можно ранжировать события, при этом можно даже установить меры по БП в приоритетном порядке по важности.

Авторами работы [172] отмечается, что риск – это категория, определяемая двумя компонентами: вероятностью (возможностью) наступления опасного события и последствиями этого события.

Так наиболее подходящим математическим выражением риска для безопасности является следующее:

$$R = P_i \sum_{i=1}^n Q_i \cdot S_i \quad (4.2)$$

где  $R$  - количественная оценка риска,

$P_i$  – вероятность наступления опасного события,

$Q_i$  - вероятность  $i$ -го исхода в результате развития опасного события,

$S_i$  - тяжесть последствий (серьезность)  $i$ -го исхода.

Далее рассмотрим средний риск для безопасности полетов предстоящего полета, математическое ожидание возможного ущерба:

$$R = \sum_{i=1}^n R_i \quad (4.3)$$

$$R_i = P_i S_i \quad (4.4)$$

Распределение вероятностей ущерба возможных *исходов* полета для дискретной случайной величины ущерба  $S_i$  представим в виде табл. 4.3.

Таблица 4.3. распределение вероятностей ущерба

<b>Величина ущерба</b>	$S_1$	$S_2$	...	$S_i$	...	$S_n$
<b>Вероятность ущерба</b>	$P_1$	$P_2$	...	$P_i$	...	$P_n$

Формулы (4.3, 4.4) – это математическое ожидание ущерба как случайной величины, дискретной, так как принимает конкретные значения  $P$  и  $S$ . Для дискретной случайной величины закон распределения вероятностей выражается таблицей 4.3.

$$R = M(S) = \int_0^{S_{max}} S f(S) dS \quad (4.5)$$

где  $f(S)$ –плотность распределения вероятности ущерба (ущерб – непрерывная случайная величина)

Формула (4.5) – это тоже математическое ожидание ущерба как случайной величины ущерба, но непрерывной и может выражаться функцией плотности вероятностей.

Проведенные природоохранные мероприятия могут изменить вероятность увеличения ущерба, особенно учитывая тот факт, что с течением времени экологическая обстановка на территории места АП может ухудшаться. Графически это можно представить на рисунке 4.12, где  $f_1(S)$ –плотность распределения вероятностей ущерба без учета мер по охране окружающей среды, а  $f_2(S)$ –плотность распределения вероятностей ущерба, учитывающая проведение природоохранных мероприятий.

Если рассматривать ущерб как дискретную случайную величину, то для оценки снижения риска необходимо следующее:

$$R = \sum_{i=1}^n P_i \cdot S_i \quad (4.6)$$

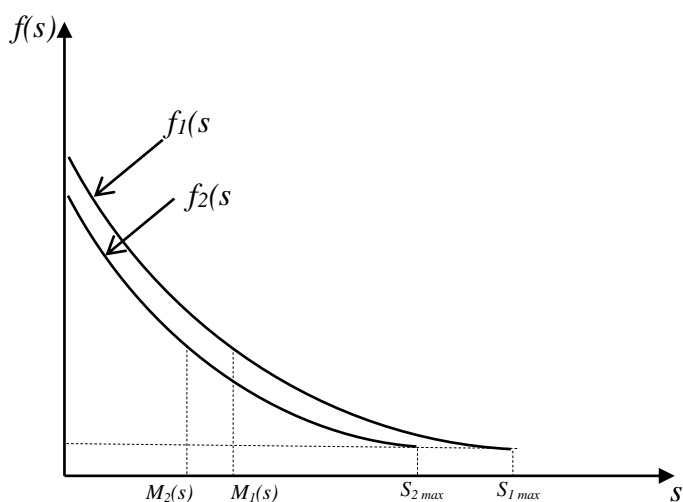


Рисунок 4.12 - Влияние природоохранных мероприятий на риск АП

Если учитывать проведение природоохранных мероприятий, то формула 4.6 модифицируется в:

$$R = \sum_{i=1}^n P_i \cdot (S_i - \Delta S_i^k) \quad (4.7)$$

Где  $\Delta S_i^k$  - доля общего ущерба, которая компенсирована проведением экологических мероприятий.

Предположим, что в каждом  $S_i$  ущербе от АП (гибель людей, ущерб авиакомпании от потери ВС и т.п.) есть доля  $\Delta S_i^k$  экологического ущерба и в некоторых случаях этот экологический ущерб будет значительный и может распространяться, усугубляя экологическую ситуацию на месте АП. Таким образом, деятельность по ликвидации полученного негативного воздействия ОС можно рассматривать, как мероприятия по снижению рисков для БП, поскольку согласуется с подходом к управлению риском для БП, принятым ИКАО.

В документе [60] представлен современный подход к обеспечению профессиональной гигиены и охраны труда, который включает в себя такие действия как:

- идентифицировать источники опасности
- установить уровень воздействия

- определить или оценить риск
- ввести меры контроля
- пересмотреть и уточнить оценку риска

Там же отмечается, что организации, выполняющие оперативные задачи, редко имеют возможность применять эти ресурсы. Ситуации, создающиеся на месте АП, могут иметь различный характер и разные масштабы, что нередко делает управление риском более сложным процессом, чем тот, который предлагается в [60].

В [60] говорится, что для эффективной оценки риска требуются, прежде всего, надежные данные, позволяющие осуществить идентификацию источников опасностей. Для определения и последующего управления рисками, связанными с АП, при осуществлении оценки риска, необходимо в определенной степени производить оценку риска. В отношении некоторых видов деятельности риски могут объективно оцениваться, например, в ситуации, когда уровни воздействия химических веществ установлены и точка концентрации воздействия известна. Однако в некоторых других видах деятельности, включая поисково-спасательные работы на месте АП, произвести такую оценку не всегда возможно и никакого альтернативного варианта объективной оценки степени риска не существует. В любом случае для разумной оценки персонал авиационно-спасательных служб должен иметь конкретную информацию.

Согласно [83] СУБП является управленческим механизмом (рис. 4.13). СУБП позволяет:

- прогнозировать зарождение негативных отклонений в БП и своевременно реагировать на них;
  - использовать полученный опыт, даже после различных АС;
  - экономить (финансов прежде всего) за счет применения проактивных методов управления рисками;
- и т.п.



Рисунок 4.13 - Алгоритм процесса контроля и управления факторами риска [57]

В работе [173] отмечается, что для полного контроля производственной ситуации необходимо, чтобы лица, ответственные за принятие различных решений владели техникой оценки рисков, это позволит в наибольшей степени владеть ситуацией на производстве и минимизировать негативные события.

Проведение необходимых действий на месте АП по ликвидации последствий (в частности устранение ущерба, нанесенного ОС) по заранее продуманному сценарию с соответствующей материальной подготовкой также являются элементом прогнозирования. В целом проведение, разработка подобных вопросов является частью СУБП.

## Заключение

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

Решение научной задачи опиралось на проведенные автором и представленные в работе аналитические анализы: состояния безопасности полётов ВС гражданской авиации в Российской Федерации; материалов Межгосударственного авиационного комитета по расследованию АП; а также традиционных методов и средств защиты окружающей среды при разнообразных чрезвычайных ситуациях. Это позволило выявить сложившееся несоответствие между, с одной стороны, существующей практикой проведения природозащитных мероприятий от воздействия аварийного ВС, а, с другой стороны, ограниченными требованиями действующих отраслевых нормативно технических документов по организации работ на месте АП, проявляющее себя в:

- противоречии **практического** характера между уровнем совершенства и сложности современной авиатехники, требующих от работников высокой исполнительской дисциплины и строго следования инструкциям, и ограниченными требованиями действующих отраслевых нормативно технических документов по организации работ на месте АП;

- противоречии **научного** характера между невозможностью достижения абсолютной БП ВС ГА и отсутствием единого научно-методического аппарата комплексной защиты, который был бы применим в случаях аварийно-залпового воздействия во всех отраслях экономики страны.

Разрешение выявленных противоречий решается в рамках разработки алгоритмического обеспечения методов локализации и компенсации негативного воздействия аварийного ВС.

В диссертации проведена декомпозиция сформулированной научной задачи на ряд решённых в работе взаимосвязанных задач, основные из них следующие:

- классифицировать и оценить виды негативного экологического воздействия аварийного ВС, возникающие при АП;

- создать имитационную модель негативного воздействия аварийного ВС на ОС и оценить возможность природозащитных мероприятий реализуемых административной подкомиссией комиссии по расследованию АП;

- разработать алгоритм действий по снижению экологического воздействия аварийного ВС при АП и обосновать перечень действий административной подкомиссии по расследованию АП, необходимых для снижения экологических последствий АП;

- разработать и обосновать предложения по изменению природозащитных требований отраслевых нормативно-правовых документов.

**Базируясь** на системно-историческом анализе накопленного объема знаний в области обеспечения экологической безопасности в аварийных ситуациях и при чрезвычайных происшествиях на объектах химии, нефтехимии, переработки и транспортирования нефтепродуктов, а также на анализе практики инженерно-технического обеспечения БП и расследования АП в диссертации впервые получено следующее:

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 негативного 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 качества 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 экологического воздействия на месте АП непосредственно с момента начала расследования, что *на практике* позволяет решить задачу уменьшения негативного экологического воздействия аварийного ВС на экосистемы территории, на которой произошло АП, важную для снижения экологической опасности авиаперевозок (воздушного транспорта).

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 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 наиболее 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 – возможных членов административных подкомиссий по расследованию вероятных АП.

## Список сокращений и условных обозначений

- РФ - Российской Федерации
- ГА - Гражданская авиация
- ВТ - Воздушный транспорт
- ЛЭП - Линия электропередачи
- ПКМ - Полимерные композиционные материалы
- ГСМ - Горюче-смазочные материалы
- ВПП - Взлетно-посадочная полоса
- ИКАО (ICAO) – Международная организация гражданской авиации
- САЕР - Комитет по эмиссии авиационных двигателей
- ВСУ - Вспомогательная силовая установка
- ВС – Воздушное судно
- ОС – Окружающая среда
- ТО и Р - Техническое обслуживание и ремонт
- АП – Авиационное происшествие
- СЖ – спецжидкость(и)
- И – инцидент
- АС – Авиационное событие
- БП – Безопасность полетов
- АТС - Авиатранспортная система
- АТ - Авиационная техника
- УВД - Управление воздушным движением
- МАК - Межгосударственный авиационный комитет
- СССР - Союз Советских Социалистических Республик
- ЧС - Чрезвычайная ситуация
- КМ - Композиционные материалы
- FLIR - Инфракрасные системы переднего обзора
- АКПС - авиационно-космический поиск и спасание
- ООПТ - особо охраняемые природные территории

ПШУ – Пенополиуретан  
ПВХ – Поливинилхлорид  
ПС – Полистирол  
ТБО – Твердые бытовые отходы  
ЗВ - Загрязняющее вещество  
РУ - Региональное управление  
ГТС - Геотехническая система  
ФХС - Физико-химическая система  
ЕНВ - Единица негативного воздействия  
ПРАПИ-98 - Правила расследования авиационных происшествий и инцидентов с гражданскими воздушными судами в Российской Федерации  
ПДК – Предельно допустимая концентрация  
РАН – Российская академия наук  
ФИПС - Федеральный институт промышленной собственности  
ВПТБ - Всероссийская патентно-техническая библиотека  
ПАВ - поверхностно-активное вещество  
СВЧ-излучение - сверхвысокочастотное излучение  
МАМИ - Московский государственный машиностроительный университет  
ТЭС – Тетраэтилсвинец  
СУБП - система управления безопасностью полетов  
SMS - Safety management system

## Библиографический список используемой литературы

1. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года// утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 г. № 1734-р. [Электронный ресурс] URL [http://www.mintrans.ru/activity/detail.php?SECTION\\_ID=2203#document\\_13008](http://www.mintrans.ru/activity/detail.php?SECTION_ID=2203#document_13008) (дата обращения 21.12.2015).
2. Изменения, которые вносятся в транспортную стратегию российской федерации на период до 2030 года // Распоряжение правительства РФ от 11 июня 2014 г. N 1032-р. – 382 с. [Электронный ресурс] URL <http://www.mintrans.ru/activity/detail.php?> (дата обращения 21.12.2015).
3. О федеральной целевой программе "развитие транспортной системы России (2010 - 2020 годы)"// Постановление правительства РФ от 5 декабря 2001 г. N 848. – 5 с. [Электронный ресурс] URL [http://www.mintrans.ru/activity/detail.php?SECTION\\_ID=2203#document\\_20611](http://www.mintrans.ru/activity/detail.php?SECTION_ID=2203#document_20611) (дата обращения 21.12.2015).
4. Справочные материалы к расширенному заседанию коллегии Министерства транспорта Российской Федерации по вопросу «О состоянии и перспективах развития гражданской авиации в Российской Федерации», – М.: Минтранс России, 2014
5. Николайкина Н.Е., Николайкин Н.И., Матягина А.М. Промышленная экология. Инженерная защита биосферы от воздействия воздушного транспорта. – М.: Академкнига, 2006. – 240 с.
6. Роль и значение воздушного транспорта. [Электронный ресурс] – URL: <http://www.latestgeography.ru/acgems-216-1.html> (дата обращения 03.05.2015)
7. Самойлов И. А., Лесничий И. В., Самойлов В. И., Кипчарский Д. А. Состояние и перспективы развития парка воздушных судов гражданской

авиации России // Научный вестник ГосНИИ ГА № 4. – М.: ГосНИИ ГА 2014

8. И.А.Самойлов, О.Ю.Страдомский, А.А. Фридлянд, В.С.Шапкин. Состояние авиационного транспортного комплекса в современных экономических условиях // Доклад ГосНИИ ГА на заседании Подкомиссии по авиационным перевозкам Комиссии по транспорту и транспортной инфраструктуре Российского союза промышленников и предпринимателей (РСПП), 26 января 2016 года

9. Информационно-статистический бюллетень «Транспорт России» январь-декабрь 2018 года / Министерство транспорта Российской Федерации. – Москва: 2019. – 67 с.

10. Громов Н. Н., Панченко Т. А., Чудновский А. Д. Единая транспортная система. – М.: Транспорт, 2003. – с. 115

11. Основные показатели работы гражданской авиации России за январь - декабрь 2010-2011 годы / Федеральное агентство воздушного транспорта. – Москва: 2012. – 2 с. [Электронный ресурс] URL: <https://www.favt.ru/dejatelnost-vozdushnye-perevozki-osnovnyeproizvodstvennyepokazateli-ga/> (дата обращения 17.02.2020).

12. Основные показатели работы гражданской авиации России за январь - декабрь 2011-2012 годы / Федеральное агентство воздушного транспорта. – Москва: 2013. – 7 с. [Электронный ресурс] URL: <https://www.favt.ru/dejatelnost-vozdushnye-perevozki-osnovnyeproizvodstvennyepokazateli-ga/> (дата обращения 17.02.2020).

13. Основные показатели работы гражданской авиации России за январь - декабрь 2012-2013 годы / Федеральное агентство воздушного транспорта. – Москва: 2014. – 8 с. [Электронный ресурс] URL: <https://www.favt.ru/dejatelnost-vozdushnye-perevozki-osnovnyeproizvodstvennyepokazateli-ga/> (дата обращения 17.02.2020).

14. Основные показатели работы гражданской авиации России за январь - декабрь 2013-2014 годы / Федеральное агентство воздушного

транспорта. – Москва: 2015. – 4 с. [Электронный ресурс] URL: <https://www.favt.ru/public/materials//f/b/5/e/c/fb5ec4aa15ce219d62e139acedd6d99e.pdf>(дата обращения 17.02.2020).

15. Основные показатели работы гражданской авиации России за январь - декабрь 2014-2015 годы / Федеральное агентство воздушного транспорта. – Москва: 2016. – 4 с. [Электронный ресурс] URL: <https://www.favt.ru/public/materials//a/c/d/c/e/acdce06670a8e13f016bc4bf779ad0b2.pdf>(дата обращения 17.02.2020).

16. Основные показатели работы гражданской авиации России за январь - декабрь 2015-2016 годы / Федеральное агентство воздушного транспорта. – Москва: 2016. – 2 с. [Электронный ресурс] URL: <https://www.favt.ru/public/materials//f/7/2/e/3/f72e3a7248b035c230335dabb88d47b4.pdf>(дата обращения 17.02.2020).

17. Основные показатели работы гражданской авиации России за январь - декабрь 2016-2017 годы / Федеральное агентство воздушного транспорта. – Москва: 2018. – 2 с. [Электронный ресурс] URL: <https://www.favt.ru/public/materials//c/b/8/5/b/cb85bf857501fcb549921f8afbb778f3.pdf>(дата обращения 17.02.2020).

18. Основные показатели работы гражданской авиации России за январь - декабрь 2017-2018 годы / Федеральное агентство воздушного транспорта. – Москва: 2019. – 2 с. [Электронный ресурс] URL: <https://www.favt.ru/public/materials//1/4/f/3/b/14f3b221a5a5a2206a3326c650c600c3.pdf>(дата обращения 17.02.2020).

19. Основные показатели работы гражданской авиации России за январь - декабрь 2018-2019 годы / Федеральное агентство воздушного транспорта. – Москва: 2020. – 2 с. [Электронный ресурс] URL: <https://www.favt.ru/public/materials//f/1/5/f/d/f15fdc7ffc24cde8a7f27dbc77717680.pdf>(дата обращения 17.02.2020).

20. Николайкин Н.И. Научные основы организации контроля и регулирования в системе экологической безопасности гражданской

авиации: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / ФГОУВПО "Московский государственный технический университет гражданской авиации". Москва, 2009.

21. Об отходах производства и потребления. Федеральный закон РФ от 24.06.98 № 89-ФЗ.[Электронный ресурс URL:[http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_19109/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/) (дата обращения 25.03.2020).

22. Николайкина Н. Е., Старков Е. Ю. Реагентный метод разделения многослойных упаковочных материалов, применяемых в гражданской авиации, для их последующей утилизации. // Научный вестник МГТУ ГА, № 225. 2016.

23. О драгоценных металлах и драгоценных камнях. Федеральный закон от 26.03.98 №41-ФЗ[Электронный ресурс URL:<http://base.garant.ru/12111066/> (дата обращения 01.02.2016)

24. Санитарные правила при работе с ртутью, ее соединениями и приборами с ртутным заполнением №4607 - 88.[Электронный ресурс URL:<http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=101843> (дата обращения 01.02.2016)

25. Приложение 16 к конвенции о международной гражданской авиации. Охрана окружающей среды Том II. Эмиссия авиационных двигателей Номер заказа: AN16-2, издание третье июль 2008 г.

26. Doc9911 Руководство по рекомендуемому методу расчета контуров шума вокруг аэропортов.- Издание первое, 2008. – ИКАО. 2009. – 131 с.

27. Николайкин Н.И., Наумова Т.В. Экологические проблемы воздействия воздушного транспорта на окружающую природную среду // Науч. вестник МГТУ ГА, сер. "Безопасность полётов". – № 40. 2001. С. 95-98.

28. Наумова Т.В., Экологические риски современного общества (философско-методологический анализ): автореферат дис. На соискание ученой степени доктора философских наук. – М.: 2019. – 40 с.
29. Феоктистова О.Г. Теоретические основы повышения эффективности управления системой экологической безопасности при техническом обслуживании и ремонте авиационной техники: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук // ФГОУВПО "Московский государственный технический университет гражданской авиации". Москва, 2009
30. Феоктистова О.Г., Феоктистова Т.Г. Антропогенная опасность на этапах жизненного цикла изделий авиационной техники // Научный вестник МГТУ ГА, № 162. 2010. - С. 59-65.
31. Пермякова В.В., Феоктистова О.Г. Система обеспечения экологической устойчивости авиапредприятия // Научный вестник МГТУ ГА, № 162. 2010. - С. 70-73.
32. Феоктистова О.Г. Некоторые вопросы мониторинга антропогенной опасности на предприятиях ГА // Научный вестник МГТУ ГА, № 127. 2008. - С. 152-156.
33. Рекомендации по применению технических средств при ликвидации последствий разлива нефтепродуктов [Электронный ресурс] / Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (федеральный центр науки и высоких технологий) . – Москва, 2020. – URL: [https://www.vniigochs.ru/storage/photos/4/%D0%94%D0%B5%D1%8F%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C/Methodics/OMS/mr\\_neft.pdf](https://www.vniigochs.ru/storage/photos/4/%D0%94%D0%B5%D1%8F%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C/Methodics/OMS/mr_neft.pdf) (дата обращения 15.02.2021).
34. Постановление Правительства РФ от 31 декабря 2020 г. N 2451 "Об утверждении Правил организации мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской

Федерации, за исключением внутренних морских вод Российской Федерации и территориального моря Российской Федерации, а также о признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации" // система ГАРАНТ [Официальный сайт]. URL: <http://ivo.garant.ru/#/document/400170332/paragraph/1:0> (дата обращения: 15.02.2021).

35. Правила расследования авиационных происшествий и инцидентов с гражданскими воздушными судами в Российской Федерации. Утв. Постановлением Правительства РФ от 18.06.1998 № 609 в ред. Постановлений Правительства РФ от 19.11.2008 N 854, от 07.12.2011 N 1013). [Электронный ресурс]. [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_43232/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_43232/) (дата обращения: 26.02.2020).

36. Барзилович Е.Ю., Байков А.Е., Данилов В.Ю., Лончаков Ю.В., Осташкевич В.А. О некоторых моделях оптимальной эксплуатации авиационных систем // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2007. № 121. - С. 11-18.

37. Барзилович Е.Ю., Люлько В.И. О некоторых научно-технических проблемах в эксплуатации и обеспечении безопасности полетов отечественных воздушных судов // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2005. № 90. - С. 7-13.

38. Воробьев В.В., Беляцкая А.П., Суполка А.А. Методика устранения отклонений воздушного судна при предпосадочном снижении для предотвращения происшествий категории cfит // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2020. Т. 23. № 4. С. 33-44.

39. Богоявленский А. А., Гипич Г. Н., Шапкин В. С. Единый подход к национальным стандартам менеджмента риска в системе факторного

управления безопасностью авиационной деятельности // Экономика качества, 2015, 72-73.

40. Северцев Н.А., Куклев Е.А., Гипич Г.Н. Проблемные вопросы безопасности сложных систем и управление рисками с учётом требований к надёжности изделий // труды международного симпозиума "надёжность и качество", 2008, 84-88

41. Гузий А. Г., Лушкин А. М., Майорова Ю. А. Теория и практика экспертного анализа в системах управления безопасностью полетов: монография. - Москва : ИД Академии Жуковского, 2015. - 127 с.

42. Ицкович А.А., Файнбург И.А., Файнбург Г.Д. Методологические аспекты управления процессами обеспечения надёжности авиационной техники // Проблемы машиностроения и надёжности машин. – М: РАН, 2019, С. 77-88

43. Коняев Е. А., Немчиков М. Л. Химмотология авиационных масел и гидравлических жидкостей. – М.: МГТУ ГА, 2008. – 81 с.

44. Коняев Е. А., Немчиков М. Л. Авиационные горюче-смазочные материалы. – М.: МГТУ ГА, 2012. – 80 с.

45. Логвин А.И., Высоцкий В.З. Влияние качества речевого радиообмена в системах УВД на безопасность полетов // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2006. № 99. - С. 152-155.

46. Логвин А.И., Высоцкий В.З. К вопросу о нормах летной годности радиосвязного оборудования // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2006. № 103. - С. 50-51.

47. Рухлинский В.М., Чинючин Ю.М. Оптимизация процесса технической эксплуатации в экстремальных условиях // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2008. № 127. С. 24-31.

48. Сакач Р.В., Зубков Б.В., Давиденко М.Ф. Безопасность полетов. Учебник для вузов. – М: Транспорт, 1989, 239 с.
49. Амуи А.М., Самойленко В.М. Влияние эксплуатационных факторов на работоспособность защитных покрытий лопаток турбин ГТД // материалы XVI Всероссийской научно-технической конференции «Научные чтения по авиации, посвящённые памяти Н. Е. Жуковского». – М: Военно-воздушная инженерная академия им. Н.Е. Жуковского, 2019, С.68-72
50. Самойленко В. М., Грядунов К. И., Тимошенко А. Н., Ардешери Ш. Обоснование соотношения биотоплива и керосина в смеси для её применения в качестве авиатоплива // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2020. № 3, Т.23. - С. 17-28
51. Чинючин Ю. М., Смирнов Н. Н., Кирдюшкин В. С., Гафуров Д. С. Формирование минимальных перечней оборудования воздушных судов, обеспечивающего безопасные и регулярные полеты // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2014. № 205. - С. 10-15
52. Далецкий С.В., Чинючин Ю.М., Ойдов Н. Новые принципы формирования режимов периодического технического обслуживания воздушных судов по критериям безопасности полетов // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2015. № 219 (9). С. 20-26.
53. Состояние безопасности полетов в гражданской авиации государств-участников Соглашения о гражданской авиации и об использовании воздушного пространства за 20-летний период / межгосударственный авиационный комитет (МАК). – Москва: 2011. – 29 с. [Электронный ресурс] URL: <http://www.mak-iac.org/upload/iblock/b41/bp11-3.pdf> (дата обращения 20.02.2016).

54. Состояние безопасности полетов гражданской авиации государств участников соглашения гражданской авиации и об использовании воздушного пространства в 2018 г. / Межгосударственный авиационный комитет (МАК). – Москва: 2019. – 107 с. [Электронный ресурс] URL: <https://mak-iac.org/upload/iblock/03e/bp-18-2.pdf>(дата обращения 20.02.2020).

55. Анализ состояния безопасности полетов в гражданской авиации Российской Федерации в 2018 году / Федеральное агентство воздушного транспорта / Управление инспекции по безопасности полетов /. – Москва: 2019. – 89 с.

56. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. N 68-ФЗ [Электронный ресурс URL:[http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_5295/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5295/) (дата обращения 01.02.2016)

57. Николайкин Н. И., Старков Е. Ю. Оценка экологической опасности авиационных событий на воздушном транспорте // Научный вестник МГТУ ГА, № 218. 2015. - С. 17-23.

58. Окончательный отчет по результатам расследования авиационного происшествия с ВС Ту – 154 29.08.1996, Норвегия. Межгосударственный авиационный комитет, комиссия по расследованию авиационных происшествий.

59. Окончательный отчет по результатам расследования авиационного происшествия с ВС Ту-154 01.07.2002, Германия. Межгосударственный авиационный комитет, комиссия по расследованию авиационных происшествий.

60. Циркуляр ИКАО Cir315-AN/179 опасности на местах авиационных происшествий. 2008 – 33 с.

61. Doc 9731 МАМПС. Руководство по международному авиационному поиску и спасанию. Организация и управление.- Том 1-й. – ИКАО. 2010. – 136 с.

62. Doc 9731 МАМПС. Руководство по международному авиационному поиску и спасанию. Координация операций.- Том 2-й. – ИКАО. 2010. – 478 с.

63. Постановление Правительства Российской Федерации от 15.07.2008 № 530 (с изменениями, внесенными Постановлением Правительства Российской Федерации от 17.12.2009 № 1033, от 25.01.2011 № 17) «Об утверждении Федеральных авиационных правил поиска и спасания в Российской Федерации» [Электронный ресурс URL: <https://www.favt.ru/public/materials//7/6/5/9/4/76594a2d19c9f8db09d1895d9dcea01b.pdf> (дата обращения 17.02.2020)

64. Приказ Федерального агентства воздушного транспорта (Росавиация) от 21.06.2011 № 350 «Об определении требований к структуре и содержанию инструкции по поиску и спасанию в зоне авиационно-космического поиска и спасания» [Электронный ресурс URL: <https://www.favt.ru/public/materials//9/e/4/9/0/9e490d2a8c23f1fffa7f1b0543e2468b.pdf> (дата обращения 17.02.2020)

65. Приказ Федерального агентства воздушного транспорта (Росавиация) от 21.09.2016 № 734 «Об определении мест дислокации поисковых и аварийно-спасательных сил и средств на территории Российской Федерации, общего количества и типов дежурных поисково-спасательных воздушных судов» [Электронный ресурс URL: <https://www.favt.ru/public/materials//1/a/e/a/d/1aead2c075df6c4f517db5dd2035bb58.pdf> (дата обращения 17.02.2020)

66. Дежурные силы и средства по зонам авиационно-космического поиска и спасания по состоянию на 03 февраля 2020 года / Федеральное агентство воздушного транспорта (ФАВТ). – Москва: 2020. – 1 с. [Электронный ресурс] URL:

<https://www.favt.ru/public/materials//3/0/2/0/5/302054acdbafdb0a39e4617271f313f5.pdf> (дата обращения 17.02.2020).

67. Анализ поисково-спасательных операций (работ) в Российской Федерации в 2019 году / Федеральное агентство воздушного транспорта (ФАВТ). – Москва: 2019. – 10 с. [Электронный ресурс] URL: <https://www.favt.ru/public/materials//e/8/c/1/c/e8c1c3939d1910074d2b6e0188a28e46.pdf> (дата обращения 17.02.2020).

68. Окончательный отчет по результатам расследования авиационного происшествия с ВС Ту-154 03.07.2001, Иркутская область. Межгосударственный авиационный комитет, комиссия по расследованию авиационных происшествий.

69. Окончательный отчет по результатам расследования авиационного происшествия с ВС А-310 09.07.2006, Иркутская область. Межгосударственный авиационный комитет, комиссия по расследованию авиационных происшествий.

70. Иванов В.С., Граськин С.С., Лысенко Н.М., Киселев А.М., Акимов А.Н., Воробьев В.В., Пахомов О.В., Николаев Ю.А. Безопасность полетов летательных аппаратов / Учебник для слушателей и курсантов инженерных ВВУЗов ВВС –М: Военно-воздушная инженерная академия им. Н.Е. Жуковского, 2003, 366 с.

71. Матягина А.М. Разработка критерия оценки и методики организации системы обеспечения экологической безопасности на эксплуатационных предприятиях ГА: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук – М.: МГТУ ГА, 2005.

72. Правовые и экономические основы применения современной методологии стоимости оценки ущерба, причиняемого окружающей среде и природным ресурсам / Медведева О.Е., Вакула М.А. // экол. Вестн. России.- 2007. - № 4. – С. 22-25.

73. Трофименко Ю.В., Воронцов Ю.М., Трофименко К.Ю. Утилизация автомобилей: Научная монография. М.: АКПРЕСС, 2011. – 336 с.
74. Справочные материалы по удельным показателям образования важнейших видов отходов производства и потребления. – М.: ГУ НИЦПУРО (рекомендованные письмом Государственного комитета РФ по охране окружающей среды от 28.01.97 г. № 03 – 11/29 – 251)
75. Графкина М.В., Казикян Т. Управление пожарными рисками на основе современных программных продуктов Безопасность жизнедеятельности. 2020. № 5 (233). С. 36-39.
76. Приложение к постановлению Правительства Москвы от 13.09.2005 г. № 689-ПП «Методика определения размера вреда, причиненного окружающей среде загрязнением атмосферного воздуха в результате пожаров на территории города Москвы»
77. Дос 9919. Конвенция о возмещении ущерба, причиненного воздушными судам третьим лицам. – ИКАО. 2009. – 88 с.
78. Энциклопедия безопасности авиации / Н. С. Кулик, В. П. Харченко, М. Г. Луцкий и др.; Под ред. Н. С. Кулика. — К.: Техніка, 2008. — 1000 с.
79. Николайкин Н.И. Управление экологической безопасностью промышленно-транспортных и энергетических узлов: Монография. / Моск. гос. ун-т инж. экологии – М.: МГУИЭ, 2007.- 256 с.
80. Балабеков О.С., Воробьев О.Г., Шакиров Б.С. Генезис, классификация и экологическая оптимизация физико-химических систем// Вестник НАН РК. 1993. №3. С. 40-43.
81. Кафаров В.В., Дорохов И.Н. Диаграммный принцип описания физико-химических систем// Гидродинамика и явление переноса в двухфазных дисперсных системах: Межвузовский сборник научных трудов. - Иркутск: ИПИ, 1977.- С. 3-21.

82. Николайкин Н. И. Регулирование состояния антропогенно-измененных экосистем вокруг комплексов авиапредприятий в жизненном цикле авиаперевозок // Научный вестник МГТУ ГА, № 162. 2010. С. 22-29.
83. Зубков Б.В., Прозоров С.Е. Безопасность полётов: учебник / под ред. Б. В. Зубкова. – Ульяновск, УВАУ ГА(И), 2013. - 451 с.
84. Балабеков О.С., Бахов Ж.К., Воробьев О.С., Шакиров Б.С. Оценка и управление техногенной нагрузкой химических предприятий на природную среду; Под ред. О.Г. Воробьева – Алматы: Кітап палатасы, 2002. –201 с.
85. Николайкин Н.И., Старков Е.Ю. Актуальность изучения влияния авиационных происшествий на окружающую среду // Сб. статей Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы развития науки» - Уфа, - 2014. - С. 125-132.
86. Николайкин Н.И., Старков Е.Ю. Уменьшение экологических последствий от воздействия авиационных происшествий // Научный вестник МГТУ ГА, № 225. 2016. С. 127-136.
87. Николайкин Н., Николайкина Н. Экологическая безопасность. Промышленно-транспортные и энергетические узлы: Монография. - Saarbrucken, Deutschland: Verlag LAP LAMBERT Academic Publishing. - 2016. - 385 p.
88. Nikolaykin N.I., Matyagina A.M., Smirnova Yu. V. A method of Ecological Estimation for Man-made Chemical and Greenhouse Gas Pollution // Chemical and Petroleum Engineering, Vol. 43, Nos. 9-10, 2007. P. 612-616.
89. Старков Е.Ю., Николайкин Н.И. О возможности снижения экологического воздействия при авиационном происшествии // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего: плюс, Выпуск № 02 (30). 2016. С. 13-19.
90. Николайкин Н., Старков Е. Модель эколого-экономического воздействия авиационных происшествий // Предпринимательство. №7, 2016. - С. 38 - 76.

91. Николайкин Н.И., Старков Е.Ю. Модель оценки экологического воздействия авиационного происшествия с воздушными судами // Научный вестник УИ ГА. 2016. № 8. С. 28-34.
92. Зеликин М. И. Оптимальное управление и вариационное исчисление, — УРСС, Москва, 2004. – 160 с.
93. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике, М.: АСТ: Астрель, 2006. — 991 с.
94. Алексеев В. М., Тихомиров В. М., Фомин С. В. Оптимальное управление. — М.: Наука, 1979. – 432 с.
95. Афанасьев В. Н., Колмановский В.Б., Носов В.Р. Математическая теория конструирования систем управления. — М.: Высшая школа, 2003. — 614 с.
96. Зайцев В.Ф., Полянин А.Д. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. М.: Физматлит, 2001, - 576 с.
97. Зейферт Г., Трельфалль В. Вариационное исчисление в целом 2-е изд., — Ижевск.: НИЦ РХД, 2000. -160 с.
98. Краснов М. Л., Макаренко Г. И., Киселев А. И. Вариационное исчисление, задачи и упражнения. — М.: Наука, 1973. – 190 с.
99. Ризниченко Г.Ю. Математические модели в биофизике и экологии. – М.: Ижевск, 2003. – 184 с.
100. Хакен Г. Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным системам. – М.: КомКнига, 2005. – 248 с.
101. Эльсгольц Л. Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. — М.: Наука, 1969. – 424 с.
102. Камке Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям (4-е издание). М.: Наука, 1971 , - 589 с.
103. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся в ВТУЗов. – М.: Наука, 1986. – 451 с.
104. Doc 9919. Конвенция о возмещении ущерба, причиненного воздушными судами третьим лицам. - Монреаль, Канада. ИКАО, 2009. – 88

с. [Электронный ресурс]. URL:  
[http://www.aviadocs.net/icaodocs/Docs/9919\\_mu.pdf/](http://www.aviadocs.net/icaodocs/Docs/9919_mu.pdf/) (дата обращения:  
30.11.2016).

105. Приложение 13 к конвенции о международной гражданской авиации. Расследование авиационных происшествий и инцидентов Номер заказа: AN13, издание десятое июль 2010 г.

106. Дос 9731 МАМПС. Руководство по международному авиационному поиску и спасанию. Подвижные средства.- Том 3-й. – ИКАО. 2010. – 223 с.

107. Дос 9962.Руководство по расследованию авиационных происшествий и инцидентов: политика и процедуры. – ИКАО. 2012. – 114 с.

108. Показатели по площадям ООПТ России / сайт «Заповедная Россия»/ Минприроды России. – Москва: 2015. [Электронный ресурс] URL: <http://news.zapoved.ru/2015/11/23/pokazateli-po-ploshhadyam-oopt-rossii/> (дата обращения 02.03.2020).

109. Сводные данные по ООПТ России / сайт «Заповедная Россия»/ Минприроды России. – Москва: 2015. [Электронный ресурс] URL: <http://news.zapoved.ru/2015/11/23/svodnye-dannye-po-oopt-rossii/> (дата обращения 02.03.2020).

110. Информационно-аналитическая система «Особо охраняемые природные территории России» (ИАС «ООПТ РФ») / Сводная информация - [Электронный ресурс]URL : <http://oopt.aari.ru/filter/reset> (дата обращения 02.03.20).

111. Николайкин Н.И., Николайкина Н.Е., Мелехова О.П. Экология: учебник – 9-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во ИНФРА-М, 2018. – 615 с. – (Высшее образование: Бакалавриат).

112. Калачникова И. Г. Исследование трансформации нефтяных углеводородов в почвенной экосистеме, как основа оптимизации

антропогенных воздействий на нее. // Науч. тр. ин-та экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН. – Свердловск. – 1999. – С. 99.

113. Сухова И. В., Садовникова Л. К., Трофимов С. Я. Особенности влияния нефти на свойства почв // Мелиорация антропогенных ландшафтов. – Новочеркасск: Изд-во НГМА, 2004. – Том 22. – с.3-36

114. Трофимов С. Я., Розанова М. С. Изменение свойств почв под влиянием нефтяного загрязнения // Дegradация и охрана почв. – М.: Изд-во МГУ, 2002 с. 359 -373.

115. Мурзаков Б. Г. Экологическая биотехнология для комплекса (теория и практика). – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 200 с.

116. Методические рекомендации по геохимической оценке источников загрязнения окружающей среды. – М.: 1982. – 66 с.

117. Machula G. Микробиологическая характеристика почв различного возраста рекультивации // Structure and function of soil organisms communities with the influence of anthropogenous factors: Proc. Intrn. Conf. Ceske Budejovice, 1990, – p. 99.

118. Alas R. M. Microbial degradation of petroleum hydrocarbons: an environmental perspective // Microbiol. Rev., 1981. – Vol. 45. – № 2. – p. 180–209.

119. Маркарова М. Ю. Оценка экологического состояния почв после нефтяного загрязнения и рекультивации. // Отражение био-, гео-, антропоферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове: матер. IV всерос. науч. конф. с междуна. участием (1–5 сентября 2010). – Томск: ТМЛ-Пресс, 2010. – Т. 3. – с. 148–150.

120. Вальков, В. Ф. Очерки о плодородии почв: монография – Ростов на Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, 2001. –240 с.

121. Мещеряков С.В., Гонопольский А.М., Зинец Т.В. Анализ экологически опасных ситуаций на магистральных нефтепроводах // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2021. № 1 (298). С. 18-21.

122. Новиков В.К., Фридман А.Я., Новиков С.В., Николайкин Н.И., Романова М.В. Обеспечение экологической безопасности при очистке ёмкостей от нефти и нефтепродуктов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2018. Т. 7. № 3 (43). С. 131-136.
123. Мухин В. М., Спиридонов Ю. Я., Шестаков В. Г. Сорбционная детоксикация загрязненных почв // Проблемы экологической безопасности агропромышленного комплекса. Выпуск 4 – Сергиев Посад: РАСН, 1999 г.
124. Мухин В. М., Клушин В. Н. Производство и применение углеродных адсорбентов: учеб. пособие – М.: Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева, 2012. – 308 с
125. Николайкин Н.И., Старков Е.Ю., Климов П.И. Метод снижения экологической опасности при авиационных происшествиях//Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык. -2015. -№3. -С. 22-34.
126. Спиридонов Ю. Я., Шестаков В. Г., Мухин В. М. Восстановление плодородия почв, загрязненных техногенными веществами. // / Научно-практический журнал «Агро XXI» № 12, 1999 с. 22 – 23
127. Биопрепарат для очистки почвы и шламов от нефти и нефтепродуктов : пат. 2568063Рос. Федерация: МПК В09С 1/10 (2006.01) С12N 1/20 (2006.01) С12R 1/01 (2006.01) / Мазлова Е. А. (RU), Херрера-Альварадо Луис Андрес (ЕС); патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина" (RU) – № 2014147121/10, 25.11.2014; опубл. 10.11.2015 Бюл. № 31.
128. Способ очистки и рекультивации почвы , загрязненной нефтью и нефтепродуктами : пат. 2594995 Рос. Федерация: МПК В09С 1/00 (2006.01) / Чачина С. Б. (RU), Бакланова О. Н. (RU), Лавренов А. В. (RU), Лихолобов В. А. (RU), Кривонос О. И. (RU), Левицкий В. А. (RU); патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем переработки углеводородов Сибирского отделения Российской

академии наук (ИППУ СО РАН) – № 2015134129/13, 13.08.2015; опубл. 20.08.2016 Бюл. № 23

129. Способ очистки почвы и водной среды от нефти и нефтепродуктов : пат. 2617949 Рос. Федерация: МПК В09С 1/10 (2006.01) С02F 3/34 (2006.01) С12N 1/20 (2006.01) С12R 1/01 (2006.01) / Ерофеевская Л. А. (RU), Салтыкова А. Л. (RU), Вит А. А. (RU); патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью Малое инновационное предприятие "СахаНефтеБиоСорб" (RU) – № 2015157250, 31.12.2015; опубл. 28.04.2017 Бюл. № 13

130. Препарат для очистки почв и воды от нефти и нефтепродуктов : пат. 2617953 Рос. Федерация: МПК С02F 3/34 (2006.01) В09С 1/10 (2006.01) С12N 11/14 (2006.01) С12N 1/20 (2006.01) С12R 1/07 (2006.01) / Ерофеевская Л. А. (RU), Салтыкова А. Л. (RU), Вит А. А. (RU); патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью Малое инновационное предприятие "СахаНефтеБиоСорб" (RU) – № 2015157248, 31.12.2015; 28.04.2017 Бюл. № 13

131. Способ фиторемедиации почвы , загрязненной углеводородами, и применение штамма микроорганизма *Rhodococcuserythropolis* ВКМ Ас-2017Д в качестве стимулятора роста растений: пат. 2618096 Рос. Федерация: МПК В09С 1/00 (2006.01) / Отрошко Д. Н. (RU), Шеремет В. В. (RU), Волченко Н. Н. (RU), Самков А. А. (RU), Худокормов А. А. (RU), Карасев С. Г. (RU), Карасева Э. В. (RU); патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кубанский государственный университет" (ФГБОУ ВО "КубГУ")– № 2016122777, 08.06.2016; 02.05.2017 Бюл. № 13

132. Биопрепарат для очистки почв от загрязнений нефтью и нефтепродуктами , способ его получения и применения: пат. 2378060 Рос. Федерация: МПК В09С 1/10 (2006.01) С12N 1/26 (2006.01) / Филонов А. Е. (RU), Кошелева И. А. (RU), Самойленко В. А. (RU), Шкидченко А. Н. (RU), Нечаева И. А. (RU), Пунтус И. Ф. (RU), Гафаров А. Б. (RU), Якшина Т. В.

(RU), Боронин А. М. (RU), Петриков К. В. (RU); патентообладатель Филонов А. Е. (RU), Шкидченко А. Н. Боронин А. М. (RU)– № 2007125403/13, 05.07.2007; 10.01.2010 Бюл. № 1

133. Способ очистки земли от загрязнений нефтепродуктами : пат. 2503511 Рос. Федерация: МПК В09С 1/10 (2006.01) / Листов Е. Л. (RU), Пыстина Н. Б. (RU), Коняев С. В. (RU), Балакирев И. В. (RU), Никишова А. С. (RU); патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий - Газпром ВНИИГАЗ" (RU) – № 2012133808/13, 07.08.2012; 10.01.2014 Бюл. № 1

134. Способ очистки водных поверхностей от нефтяного загрязнения: пат. 2627598 Рос. Федерация: МПК С12N 1/20 (2006.01)С02F 3/34 (2006.01)С12R 1/01 (2006.01) / Коршунова Т. Ю. (RU), Четвериков С. П. (RU), Логинов О. Н. (RU); патентообладатель производственное предприятие "Биомедхим" (ЗАО НПП "Биомедхим") (RU), Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Уфимский Институт биологии Российской академии наук (УИБ РАН) (RU) – № 2015157018, 29.12.2015; 05.07.2017 Бюл. №19

135. Биосорбент для очистки почвы и воды от нефти и нефтепродуктов : пат. 2628692 Рос. Федерация: С02F 3/34 (2006.01) В09С 1/10 (2006.01) С12N 11/14 (2006.01) С12N 1/26 (2006.01) С12R 1/01 (2006.01) / Рожкова С. А. (RU), Черняева И. А. (RU), Солтон О. Л. (RU), Николаева А. В. (RU), Кардакова Т. С. (RU), Козьминых А. Н. (RU), Комоско Г. В. (RU), Кузнецов С. М. (RU); патентообладатель Публичное акционерное общество "Транснефть" (ПАО "Транснефть") (RU), Акционерное общество "Транснефть - Верхняя Волга" (АО "Транснефть - Верхняя Волга") (RU), Общество с ограниченной ответственностью "Научно-исследовательский институт трубопроводного транспорта" (ООО "НИИ Транснефть") (RU) – № 2015142416, 06.10.2015; 10.04.2017 Бюл. №10

136. Способ очистки мерзлотной почвы и водной среды от нефти и нефтепродуктов штаммом бактерий *Exiguobacterium mexicanum* : пат. 2521654 Рос. Федерация: C12N 1/20 (2006.01) C02F 3/34 (2006.01) B09C 1/10 (2006.01) C12R 1/01 (2006.01) / Ерофеевская Л. А. (RU); патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук (RU) – № 2013118841/10, 23.04.2013; 10.07.2014 Бюл. № 19

137. Способ очистки мерзлотных почв и водной среды от нефти и нефтепродуктов спорообразующими бактериями *Bacillus vallismortis* : пат. 2525930 Рос. Федерация: C12N 1/20 (2006.01) C02F 3/34 (2006.01) B09C 1/10 (2006.01) C12R 1/07 (2006.01) / Ерофеевская Л. А. (RU); патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук (RU) – № 2013118890/10, 23.04.2013; 20.08.2014 Бюл. № 23

138. Способ очистки воды и мерзлотных почв от нефти и нефтепродуктов штаммом бактерий *Pseudomonas panipatensis* ВКПМ В-10593 : пат. 2525932 Рос. Федерация: C02F 3/34 (2006.01) C02F 101/32 (2006.01) B09C 1/10 (2006.01) C12R 1/38 (2006.01) / Ерофеевская Л. А. (RU); патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук (RU) – № 2013122020/10, 13.05.2013; 20.08.2014 Бюл. № 23

139. Николайкина Н.Е., А.А. Кулагина. Применение водной растительности для доочистки городских ливневых стоков // В сборнике: Современные проблемы пожарной безопасности: теория и практика (FireSafety 2019): Материалы 1 Всероссийской НПК: в 2 т. –Уфа: УГАТУ, 2019 С. 47-52.

140. Шанцер И.А. Растения средней полосы Европейской России – 5-е изд. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2017. – 390 с.

141. Рогозина Е.А., Андреева О.А., Жаркова С.И., Мартынова Д.А., Орлова Н.А. Сравнительная характеристика отечественных биопрепаратов, предлагаемых для очистки почв и грунтов от загрязнения нефтью и нефтепродуктами // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2010. - Т.5. - №3. -[Электронный ресурс] [http://www/ngtp.ru/rub/7/37\\_2010/pdf](http://www/ngtp.ru/rub/7/37_2010/pdf) (дата обращения: 20.03.2020)
142. Дос 9756 Руководство по расследованию авиационных происшествий и инцидентов. – Часть III. Расследование – ИКАО. 2015. – 698 с.
143. Постановление Правительства РФ от 21 декабря 2000 г. N 995 «О порядке утилизации и реализации авиационной техники, снятой с эксплуатации» с изменениями и дополнениями от 24 декабря 2014 г.// [Электронный ресурс] <https://base.garant.ru/182784/> (дата обращения: 25.03.2020)
144. Николайкина Н.Е., Гонопольский А.А. Патент РФ № 2412805 «Способ утилизации слоистых алюминированных материалов и реактор для разделения слоистых алюминированных материалов».
145. Николайкина Н.Е., Гонопольский А.А. Рециклинг слоистых алюминированных материалов // Эколо-гия и промышленность России. - № 7, 2010.
146. Николайкина Н.Е., Маюсан О.Ю., Сальников Н.А. Подготовка отходов пищевой упаковки к переработке во вторичные материалы // Известия Московского государственного технического университета (МАМИ). - т.3, № 2 (20), 2014.
147. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 9 июня 2003 г. N 131 «О введении в действие санитарно-эпидемиологических правил СП 3.5.1378-03» [Электронный ресурс] <http://ivo.garant.ru/#/document/4179345/paragraph/55:0> (дата обращения: 06.04.2020).

148. Гриценко А. И., Аكوпова Г.С., Максимов В.М. Экология. Нефть и газ. – М.: Наука, 1997. – 557 с.
149. Пиковский Ю. И. Трансформация техногенных потоков нефти в почвенных экосистемах // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. – М.: Наука, 1988. – С. 7-31.
150. Оборин А.А., Калачникова И.Г., Масливец Т.А., Базенкова Е. И., Плещева О.В., Оглоблина А. И. // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. — М.:Наука, 1988. С. 140-159.
151. Foght J.M., Westlike D.W.S. Bioremediation of oil spills // Spill Technol. Newslett., 1992. – V. 17. – P. 1-10
152. Способ биологической рекультивации нефтезагрязненной почвы : пат. 2307869 Рос. Федерация: МПК C12N 1/20 (2006.01) B09C 1/10 (2006.01) C12R 1/085 (2006.01) / Алексеев М. И. (RU), Архипченко И. А. (RU), Загвоздкин В. К. (RU), Заикин И. А. (RU), Иванов В. Г. (RU), Лукашев В. Н. (RU); патентообладатель общество с ограниченной ответственностью "ЛУКОЙЛ-Коми" (RU) – № 2005101366/13, 21.01.2005; опубл. 10.10.2007 Бюл. № 28
153. ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб. / Утв. Госстандарт СССР от 26.06.1989 г. // Информационная система МЕГАНОРМ: Действующие документы.
154. ГОСТ 17.4.3.01-83. Общие требования к отбору проб. / Утв. Госстандарт СССР от 21.12.1983 // Информационная система МЕГАНОРМ: Действующие документы.
155. Методика определения ущерба окружающей природной среде при авариях с нефтепродуктами. / Утв. Минтопэнерго РФ от 01.11.1995 // Информационная система МЕГАНОРМ: Действующие документы.
156. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами № 4266-87. / Утв. Заместителем Главного государственного санитарного врача СССР от 13 марта 1987 г. // Информационная система МЕГАНОРМ: Действующие документы.

157. РД 39-00147105-006-97. Руководящий документ. Инструкция по рекультивации земель, нарушенных и загрязненных при аварийном и капитальном ремонте магистральных нефтепроводов // Информационная система МЕГАНОРМ: Действующие документы.

158. Инструкция по определению и возмещению ущерба от деградации и загрязнения земель, 1984.

159. Старков Е.Ю., Климов П.И., Николайкин Н.И. Снижение воздействия на почву нефтепродуктов на месте падения воздушного судна // Сборник: Будущее машиностроения России. Сборник докладов Восьмой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов. 2015. С. 726-730.

160. Способ детоксикации загрязненных грунтов. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/229/2296016.html> (дата обращения 31.09.2020).

161. Старков Е.Ю. Некоторые действия по экологической безопасности на местах авиационных происшествий // Сборник: наука, образование, производство в решении экологических проблем (экология-2018). Материалы XIV Международной научно-технической конференции: в 2 томах. 2018. С. 62-67.

162. Старков Е.Ю., Николайкин Н.И., Климов П.И. Организация экологической защиты территории авиационного происшествия // Научный вестник МГТУ ГА. Т. 19. 2016, - С. 200 - 205.

163. Толстухин Г.Н., Старков Е.Ю., Николайкин Н.И. К вопросу о технологии снижения экологических последствий авиационных происшествий // Сборник: Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология-2020). Материалы XVI Международной научно-технической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. В 2-х томах. 2020. С. 301-306.

164. Латонова О.Б. Технология и оборудование для реабилитации загрязненных грунтов урбанизированных территорий: диссертация на

соискание ученой степени кандидата технических наук / Моск. гос. ун-т инженерной экологии. Москва, 2011.

165. Грядунов К.И., Тимошенко А.Н., Старков Е.Ю. Проблемы применения этилированного авиационного бензина на воздушных судах // Научный вестник МГТУ ГА Том 23, № 03, 2020 с8-16.

166. Глушенкова О.Д., Николайкин Н.И., Старков Е.Ю. Использование космического мониторинга при авиационных происшествиях // Сборник: Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология-2020). Материалы XVI Международной научно-технической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. В 2-х томах. 2020. С. 267-271.

167. Старков Е.Ю., Николайкин Н.И., Моргунов В.С. Классификации воздействий на окружающую среду при авиационном происшествии // Сборник: Современные проблемы пожарной безопасности: теория и практика (FireSafety 2019). Материалы I Всероссийской научно-практической конференции: в 2 томах. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет»; Главное управление МЧС России по Республике Башкортостан. 2019. С. 4-9.

168. Приложение 19 к конвенции о международной гражданской авиации. Управление безопасностью полетов. Номер заказа: AN 19, издание второе июль 2016 г.

169. Дос 9859. Руководство по управлению безопасностью полетов. – издание четвертое, 2018. – ИКАО, 2018. – 218 с.

170. Постановление Правительства РФ от 18 ноября 2014 г. N 1215 "О порядке разработки и применения систем управления безопасностью полетов воздушных судов, а также сбора и анализа данных о факторах опасности и риска, создающих угрозу безопасности полетов гражданских воздушных судов, хранения этих данных и обмена ими" (с изменениями и

дополнениями от 15 марта 2016 г.) [Электронный ресурс URL: <http://ivo.garant.ru/#/document/70801876/paragraph/1:0> (дата обращения 07.04.2020)

171. Воздушный кодекс Российской Федерации от 19.03.1997 N 60-ФЗ (ред. от 18.02.2020) // [Электронный ресурс URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_13744/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_13744/) (дата обращения 07.04.2020)

172. Зубков Б. В., Шаров В. Д. Теория и практика определения рисков в авиапредприятиях при разработке системы управления безопасностью полетов. – М.: МГТУ ГА, 2010. – 196с., 78 рис., 42 табл.

173. Быков, А. А. Об управлении рисками в рамках всего предприятия / Проблемы анализа риска 2016, том 13, № 4, -С. 4-5.

## Список иллюстративного материала.

1. Рисунок 1.1 - Сравнение пассажирооборота воздушного и железнодорожного транспорта РФ на период 1990-2015 гг.
2. Рисунок 1.2 – Пассажирооборот транспорта общего пользования (млрд.пасс.-км)
3. Таблица 1.1 Основные производственные показатели гражданской авиации России за 2010-2019 гг.
4. Рисунок 1.3 -Динамика пассажирооборота в ГА за период 2010-2019 гг.
5. Рисунок 1.4 -Динамика грузооборота в ГА за период 2010-2019 гг.
6. Рисунок 1.5 -Динамика перевозок пассажиров в ГА за период 2010-2019 гг.
7. Рисунок 1.6 -Динамика перевозок груза и почты в ГА за период 2010-2016 гг.
8. Таблица 1.2. Вспышки болезней по данным Всемирной организации здравоохранения в 2019 г.
9. Рисунок 1.7 - Соотношение общего количества образующихся отходов на авиапредприятиях по классам опасности для ОС в %.
10. Таблица 1.3 Образование отходов в аэропортах и авиационных предприятиях по классам опасности для окружающей среды (тонны в год)
11. Рисунок 1.8 - Виды авиационных событий
12. Рисунок 1.9 - Распределение АП по государственной принадлежности ВС по данным МАК
13. Рисунок 1.10 - Количество АП на 100 тысяч часов налета на всех ВС в ГА без авиации общего назначения (АОН) по данным МАК
14. Рисунок 1.11 - Количество авиационных происшествий (катастроф) в период с 1992 по 2018 гг.

15. Рисунок 1.12 - Число погибших в катастрофах с ВС ГА за последнюю четверть века
16. Рисунок 1.13 - Относительное количество АП на 1 млн. регулярных вылетов с самолетами коммерческой авиации в РФ и странах-членах ИКАО за 2010-2018 гг.
17. Рисунок 1.14 –Основные типы событий, приводящие к АП с самолетами коммерческой авиации за 2010-2018 гг.
18. Рисунок 1.15 –Основные типы событий, приводящие к катастрофам с самолетами коммерческой авиации за 2010-2018 гг.
19. Рисунок 1.16 - Классификация видов негативных экологических последствий авиационных событий.
20. Рисунок 1.17 - материальный состав воздушного судна
21. Рисунок 1.18 - материальный состав воздушных судов типа Боинг 787 Dreamliner (слева), SSJ 1XXи IRCUTMS 21 (справа)
22. Рисунок 1.19 - материальный состав ВС типа Ту-134, -154,-154М 1960-1970 гг. (слева), Ту-204, -214, -334 1980-2000 гг. (в центре), Ту-204СМ, -204СМ2, -334 2010-2015 гг. (справа).
23. Рисунок 1.20 – Схема контурного поиска
24. Таблица 1.4 Дежурные силы и средства по зонам авиационно-космического поиска и спасания по состоянию на февраль 2020 г.
25. Таблица 1.5 Распределение АП по месту падения (столкновения) военных ВС
26. Рисунок 1.21 - Распределение мест АП по категориям с ВС ГА за 2018 г. по данным МАК
27. Рисунок 1.22 - Распределение мест АП по категориям с ВС ГА за 2011-январь.2020 гг. с самолетами типа А-321, -320, GulfstreamG200, Ан-12, -24,-26, -28, -148, RRJ-95В, Boeing 737, 747, Cessna 550 Bravo, Л-410, Embraer (Legacy 500), Fokker 100, ВАе-125, Ил-76ТД, Ту-204, -154Б, -134, Falcon 50ЕХ, Beechcraft В-300, CRJ-200, АTR-72, Як-42 по данным Межгосударственного авиационного комитета (МАК)

28. Таблица 1.6 примеры средней скорости выгорания веществ и материалов
29. Таблица 2.1 Иерархия ФХС и ГТВ для транспорта
30. Таблица 2.2 Объекты транспорта и образующиеся зоны воздействия
31. Таблица 2.3 Примеры коэффициентов пересчета валовых значений в ЕВАП для некоторых ЗВ и отходов
32. Таблица 2.4 Сводные данные о количествах химического загрязнения ОС, возникавшего от воздействия различных негативных факторов аварийного ВС на месте АП для характерных случаев АП, имевших место в 2006 – 2020 гг.
33. Рисунок 2.1 - 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: 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.
34. Рисунок 2.2 - 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: 1 -  $K = 100 \cdot 10^3$  т СО и  $\delta = 0,05$  К; 2 -  $K = 100 \cdot 10^3$  т СО и  $\delta = 0,1$  К; 3 -  $K = 150 \cdot 10^3$  т СО и  $\delta = 0,05$  К; 4 -  $K = 150 \cdot 10^3$  т СО и  $\delta = 0,1$  К; 5 -  $K = 150 \cdot 10^3$  т СО и  $\delta = 0,15$  К.
35. Рисунок 2.3 - Зависимость показателя химического загрязнения  $\theta$  от времени с момента АП при различных начальных значениях показателя химического загрязнения для экосистемы с параметрами  $K = 100 \cdot 10^3$  т СО и  $\delta = 0,1$  К и саморегулировок, аналогичных регулировкам с параметрами:  $\eta = 0,6$ ;  $\alpha_{пр} = 0,7$  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

36. Рисунок 2.4 - 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-  $K = 100 \cdot 10^3$  т СО и  $\delta = 0,05$  К; 2-  $K = 100 \cdot 10^3$  т СО и  $\delta = 0,1$  К; 3-  $K = 150 \cdot 10^3$  т СО и  $\delta = 0,05$  К; 4-  $K = 150 \cdot 10^3$  т СО и  $\delta = 0,1$  К; 5-  $K = 150 \cdot 10^3$  т СО и  $\delta = 0,15$  К;

37. Рисунок 2.5а - Кусочно-постоянная функция зависимости показателя  $x$  от времени  $t$  (пример).

38. Рисунок 2.5б - Кусочно-линейная функция зависимости показателя  $x$  от времени  $t$  (пример).

39. Рисунок 2.6 - 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:  $\eta = 0,8$ ;  $\alpha_{np} = 0,8$  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.

40. Рисунок 2.7 - 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 -  $\eta = 0,6$ ;  $\alpha_{np} = 0,7$  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  $\alpha_{защ} = 0,95$ ;

41. Рисунок 2.8 - 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

42. Рисунок 2.9 - Диаграмма средних для 12 АП показателей косвенного химического воздействия

43. Рисунок 2.10 - 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  $\delta = 0,1 K$  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.

44. Рисунок 2.11 - 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  $\delta = 0,1 K$ : 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  $\alpha_{защ} = 0,95$ ;

45. Рисунок 2.12 - Общее решение имитационной модели (4) для природных саморегулировок.

46. Рисунок 2.13 - Общее решение имитационной модели (4) в зависимости от времени начала защитно-превентивных регулировок

47. Рисунок 2.14 - Схема формирования вариационной задачи в имитационной модели воздействия АП на ОС

48. Рисунок 2.15 - Суммарное химическое загрязнение для проанализированных случаев АП

49. Таблица 3.1 основные нормативные акты в области расследования АП и И

50. Рисунок 3.1 - Структура и состав комиссии по расследованию АП

51. Рисунок 3.2 - Основные этапы и направления работ по расследованию АП.

52. Рисунок 3.3 - Развитие ущерба нанесенного ОС при АП.

53. Рисунок 3.4 - Структура графитоподобных слоев: а – упорядоченная структура в графите; б – неупорядоченная структура в активных углях

54. Таблица 3.2 Объёмы пор различных типов в пористой структуре активного угля типа АГ-3
55. Таблица 3.3. Технические характеристики активных углей типа АГ
56. Таблица 3.4. Показатели пористой структуры гранулированных активных углей типа АГ
57. Таблица 3.5. Деструкция нефти и нефтепродуктов в почве под влиянием клеток штамма *Stenotrophomonas maltophilia* СНБС-3 за 45 суток
58. Рисунок 3.5 - Распределение мест АП с ВС ГА по кварталам за 2018 г., по данным МАК
59. Таблица 3.6 образование отходов в результате АП
60. Рисунок 3.6 - «Выкладка» фрагментов конструкции воздушного судна.
61. Рисунок 3.7 - Сравнение времени разделения слоев полиэтиленовой пленки и алюминиевой фольги при различных температурах азотной и уксусной кислот
62. Рисунок 4.1 - Размер вреда (в руб.), нанесенного ОС от пролитого авиационного керосина в результате АП, землям, предназначенным для определенной деятельности.
63. Рисунок 4.2 - Размер вреда (в руб.), нанесенного ОС от пролитого авиаГСМ
64. Рисунок 4.3 - Условна схема места АП с первоначальным траншеированием по периметру (выделена красной штриховой линией).
65. Рисунок 4.4 - Пример специального «рукава», наполненного сорбентом
66. Таблица 4.1. Градация концентраций загрязнения почв нефтью
67. Таблица 4.2. Показатели уровня загрязнения земель органическими веществами, мг/кг

68. Рисунок 4.5 - Алгоритм работ по снижению воздействия аварийного ВС на ОС в результате АП с использованием активных углей (в форме сетевого графика)

69. Рисунок 4.6 - Общий алгоритм действий по обращению с отходами, образующимися на месте АП (в форме сетевого графика)

70. Рисунок 4.7 - Основные этапы природоохранных действий на месте АП с использованием биотехнологий

71. Рисунок 4.8 - Динамика снижения (за месяц) концентрации загрязнений (нефтепродуктов) в грунте при биохимической реабилитации почвы препаратами Олеоворин

72. Рисунок 4.9 - Динамика снижения (за месяц) концентрации загрязнений (тяжелых металлов) в грунте при биохимической реабилитации почвы препаратами Олеоворин

73. Рисунок 4.10 - Динамика деструкции нефтепродуктов в грунте при реабилитации почвы препаратами Олеоворин за месяц, где вариант 1 – контрольная серия: без внесения биопрепаратов при нормальной температуре; Вариант 2 – внесения препаратов в расчетной концентрации и при нормальной температуре; Вариант 3 – внесения препаратов в пониженной концентрации и при нормальной температуре; Вариант 4 – внесения препаратов в расчетной концентрации и повышенной (30 °С) температуре

74. Рисунок 4.11 - алгоритм действий на территории места АП для проведения мероприятий по охране окружающей среды.

75. Таблица 4.3. распределение вероятностей ущерба

76. Рисунок 4.12 - Влияние природоохранных мероприятий на риск АП

77. Рисунок 4.13 - Алгоритм процесса контроля и управления факторами риска

Таблица А1 Коэффициенты пересчета валовых значений в относительные негативные для некоторых ЗВ и отходов, по [ 71 ]

№ п/п	Наименование ЗВ	ЕВАП
<i>Атмосфера</i>		
1	Оксиды азота	86,67
2	Углеводороды	2,0
3	Взвешенные вещества	22,83
4	Железа оксид	86,66
5	Кислота серная	35,0
6	Сажа	68,33
7	Свинец	11388,33
8	Серы диоксид	66,67
9	Спирт метиловый (метанол)	8,33
10	Спирт этиловый	0,67
11	Углерода оксид	1,0
<i>Гидросфера</i>		
12	Свинец	4591,67
13	Алкилсульфонаты (СПАВ)	919,33
14	Хлориды	1,5
15	Формальдегид	4591,67
16	Нитратный азот	51,67
17	Нефть и нефтепродукты	9183,33
18	Взвешенные вещества	610,0
19	Железо (общ)	91826,67
20	Фенолы	459135,0
<i>Литосфера (отходы по классам опасности для ОС)</i>		
1	I	2898,67
2	II	1242,33
3	III	828,33
4	IV	414,0
5	V	25,0

Таблица Б1 Исходные данные для моделирования.

Тип ВС по аналогии с реальным АП	Ту-134	Boeing 737-505	Boeing 737-8KN	Ан-148-100В	Ту-204-100В
1	2	3	4	5	6
Дата аналогичного авиационного события	20.06.2011	13.09.2008 (14.09.2008 по местному времени)	19.03.2016	11.02.2018	29.12.2012
Время АП (местное)	19:40:12 UTC – время первого столкновения с препятствиями. (сумерки, 23:40:12 местного времени)	23:10 UTC, (местное время 05:10 14.09.2008 г.)	00:42 UTC (ночь, 03:42 местного времени)	11:27 UTC (день, 14:27 местного времени)	12:32 UTC (день, 16:32 местного времени)
<b>Химическое воздействие (основное – непосредственно от самого АП)</b>					
Количество авиатоплива непосредственно до АП, т	5,6 т	7,9 т	9 т	8,7 т	5,9 т
Количество пролившегося авиатоплива, т (9 183,3)	5,4 т (5 400 кг)	7,7 т (7 700 кг)	9 т (9 000 кг)	8,7 т (8 700 кг)	5 т. (5 000 кг)
	49 589 820 ед.(кг СО) то есть 50 тыс.т СО	70 711 410 ед.(кг СО) 71 тыс.т СО	82 649 700 ед.(кг СО) 83 тыс.т СО	79 894 710 ед.(кг СО) 80 тыс.т СО	54 181 470 ед.(кг СО) 54 тыс.т СО
Количество авиаГСМ СЖ непосредственно до АП, кг	Масло МС-8п – 60 кг; Гидравл.жидкость АМГ-10 – 50 кг	Масло TURBONYCO IL 600 – 40 кг. Гидравл.жидкость Skydrol LD-4 – 50 кг.	Масло TURBONYCO IL 600 – 40 кг. Гидравл.жидкость Skydrol LD-4 – 50 кг.	масло ИМП-10 – 30 кг. Гидравл.жидкость НГЖ-5У – 140 кг	Масло МС-8п – 30 кг; Гидравл.жидкость НГЖ-5У – 340 кг
Количество пролившихся авиа ГСМ и СЖ, кг (20 000)	В сумме 100 кг.	В сумме 80 кг.	В сумме 80 кг.	В сумме 150 кг.	В сумме 350 кг.
	2 000 000 ед.(кг СО) 2 тыс.т СО	1 600 000 ед.(кг СО) 1,6 тыс.т СО	1 600 000 ед.(кг СО) 1,6 тыс.т СО	3 000 000 ед.(кг СО) 3 тыс.т СО	7 000 000 ед.(кг СО) 7 тыс.т СО
Кол-во негативного воздействия на месте АП от прол. ав.топл. и ГСМ-СЖ вместе ед.(кг СО)	51 589 820 ед.(кг СО) 52 тыс.т СО	72 311 410 ед.(кг СО) 73 тыс.т СО	84 249 700 ед.(кг СО) 84 тыс.т СО	82 894 710 ед.(кг СО) 83 тыс.т СО	61 181 470 ед.(кг СО) 61 тыс.т СО
Площадь затронутой территории места АП, м <sup>2</sup>	80000 м <sup>2</sup>	60000 м <sup>2</sup>	167000 м <sup>2</sup>	87000 м <sup>2</sup>	50000 м <sup>2</sup>
Количество (масса) багажа и грузов, т	1,6 т	1,5 т.	0,6 т	1 т	0 т
Масса соединений Li, Со, Ве, Ga находящихся в виде элементов смартфонов, планшетных компьютеров у пас. и экипа. ВС, кг	5,3 кг	8,9 кг	6,3 кг	7,2 кг	0,5 кг

Таблица Б1 (продолжение) Исходные данные для моделирования.

Тип ВС по аналогии с реальным АП	Ту-134	Boeing 737-505	Boeing 737-8KN	Ан-148-100В	Ту-204-100В	
1	2	3	4	5	6	
<b>Химическое воздействие (косвенное – от техники, использовавшейся в процессе расследования и спасения, после АП, на месте)</b>						
Состав техники, задействованной в поисково-спасательных операциях, ед.	КАМАЗ 43105 – 1 ед. ЗИЛ-131 – 1 ед. МАЗ 7310 – 1 ед. Автотранспорт скорой мед. Помощи – 12 ед. пожарно-спасательный расчет ПСР-1 – 1 ед., Прочий автотр-т – 42 ед.	Пожарный расчет АА-8-55 – 1 ед. УАЗ 3909 – 1 ед. КАМАЗ 43101 – 1 ед. УАЗ патриот – 1 ед. Прочий автотранспорт – 5 ед.	Урал-4352 – 3 ед. Камаз-63501 – 2 ед. Прочая техника от МЧС – 36 ед. Автотранспорт скорой мед. Помощи – 12 ед. Прочий автотранспорт – 147 ед.	ПСВС Ми-8Т – 1 ед. Прочий автотранспорт – 50 ед.	Пожарный автотранспорт САСС-1 – 3 ед. Пожарный автотранспорт САСС-2 – 3 ед. УРАЛ-4320 – 1 ед. Прочая пожарная техника – 10 ед. Прочий автотранспорт – 7 шед.	
Кол-во использованного топлива техникой при проведении поисково-спасат. операциях, Т	0,4 т (400 кг)	0,07 т (70 кг)	1,4 т (1 400 кг)	0,89 т (890 кг)	0, 27 т (270 кг)	
Кол-во загр.в-в от техники при поиск-спас. опер-ций кг	CO <sub>2</sub> (3,97)	1 264 кг	221,2 кг	4 424 кг	2 812,4	853,2 кг
	3 160 т/т	5 018 ед.(кг CO)	878 ед.(кг CO)	17 563 ед.(кг CO)	11 164 ед.(кг CO)	3 387 ед.(кг CO)
	CO (1) 50 г/кг	20 кг	3,5 кг	70 кг	44,5 кг	13,5 кг
	20 ед.(кг CO)	3,5 ед.(кг CO)	70 ед.(кг CO)	44,5 ед.(кг CO)	13,5 ед.(кг CO)	
	CnHm (2) 15 г/кг	6 кг	1, 05 кг	21 кг	13, 35 кг	4,05 кг
	12 ед.(кг CO)	2,1 ед.(кг CO)	42 ед.(кг CO)	26,7 ед.(кг CO)	8,1 ед.(кг CO)	
	NOx (86,7) 40 г/кг	16 кг	2,8 кг	56 кг	35,6 кг	10,8 кг
	1 387 ед.(кг CO)	245 ед.(кг CO)	4 906 ед.(кг CO)	3 197 ед.(кг CO)	946 ед.(кг CO)	
	SOx (66,7) 10 г/кг	4 кг	0,7 кг	14 кг	8,9 кг	2,7 кг
	266,8 ед.(кг CO)	46,7 ед.(кг CO)	934 ед.(кг CO)	594 ед.(кг CO)	180 ед.(кг CO)	
C (68,3) 4 г/кг	1,6 кг	0,28 кг	5,6 кг	3,56 кг	1.08 кг	
109,3 ед.(кг CO)	19,1 ед.(кг CO)	382,5 ед.(кг CO)	243 ед.(кг CO)	73,8 ед.(кг CO)		
Итого	1 311, 6 кг	229,53 кг	4 590,6 кг	2 918,3 кг	885,3 кг	
	6 813, 1 ед.(кг CO)	1 194,4 ед.(кг CO)	23 897, 5 ед.(кг CO)	12 075,4 ед.(кг CO)	4 608,4 ед.(кг CO)	

Таблица Б1 (окончание) Исходные данные для моделирования.

Тип ВС по аналогии с реальным АП	Ту-134	Boeing 737-505	Boeing 737-8KN	Ан-148-100В	Ту-204-100В	
1	2	3	4	5	6	
Информационное воздействие (в виде химического загрязнения от процессов, сгенерированных информацией о имевшем место АП)						
Кол-во ВС, ушедших на запасные аэродромы и «2» круг за время не функционирования ВПП, ед.	За 1 нерабочий день 1-2 ед	За 1-2 нерабочих часа 3-4 ед.	За 2 нерабочих дня 400 ед	0 ед.	4-5 часов простоя 112 ед	
Кол-во сожженного авиационного топлива ВС ушедших на запасные аэродромы или на «2» круг, Т	1 т	3,5 т	400 т	0 т	110 т	
Кол-во загр.в-в от ВС, ушед. на «2» круг, т	CO <sub>2</sub> (3,97)	3,16 т	11,060 т	1264 т	0 т	347,6 т
		12 545 ед.(кг СО)	43 908 ед.(кг СО)	5 018 080 ед.(кг СО)	0	1 379 972 ед.(кг СО)
	СО (1) 2 г/кг	0,002 т (2 кг)	0,007 т (7 кг)	0,8 т (800 кг)	0	0,22 т (220 кг)
		2 ед.(кг СО)	7 ед.(кг СО)	800 ед.(кг СО)	0	220 ед.(кг СО)
	СnHm (2) 0,85 г/кг	0,0085 т	0,03 т	3,4 т	0 т	0,935 т
		16 ед.(кг СО)	60 ед.(кг СО)	6 800 ед.(кг СО)	0	1 870 ед.(кг СО)
	NOx (86,7) 9,5 г/кг	0,0095 т (9,5 кг)	0,033 т (33 кг)	3,8 т (3 800 кг)	0 т	1,045 т (1 045 кг)
		832 ед.(кг СО)	2 891 ед.(кг СО)	332 880 ед.(кг СО)	0	91 542 ед.(кг СО)
	SOx (66,7) 1 г/кг	0,001 т	0,0035 т	0,4 т	0 т	0,11 т
		66,7 ед.(кг СО)	233,5 ед.(кг СО)	26 680 ед.(кг СО)	0	7 337 ед.(кг СО)
	Итого	3 181 кг	11 133,5 кг	1 272 400 кг	0	349 910 кг
		13 461,7 ед.(кг СО)	47 099,5 ед.(кг СО)	5 385 240 ед.(кг СО)	0	1 480 941 ед.(кг СО)



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО НАДЗОРУ В СФЕРЕ ЗАЩИТЫ ПРАВ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ  
И БЛАГОПОЛУЧИЯ ЧЕЛОВЕКА

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ  
«Центр гигиены и эпидемиологии в \_\_\_\_\_»

№ \_\_\_\_\_  
На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

[ \_\_\_\_\_ ]

А К Т

проведения работ по дезинфекции территории  
в районе падения самолета с . . . г.

Настоящий документ удостоверяет, что ФГУЗом «Центр гигиены и эпидемиологии в \_\_\_\_\_» действительно проведена дезинфекционная обработка территории места аварии самолета \_\_\_\_\_, потерпевшего катастрофу в аэропорту \_\_\_\_\_ г. Обработка проведена \_\_\_\_\_ июля \_\_\_\_\_ года в присутствии начальника отдела РХБЗ ГУ МЧС России по \_\_\_\_\_.

Описание объекта дезинфекционной обработки.

Объект обработки представляет собой неровную земляную поверхность после прохождения бульдозеров площадью в 2900 м<sup>2</sup>.

Средства обработки

Обработка произведена дезинфекционным средством Клорсепт-25 0,1% раствором (сертификат соответствия № РОСС IE.XП09.В01007, срок годности до . . . г., № 6207232, Регистрационное удостоверение МЗ РФ № П №0158-25/8-2001г. от . . . г.) с применением опрыскивателей типа Квазар.





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО НАДЗОРУ В СФЕРЕ ЗАЩИТЫ  
ПРАВ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ И БЛАГОПОЛУЧИЯ ЧЕЛОВЕКА  
Федеральное государственное учреждение здравоохранения  
«ФГУЗ "центр дезинфектологии" центр дезинфектологии.»

Председателю комиссии по  
расследованию авиационного  
происшествия

Тел./факс  
E-mail:  
ОКПО  
ИНН / КПП

г. № \_\_\_\_\_

на № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

### СПРАВКА

Дана в том, что все необходимые дезинфекционные мероприятия на месте авиационного происшествия проведены.

Директор ФГУЗ "  
центр дезинфектологии."

М.п.



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО НАДЗОРУ В СФЕРЕ ЗАЩИТЫ ПРАВ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ  
И БЛАГОПОЛУЧИЯ ЧЕЛОВЕКА

Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей  
и благополучия человека по  
(Управление Роспотребнадзора по )

тел	ОКПО	факс	ОГРН	E-mail	ИНН/КПП
№					
На №	б/№	от	Председателю комиссии по расследованию АП с ВС а/п « »		

СПРАВКА

Управление Роспотребнадзора по сообщает, что в связи с авиационным происшествием с воздушным судном в аэропорту « » Управлением проведено обследование территории в месте авиационного происшествия и близлежащей жилой застройки.

При обследовании установлено, что асфальтовое покрытие дороги в месте авиационного происшествия зачищено, отмыто, территория вдоль обочины дороги у жилой застройки отсыпана песком. Объем грунта, использованного на отсыпку, составляет 55 м<sup>3</sup>. На обочине дороги и на территории жилых домов видимых следов загрязнения почвы авиационным топливом не обнаружено.

В момент обследования отобраны пробы почвы на территории жилой застройки, вдоль автодороги на содержание нефтепродуктов общих колиформных бактерий, термотолерантных колиформных бактерий, а также проба почвы вне зоны загрязнения в районе д. (фоновая) на содержание нефтепродуктов.

Для исключения загрязнения открытого водоема (р. ) отобраны пробы воды из р. в д. и ниже по течению в д. .

Результаты лабораторных исследований будут направлены дополнительно.

Главный государственный  
санитарный врач

**“УТВЕРЖДАЮ”**  
 Председатель административной  
 подкомиссии

“ \_\_\_ ” июня г.

**П Л А Н**  
**работы медицинской группы**

№№ п/п	М е р о п р и я т и я	Срок исполнения	Ответственный исполнитель
1.	2.	3.	4.
1.	Организовать (совместно с органами прокуратуры) проведение судебно-медицинской экспертизы для установления причин смерти и характера телесных повреждений: потерпевших членов экипажа, пассажиров и других лиц, а также проведение специальных исследований.		
2.	Организовать поиск и осуществить эвакуацию останков погибших с места происшествия (с участием представителей прокуратуры).		
3.	Определить состояние здоровья, характер телесных повреждений пострадавших пассажиров и других лиц, выяснить необходимость их госпитализации.		
4.	Дать заключение о влиянии конструкции воздушного судна (состояние кресел, привязных ремней, токсичности горевших материалов в салоне самолета), условий полета, средств спасения на возможность благополучного исхода аварийной ситуации для пассажиров.		
5.	Организовать уборку, распашку и санобработку места происшествия.		
6.	Составить отчетную документацию.		
7.	Доложить выводы и предложения на заседании административной подкомиссии.		

Руководитель медицинской группы \_\_\_\_\_

Государственный комитет  
санитарно-эпидемиологического надзора  
Российской Федерации

ЦЕНТР  
ГОСУДАРСТВЕННОГО САНИТАРНО-  
ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОГО  
НАДЗОРА

управление воздушного  
транспорта

транспорт-  
ная прокуратура

№ \_\_\_\_\_  
На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

На Ваш запрос о целесообразности проведения дезинфекцион-  
ной обработки территории на месте падения самолета  
на склоне горы \_\_\_\_\_, произошедшего в ночь с \_\_\_\_\_ на  
декабря \_\_\_\_\_ г., центр Госсанэпиднадзора в  
сообщает:

С момента авиакатастрофы до настоящего времени прошло бо-  
лее 7 месяцев. За этот период биологические загрязнения в месте  
падения самолета смыты атмосферными осадками. Такие же высокие  
температуры и интенсивная летняя инсоляция явились естествен-  
ными дезинфицирующими факторами. На реке \_\_\_\_\_, в верховьях ко-  
торой находится место катастрофы, отсутствуют населенные пунк-  
ты, поэтому использование речной воды для хозяйственно-питьевых  
целей исключено.

Учитывая изложенное считаем проведение дезинфекцион-  
ной обработки местности в настоящее время нецелесообразным.  
Территория авиакатастрофы эпидемиологической опасности для лю-  
дей не представляет.

/ Главный врач

В качестве примера оценки в денежном эквиваленте оказанного ОС негативного воздействия пролитого авиаГСМ и СЖ от аварийного ВС рассмотрено следующее: произошёл разлив авиационного керосина на территории Ростовской области в результате АП на землях лесного фонда. При расследовании данного события выяснилось, что количество находившегося на борту ВС топлива составило 20т, площадь территории АП составляет 200\*300 м<sup>2</sup>, данную площадь принимаем как площадь разлива 20т. авиационного керосина. Для дополнительных сведений: территория ровная, влажность = 40%, глубина загрязнения нефтепродуктом распространилась примерно до 20-25 см. Для определения размера вреда причинённого почве показан необходима формула:

$$УЩ_{загр} = CЗ * S * K_r * T_x \quad (И1)$$

где:

$УЩ_{загр}$  - размер вреда (руб.);

$CЗ$  - степень загрязнения;

$S$  – площадь загрязненного участка (м<sup>2</sup>);

$K_r$  - показатель в зависимости от глубины загрязнения или порчи почв;

$T_x$ - такса для исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту окружающей среды, при загрязнении почв (руб./м<sup>2</sup>).

В связи с тем, что площадь загрязненной территории велика, то невозможно точно оценить отношение  $X_i/X_n$ , таким образом, при исчислении в стоимостной форме размера вреда при загрязнении почв примем минимальное значение  $CЗ$ , равное 1,5. При глубине загрязнения почв до 20 см ( $K_r$ ) принимается равным 1; до 50 см ( $K_r$ ) принимается равным 1,3; до 100 см ( $K_r$ ) принимается равным 1,5; до 150 см ( $K_r$ ) принимается равным 1,7; до 200 см ( $K_r$ ) принимается равным 2,0; более 200 см ( $K_r$ ) принимается равным 2,5. Для нашего примера  $K_r = 1,3$ . Затем необходимо определить  $T_x$  по табл. И1

Таблица И1 Таксы ( $T_x$ ) Для исчисления размера вреда, причиненного почвам, как объекту окружающей среды, при загрязнении и порче почв

Приуроченность участка к лесорастительным зонам	Таксы (руб./м <sup>2</sup> )
Зона притундровых лесов и редкостойной тайги	900
Таежная зона	500
Зона хвойно-широколиственных лесов	400
Лесостепная зона	500
Степная зона	600
Зона полупустынь и пустынь	550
Зона горного Северного Кавказа	700
Южно-Сибирская горная зона	700

Ростовская область относим к району хвойно-широколиственных лесов, следовательно  $T_x = 400$  руб./м<sup>2</sup>. Таким образом получается, что:

$$УЩ_{загр} = 1,5*(200*300)*1,3*400 = 46\ 800\ 000 \text{ руб.} \quad (\text{И2})$$

Если учитывать, что земли предназначены для определенной деятельности, то получаем следующее:

1. Для земель особо охраняемых природных территорий, земель природоохранного назначения, особо ценных земель, в пределах которых имеются природные объекты и объекты культурного наследия, представляющие особую научную, историко-культурную ценность (категория 1):

$$УЩ_{загр} = 1,5*(200*300)*1,3*400*2 = 93\ 600\ 000 \text{ руб.} \quad (\text{И3})$$

2. Для сельскохозяйственных угодий в районах Крайнего Севера, представляющих собой мохово-лишайниковые оленьи пастбища, в составе земель сельскохозяйственного назначения (категория 2):

$$УЩ_{загр} = 1,5*(200*300)*1,3*400*1,9 = 88\ 920\ 000 \text{ руб.} \quad (\text{И4})$$

3. Для водоохраных зон в составе земель всех категорий (категория 3):

$$УЩ_{загр} = 1,5*(200*300)*1,3*400*1,8 = 84\ 240\ 000 \text{ руб.} \quad (И5)$$

4. Для иных сельскохозяйственных угодий в составе земель сельскохозяйственного назначения (категория 4):

$$УЩ_{загр} = 1,5*(200*300)*1,3*400*1,6 = 74\ 880\ 000 \text{ руб.} \quad (И6)$$

5. Для земель лесного фонда и земель иных категорий, на которых располагаются леса (категория 5):

$$УЩ_{загр} = 1,5*(200*300)*1,3*400*1,5 = 70\ 200\ 000 \text{ руб.} \quad (И7)$$

6. Для земель населенных пунктов за исключением земельных участков, отнесенных в соответствии с градостроительными регламентами к производственным зонам, зонам инженерных и транспортных инфраструктур, зонам специального назначения, зонам военных объектов (категория 6):

$$УЩ_{загр} = 1,5*(200*300)*1,3*400*1,3 = 60\ 840\ 000 \text{ руб.} \quad (И8)$$

7. КАТЕГОРИЯ 7: для земель остальных категорий и видов разрешенного использования (категория 7):

$$УЩ_{загр} = 1,5*(200*300)*1,3*400*1 = 46\ 800\ 000 \text{ руб.} \quad (И9)$$

Величина показателя, учитывающего категорию земель и вид разрешенного использования земельного участка ( $K_{исх}$ ), равна:

- для земель особо охраняемых природных территорий, земель природоохранного назначения, особо ценных земель, в пределах которых имеются природные объекты и объекты культурного наследия, представляющие особую научную, историко-культурную ценность - 2;
- для сельскохозяйственных угодий в районах Крайнего Севера, представляющих собой мохово-лишайниковые оленьи пастбища, в составе земель сельскохозяйственного назначения - 1,9;
- для водоохраных зон в составе земель всех категорий - 1,8;
- для иных сельскохозяйственных угодий в составе земель сельскохозяйственного назначения - 1,6;

- для земель лесного фонда и земель иных категорий, на которых располагаются леса - 1,5;
- для земель населенных пунктов за исключением земельных участков, отнесенных в соответствии с градостроительными регламентами к производственным зонам, зонам инженерных и транспортных инфраструктур, зонам специального назначения, зонам военных объектов - 1,3;
- для земель остальных категорий и видов разрешенного использования - 1,0.

Если учитывать, что земли с различным грунтом, то получаем следующее:

Для гравия (2...20 мм):

$$УЩ_{загр} = 1,5*(200*300)*1,3*400 * 0,18 = 8\ 424\ 000 \text{ руб.} \quad (\text{И10})$$

Для песка (диаметр частиц 0,05...2 мм) :

$$УЩ_{загр} = 1,5*(200*300)*1,3*400 * 0,18 = 8\ 424\ 000 \text{ руб.} \quad (\text{И11})$$

Для кварцевого песка:

$$УЩ_{загр} = 1,5*(200*300)*1,3*400*0,15 = 7\ 020\ 000 \text{ руб.} \quad (\text{И12})$$

Для такого типа грунта, как супесь, суглинок (средний и тяжёлый):

$$УЩ_{загр} = 1,5*(200*300)*1,3*400*0,21 = 9\ 828\ 000 \text{ руб.} \quad (\text{И13})$$

Для легкого суглинка:

$$УЩ_{загр} = 1,5*(200*300)*1,3*400*0,28 = 13\ 104\ 000 \text{ руб.} \quad (\text{И14})$$

Для глинистого грунта:

$$УЩ_{загр} = 1,5*(200*300)*1,3*400*0,12 = 5\ 616\ 000 \text{ руб.} \quad (\text{И15})$$

Для торфяного грунта:

$$УЩ_{загр} = 1,5*(200*300)*1,3*400 * 0,30 = 14\ 040\ 000 \text{ руб.} \quad (\text{И16})$$

### Некоторые этапы проведения работ по детоксикации почвы от пролитого топлива на месте АП

На третьем этапе необходимо определить количество ГСМ (более подробно представлен в Приложении Л), которое попало в почву. Это можно сделать, используя следующие наиболее распространенные методы:

- ИК-спектроскопия (ИКС)
- Люминесцентно-капиллярный.

Для учета количества нефтепродуктов вводим коэффициент накопления нефтепродуктов в почве ( $K_n$ ) и формула его определения согласно [85, 86, 125, 162]:

$$K_n = \frac{100}{n} \quad (K1)$$

где  $n$  – суммарная доля углерода всех индивидуальных углеводородов, входящих в состав нефтепродуктов, %;

100 – общая доля нефтепродуктов.

$$n = \sum X_{(ОБЩ)} = X_{(C_2H_6)} + X_{(C_3H_8)} + X_{(C_4H_{10})} \quad (K2)$$

где  $\sum X_{(ОБЩ)}$  – общая сумма углерода всех соединений, входящих в состав нефти; ( $X_{этана}$ ,  $X_{пропана}$ ,  $X_{бутана}$  в %)

Расчёт суммарной доли углерода представлен на следующем примере качественного состава нефтепродуктов  $C_2H_6$  – 2,30% ;  $C_3H_8$  – 19,60;  $C_4H_{10}$  – 21,00;  $C_4H_{10}$  – 57,10% [85, 86, 125, 162].

Доля углерода в этане:

$$\omega_{C_{(C_2H_6)}} = \frac{24}{30} \cdot 100 = 80,00\%, \quad (K3)$$

где  $\omega_{C_{(C_2H_6)}}$  – доля углерода в молекуле этана;

24 – атомный вес двух атомов углерода;

30 – атомный вес этана.

Для определения процентного содержания этана в составе нефтепродуктов (x) составляем пропорцию:

$$2,30 - 100 \%$$

$$x - 80,00 \%,$$

$$\text{тогда получим: } X = C_{(C_2H_6)} = 1,84 \text{ г}$$

Аналогично [85, 86, 125, 162], по формуле 4.24, рассчитываем долю углерода в молекуле пропана:

$$\omega_{C_{(C_3H_8)}} = \frac{36}{44} \cdot 100 = 81,82 \% \quad (K4)$$

где  $\omega_{C_{(C_3H_8)}}$  – доля углерода в молекуле пропана;

36 – атомный вес углерода;

44 – атомный вес пропана.

Для определения процентного содержания пропана в составе нефтепродуктов (x) составляем пропорцию:

$$19,60 - 100 \%$$

$$x - 81,82 \%,$$

$$\text{из пропорции получим: } X = C_{(C_3H_8)} = 16,04 \text{ г}$$

Суммарная доля бутана и изобутана составляет 78,1 %, а значит, доля углерода в молекуле бутана по формуле K3 будет равна [85, 86, 125, 162]:

$$\omega_{C_{(C_4H_{10})}} = \frac{48}{58} \cdot 100 = 82,76 \% \quad (K5)$$

где  $\omega_{C_{(C_4H_{10})}}$  – доля углерода в молекуле бутана;

48 – атомный вес четыре молекул углерода;

58 – атомный вес молекулы бутана.

Подставляем полученное значение в пропорцию:

$$78,10 - 100 \%$$

$$x - 82,76,$$

$$\text{получим: } X = C_{(C_4H_{10})} = 64,71 \text{ г}$$

Складываем долю  $C_{ОРГ}$  в составе нефти:

$$n = 1,84 + 16,04 + 64,71 = 82,59 \text{ г} \quad (\text{K6})$$

и находим коэффициент накопления:

$$K_n = \frac{100}{n} = \frac{100}{82,59} = 1,2 \quad (\text{K7})$$

При наличии более детальных данных о качественном составе нефтепродуктов, значение коэффициента накопления будет уточняться [85, 86, 125, 162].

Содержание углерода антропогенного происхождения рассчитываем по формуле согласно [85, 86, 125, 162]:

$$C_{\text{АНТ}} = C_{\text{ОРГ}} - C_{\text{ФОН}} \quad (\text{K8})$$

где  $C_{\text{АНТ}}$  – количество антропогенного углерода;

$C_{\text{ОРГ}}$  - количество органического углерода в загрязнённой почве;

$C_{\text{ФОН}}$  – количество органического углерода в незагрязнённой почве.

Если АП случается на более ранних этапах полета, то количество ГМС, которое попадет в почву будет больше. Поэтому при расчете необходимо учитывать сколько авиаГМС и СЖ содержится на борту ВС. В таблице К1 представлены максимальный запас топлива и его часовой расход некоторых ВС.

Таблица К1. Примеры характеристик некоторых воздушных судов

Тип самолета	Максимальный запас топлива, т	Часовой расход топлива, кг/ч
Ту-204-300	36	3677
Ил-96-300	122	7309
А-330-300	97,53	6292
В-757-200	43,5	3571

Расчет остаточного количества авиационного топлива в ВС производится по следующей формуле:

$$T_{\text{ост}} = T_{\text{max}} - Q \cdot t, \quad (\text{K9})$$

где  $T_{\text{ост}}$  – остаточное количество топлива в баках ВС определенного типа на момент АП, кг;

$T_{\text{max}}$  – максимальный запас топлива в полных баках ВС определенного типа согласно летно-техническим характеристикам, кг;

$Q$  – часовой расход топлива воздушного судна определенного типа согласно летно-техническим характеристикам, кг/ч;

$t$  – время, в течение которого воздушное судно находилось в полете до момента случившегося АП, ч.

$$t = \tau_1 - \tau_0, \quad (K10)$$

где  $\tau_0$  – время вылета ВС из аэропорта отправления, ч. мин.;

$\tau_1$  – время совершения авиационного происшествия, ч. мин.

В качестве примера по формулам рассчитаем остаточное количество топлива ВС, с которым случилось АП, произошедшее с самолетом Ту-204 29 декабря 2012 года. ВС совершило влет 29.12.12 г. в 11:10 по местному времени (в 12:10 по МСК) из аэропорта «Пардубице» (респ. Чехия) рейсом «Red Wings Airlines» WZ9268 в аэропорт назначения «Внуково» (г. Москва). При посадке на ВПП-19 аэродрома, примерно в 16:40 по московскому времени, самолёт выкатился за пределы ВПП.

В качестве допущения будем учитывать, что в баках ВС Ту-204 было заправлено максимальное количество топлива. Определим по формуле K10 время, в течение которого воздушное судно Ту-204 находилось в полете до момента авиационного происшествия:

$$t = 16 \text{ ч } 40 \text{ мин} - 11 \text{ ч } 10 \text{ мин} = 2 \text{ ч } 30 \text{ мин} = 2,5 \text{ ч} \quad (K11)$$

Далее по формуле (K9) определяем остаточное количество топлива в баках ВС Ту-204 на момент АП:

$$T_{ост} = 36000 - 3180 \cdot 2,5 = 28050 \text{ кг} \quad (K12)$$

Таким образом, получается, что в на ВС находилось примерно 28 тонн авиационного топлива, которые могли попасть в почву на месте АП [85].

Объём ГСМ, пролившихся из ВС на месте ( $V_{гсм}$ ), где произошло АП, можно определить по следующей формуле:

$$V_{гсм} = \frac{T_{ост}}{\rho_m} + \frac{\sum M_{гсм}}{\rho_{гсм}} + \frac{M_2}{\rho_2}, \quad (K13)$$

где  $T_{ост}$  – остаточное количество топлива в баках воздушного судна определенного типа на момент авиационного происшествия, кг [86];

$\rho_T$  – плотность авиационного топлива, кг/м<sup>3</sup> ( $\rho_T = 780$  для ТС-1,  $\rho_T = 775$  для РТ);

$\sum M_{см}$  – сумма масс различных авиационных масел и смазок согласно паспорту ВС определенного типа, кг;

$\rho_{см}$  – плотность масел и смазок, кг/м<sup>3</sup>;

$M_{Г}$  – масса гидравлической жидкости согласно паспорту воздушного судна определенного типа, кг;

$\rho_{Г}$  – плотность гидравлической жидкости, кг/м<sup>3</sup>.

Для определения количества ГСМ, впитавшихся в почву ( $V_{вп}$ , м<sup>3</sup>) необходимо воспользоваться предлагаемым соотношением [89, 125]:

$$V_{вп} = (V_{гсм} \cdot K_n \cdot V_n)^{\frac{1}{2}}, \quad (K14)$$

где  $K_n$  – коэффициент нефтеемкости почвы,

$V_n$  – объём нефтенасыщенной почвы.

Значение коэффициента нефтеемкости почвы  $K_n$  в зависимости от ее влажности принимается по таблице К2

Объём нефтенасыщенной почвы находится по формуле [89, 125]:

$$V_n = F_n \cdot h_{ср}, \quad (K15)$$

где  $F_n$  – площадь земли, на которой были разлиты горюче-смазочные материалы, м<sup>2</sup>;

$h_{ср}$  – средняя глубина пропитки на всей площади нефтенасыщенной почвы, м.

Таблица К2 Нефтеемкость наиболее распространенных почв РФ

Почва	Влажность, %				
	0	20	40	60	80
Каштановая	0,3	0,24	0,18	0,12	0,06
Песчаная	0,3	0,24	0,18	0,12	0,06
Серые лесные	0,47	0,38	0,28	0,18	0,1
Горная	0,35	0,28	0,21	0,14	0,07
Чернозем	0,2	0,16	0,12	0,08	0,04

Для определения концентрации ГСМ в почве предлагается воспользоваться зависимостью [85, 86, 125, 162]:

$$K_{\text{ГСМ}} = C_{\text{ант}} \cdot K_n \cdot \frac{1}{V_{\text{вп}}}, \quad (\text{K16})$$

где  $K_{\text{ГСМ}}$  – концентрация ГСМ в почве, мг/кг;

$K_n$  – коэффициент накопления;

$V_{\text{вп}}$  – количество ГСМ, впитавшихся в почву, м<sup>3</sup>;

$C_{\text{АНТ}}$  – количество антропогенного углерода, мг.

На четвертом этапе рассчитывается количество активного угля для эффективной детоксикации почвы (более подробно в Приложении К), учитывая мнение из [159] необходимо произвести замеры концентраций  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  и  $K_4$  ГСМ при смешении проб загрязненной почвы с активным углем соответственно в пропорциях почвы: АУ - 1:1, 1:2, 1:3, 1:4. При этом измерение концентраций проб почвы, при её смешении с сорбентом в пропорциях 1:1; 1:2; 1:3; 1:4, например, когда 1 кг почвы смешивается с 1 кг активного угля; 1 кг почвы смешивается с 2 кг активного угля и т.д., обусловлено следующим, что экспертами экспериментально было установлено, что при смешивании загрязненной почвы с сорбентом отсутствует линейная зависимость между изменениями концентрации загрязняющего вещества в почве и отношениями масс сорбента и почвы друг по отношению к другу.

Измерения концентраций проб почвы при её смешении с сорбентом в пропорциях 1:1; 1:2; 1:3; 1:4 позволяют учесть характер проявления сорбционных способностей активного угля в каждом частном случае и рассчитать точную массу, необходимую для детоксикации почвы до необходимой ПДК. Получение точной расчетной массы активного угля позволяет спланировать наиболее рациональную доставку к месту АП.

Затем определяется масса активного угля, необходимого для смешения с почвой в зоне АП, по следующему соотношению [160]:

$$m_{AY} = V_n \cdot \rho_n \cdot \left[ \frac{K_{ГСМ}}{K_3 \cdot \left( \frac{K_{ГСМ} + K_1 + K_2 + K_3}{K_1 + K_2 + K_3 + K_4} \right)} \right], \quad (K17)$$

где  $m_{AY}$  – масса активного угля типа АГ, кг;

$V_n$  – объём нефтенасыщенной почвы, м<sup>3</sup> [по формуле (K15)];

$\rho_n$  – плотность нефтенасыщенной почвы, кг/м<sup>3</sup>;

$K_3$  – заданная ПДК углеводородов нефти в почве, мг/кг;

$K_{ГСМ}$  – концентрация ГСМ в почве, мг/кг [по формуле (K16)];

$K_1, K_2, K_3$  и  $K_4$  - концентрации ГСМ при смешении проб загрязненной почвы с активным углем соответственно в пропорциях почва : АУ - 1:1; 1:2; 1:3; 1:4, мг/кг [86, 125].

АКТ  
о прекращении работ на месте авиационного происшествия

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

В соответствии с решением комиссии по расследованию авиационного происшествия с самолетом (вертолетом) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

о прекращении работ на месте авиационного происшествия члены подкомиссии \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

с участием сотрудников следственного органа Следственного комитета Российской Федерации \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

осмотрели место авиационного происшествия и установили, что обломки самолета (вертолета) убраны, повреждения построек и сооружений ликвидированы, санобработка местности произведена <\*>.

\_\_\_\_\_

(подписи, инициалы, фамилии)

-----

<\*> На санитарную обработку местности составляется специальный акт, подписываемый местными органами санэпиднадзора.

**АКТ  
о прекращении работ  
и проведенных природоохранных мероприятиях  
на месте авиационного происшествия**

с самолетом (вертолетом) \_\_\_\_\_

(тип, опознавательный знак)

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ г. в районе

\_\_\_\_\_ (место происшествия)

**Члены**

административной подкомиссии: \_\_\_\_\_

(подпись, инициалы, фамилия, дата)

**Председатель**

административной подкомиссии: \_\_\_\_\_

(подпись, инициалы, фамилия, дата)

В соответствии с решением комиссии по расследованию авиационного происшествия с самолетом (вертолетом) \_\_\_\_\_

(тип, опознавательный знак)

о прекращении работ на месте авиационного происшествия члены подкомиссии

\_\_\_\_\_ (указывается подкомиссия, инициалы, фамилии)

№ п/п	Вид загрязнения	Источник загрязнения	Проведенные природоохранные мероприятия	Результат

Осмотрели место происшествия, провели анализ результатов природоохранных мероприятий и установили, что обломки самолета (вертолета) убраны, повреждения построек и сооружений ликвидированы, мероприятия по \_\_\_\_\_ произведены.

(вид(ы) природоохранных мероприятий)

**АКТ**  
**о выявленном негативном**  
**воздействии на окружающую среду**  
**в результате авиационного происшествия**  
с самолетом (вертолетом) \_\_\_\_\_  
(тип, опознавательный знак)  
" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ г. в районе \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ (место происшествия)

Табл.1 Физическое загрязнение

№ п/п	Изменяемый параметр окружающей среды	Источник(и)	Фактическое воздействие (объем воздействия)	Норматив воздействия (загрязнения)

Табл.2 Химическое загрязнение

№ п/п	Загрязняющее вещество	Источник(и)	Фактическое количество загрязняющего вещества, попавшего в окружающую среду	Норматив воздействия (загрязнения)

Табл.3 Биологическое загрязнение

№ п/п	В чем проявлялся	Источник(и)	Фактический объем загрязнения	Норматив воздействия (загрязнения)

Табл.4 Информационное загрязнение

№ п/п	Разновидность проявления	Источник(и)	Описание реакции живых организмов

Председатель  
административной подкомиссии: \_\_\_\_\_  
(подпись, инициалы, фамилия, дата)