

24-1407

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

Скороходов Д.А., Каминский В.Ю., Дюк В.А., Королев О.А., Бордученко Ю.Л.

**ПОСТРОЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕТЕЙ МОНИТОРИНГА
И УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ
АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА И СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ**

Монография

24-01407

Санкт-Петербург
2023

Скороходов Д.А., Каминский В.Ю., Дюк В.А., Королев О.А., Бордученко Ю.Л.

**ПОСТРОЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕТЕЙ МОНИТОРИНГА
И УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ
АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА И СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ**

Монография

**Санкт-Петербург
2023**

УДК 656.02

Скороходов Д.А., Каминский В.Ю., Дюк В.А., Королев О.А., Бордученко Ю.Л.
Построение интеллектуальных сетей мониторинга и управления экологической безопасностью Арктического региона и Северного морского пути / под общей ред. д-ра техн. наук, профессора Д.А. Скороходова Д.А. – СПб.: СПбУ ГПС МЧС России, ИПТ РАН, 2023. – 303 с.

ISBN 978-5-6047678-5-6

В монографии исследуются прогнозируемые экологические последствия изменений климата в контексте мультимодального транспортного коридора Северного морского пути. Авторы рассматривают проблемы управления экологической безопасностью в Арктическом регионе, особенно в условиях увеличения хозяйственной активности. Освещаются вопросы интеллектуализации экологической безопасности, а также методики оценки эффективности экологической безопасности в морском сегменте мультимодальных перевозок.

В работе представлены технологии транспортировки отработавшего ядерного топлива и методы расчета оценки ядерной и экологической безопасности. Освещены методы оценки экологической ситуации на интеллектуальных транспортных объектах, используя технологии машинного обучения. Рассмотрены особенности применения искусственного интеллекта для обработки больших данных в области экологии, а также методологические аспекты интеллектуальной системы экологической безопасности.

Рецензенты:

Директор Института аэрокосмических приборов и систем Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», профессор кафедры системного анализа и логистики, доктор технических наук, доцент
Майоров Николай Николаевич

Заведующий кафедрой «Корабельных систем управления» Санкт-Петербургского электротехнического университета (СПб ГЭТУ), доктор технических наук, доцент
Стариченков Алексей Леонидович

ISBN 978-5-6047678-6

© ФГБУН Институт проблем транспорта
им. Н.С. Соломенко Российской академии наук, 2023
© Коллектив авторов, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ	7
ВВЕДЕНИЕ	11
1 ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВОЗМОЖНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА МУЛЬТИМОДАЛЬНОГО КОРИДОРА СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ	15
1.1 Оценка уязвимости, воздействие изменения климата и меры по адаптации к изменениям климата	16
1.2 Ледовитость и риски Северного морского пути	19
1.3 Особенности проявления изменений глобального климата в акватории Северного морского пути	25
1.3.1 Северные морские маршруты сегодня	25
1.3.2 Мониторинг климата приземной атмосферы Северной полярной области и трасс Северного морского пути	30
1.3.3 Атмосферные осадки	35
1.3.4 Морская Арктика	36
1.4 Прогноз климатических изменений в Арктике и оценка их последствий для опорных зон социально-экономического развития	38
1.5 Проблемы обеспечения экологической безопасности транспортной системы Северного морского пути	40
1.6 Вопросы разработки интеллектуальной системы экологической безопасности АЗ РФ, интегрированной в инфраструктуру разрабатываемого Арктического интеллектуального мультиmodalного транспортного коридора	47
1.6.1 Арктический интеллектуальный мультиmodalный транспортный коридор, как платформа сбора экологических данных	48
1.6.2 Архитектура системы мониторинга воздействия нескольких видов транспорта ...	49
1.6.3 Вопросы внедрение ИСЭБ ИМТС АЗ РФ в государственную сеть мониторинга состояния окружающей среды	51
1.7 Выводы по главе 1	51
2 АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ И ПО СЕВЕРНОМУ МОРСКОМУ ПУТИ В УСЛОВИЯХ АКТИВИЗАЦИИ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	54
2.1 Сухопутные территории Арктической зоны Российской Федерации. Значение Арктического региона в новых экономических и геополитических условиях	54
2.2 Основные проблемы Российской Арктики	56
2.3 Экологические проблемы Арктического региона Российской Федерации	57
2.4 Анализ проблем управления экологической безопасностью в акватории Северного морского пути	59
2.5 Выводы по главе 2	68
3 ОБЪЕКТЫ ИНФРАСТРУКТУРЫ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА И СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ	70
3.1 Северный морской путь и речной транспорт Арктического региона России	70
3.2 Границы и трассы Арктического региона и Северного морского пути	75
3.3 Администрация Северного морского пути	78
3.4 Основные порты Арктического региона и Северного морского пути	79
3.5 Развитие морских перевозок по Северному морскому пути	80
3.6 Логистические аспекты спасательных операций в Арктическом регионе	82
3.7 Состав и организация использования сил и средств спасения в Арктическом регионе	85
3.8 Аварии на объектах инфраструктуры Северного морского пути	87
3.8.1 Характерные типы аварий на инфраструктурных объектах Северного морского пути	88

3.9 Выводы по главе 3.....	90
4 ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКОЙ МОДЫ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК	91
4.1 Структуризация экологической среды обитания персонала судна.....	91
4.1.1 Воздух рабочей зоны (Φ_1).....	91
4.1.2 Освещенность и светоцветовое оформление (Φ_2).....	92
4.1.3 Шум (Φ_3).....	94
4.1.4 Производственные излучения и электромагнитные поля (Φ_5).....	96
4.1.5 Качка судна (Φ_6).....	96
4.2 Адаптации организма человека к условиям среды.....	97
4.3 Оборудование безопасности и защита персонала.....	99
4.3.1 Стационарные газоанализаторы.....	99
4.3.2 Замеры низких концентраций токсичных газов.....	99
4.3.3 Замеры концентраций кислорода.....	100
4.3.4 Периодичность контроля состава воздуха в помещениях.....	100
4.4 Влияние условий труда на заболеваемость.....	101
4.5 Структуризация целей обеспечения экологической безопасности судов.....	105
4.6 Выводы по главе 4.....	108
5 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКОЙ МОДЫ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК.....	110
5.1 Оценка эффективности обеспечения экологической безопасности персонала судна.....	110
5.1.1 Выбор функции для оценки эффективности экологической безопасности экипажа.....	110
5.1.2 Функции технической полезности для различных факторов экологической безопасности.....	112
5.2 Методика оценки эффективности экологической безопасности свойств судна.....	115
5.2.1 Структуризация показателей экологической безопасности судна.....	115
5.2.2 Выбор функций технической полезности для различных подфакторов.....	118
5.3 Методика оценки эффективности экологической безопасности грузов, перевозимых судном.....	124
5.3.1 Перевозка навалочных грузов.....	125
5.3.2 Перевозка зерна.....	129
5.3.3 Перевозка генеральных грузов.....	130
5.3.4 Перевозка опасных грузов.....	130
5.3.5 Перевозка леса.....	131
5.3.6 Перевозка наливных грузов.....	133
5.4 Выводы по главе 5.....	136
6 СТРУКТУРА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АРКТИЧЕСКОГО МУЛЬТИМОДАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОГО КОРИДОРА АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА И СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ.....	138
6.1 Структура безопасности АИМТК.....	141
6.2 Постановка задачи обеспечения безопасности и виды критериев обеспечения безопасности АИМТК.....	143
6.3 Принципы создания системы управления безопасностью АИМТК.....	149
6.4 Структурная организация системы управления безопасностью АИМТК АР и СМП.....	151
6.5 Методы и критерии оценки безопасности объектов инфраструктуры Интеллектуальной мультимодальной транспортной системы Арктического региона и Северного морского пути.....	152
6.5.1 Использование теории вероятностей в формировании критериев безопасности объектов инфраструктуры АИМТК.....	153
6.5.2 Риск как критерий оценки безопасности.....	159

6.5.3 Основные показатели риска	162
6.5.4 Методы расчета и оценки риска.....	169
6.5.5 Мероприятия по управлению риском.....	176
6.5.6 Методика анализа риска объектов инфраструктуры	179
6.6 Выводы по главе 6.....	185
7 ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСПОРТИРОВКИ ОТРАБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА И ОЦЕНКА ЕЁ БЕЗОПАСНОСТИ В РАЙОНЕ МУЛЬТИМОДАЛЬНОГО КОРИДОРА	188
7.1 Требования по обеспечению радиационной и ядерной безопасности при транспортировании ОЯТ	189
7.1.1 Требования по обеспечению радиационной безопасности	189
7.1.2 Требования по обеспечению ядерной безопасности.....	191
7.2 Номенклатура тепловыделяющих сборок реакторов ВВЭР, РБМК, БН.....	193
7.3 Технология транспортировки и практика обоснования безопасности при транспортировке ОЯТ.....	197
7.3.1 Способы транспортировки ОЯТ.....	197
7.3.2 Устройства выгрузки-загрузки.....	200
7.3.3 Средства обеспечения безопасности	200
7.4 Оценка безопасности транспортировки ОЯТ.....	202
7.4.1 Оценка ядерной безопасности.....	202
7.4.2 Оценка радиационной безопасности	205
7.5 Выводы по главе 7.....	207
8 МЕТОДИКИ РАСЧЁТНОЙ ОЦЕНКИ ЯДЕРНОЙ И РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОЯТ И ОСТАТОЧНОГО ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЯ ОЯТ В ПРОЦЕССЕ ТРАНСПОРТИРОВКИ И ХРАНЕНИЯ.....	209
8.1 Методика оценки эффективности средств обеспечения безопасности транспортировки ОЯТ.....	209
8.2 Критерии радиационной безопасности.....	211
8.3 Критерии ядерной безопасности	212
8.4 Методика оценки ядерной безопасности ОЯТ	213
8.4.1 Общие положения.....	213
8.4.2 Методика оценки ядерной безопасности	216
8.4.3 Основные расчётные зависимости оценки ядерной безопасности транспортировки ОТВС.....	217
8.5 Методика оценки радиационной безопасности транспортировки ОЯТ	224
8.5.1 Методика оценки радиационной безопасности.....	224
8.5.2 Основные расчётные зависимости оценки радиационной безопасности транспортировки ОТВС.....	225
8.6 Расчётная оценка безопасности хранения отработавшего ядерного топлива в приреакторном бассейне выдержки	229
8.6.1 Алгоритм расчётной оценки теплоотвода отработавшего топлива в БВ.....	230
8.6.2 Определение изотопного состава топлива ОТВС	231
8.6.3 Расчёт остаточного энерговыделения ОТВС.....	231
8.6.4 Расчёт температуры охлаждающей среды после выгрузки ОТВС в БВ	232
8.6.5 Расчёт температуры оболочек ТВЭЛов топливных сборок, размещённых в БВ	233
8.7 Выводы по главе 8.....	234
9 ФОРМИРОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И НАВИГАЦИОННОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК ОТРАБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА.....	237
9.1 Принципы построения интеллектуальной системы экологической безопасности и навигационного сопровождения мультимодальных перевозок отработавшего ядерного топлива	237
9.1.1 Проблемы мультимодальных (интермодальных) грузоперевозок	238

9.1.2 Компоненты интеллектуальной системы транспортировки ОЯТ	240
9.1.3 Использование искусственного интеллекта при транспортировке отработавшего ядерного топлива	243
9.1.4 Перспективные алгоритмы решения задач мультимодальных грузоперевозок.....	244
9.1.5 Схема алгоритма нечеткой логики решения задачи мультимодальной грузоперевозки.....	246
9.1.6 Повышение безопасности и эффективности транспортировки ОЯТ	247
9.2 Перспективы подводной транспортировки отработавшего ядерного топлива.....	249
9.2.1 Особенности и перспективы подводной транспортировки грузов.....	250
9.2.2 Транспортная проблема в Арктической зоне РФ и возможность ее решения с применением подводной робототехники	253
9.2.3 Технологические тенденции цифровизации судоходной отрасли	254
9.2.4 Концепция интеллектуальной навигационной сети.....	256
9.2.5 АНПА и искусственный интеллект	257
9.2.6 Маршрутизация и навигация подводно-подлёдного плавания.....	258
9.2.7 Подводные пассивные ориентиры АНПА.....	260
9.2.8 Перспективы подводной транспортировки отработавшего ядерного топлива	262
9.3 Выводы по главе 9.....	264
10 МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ НА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ОБЪЕКТАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	266
10.1 Общие сведения о применении методов машинного обучения в экологии.....	266
10.2 Примеры решения задач дистанционного экологического мониторинга методами машинного обучения.....	269
10.2.1 Распознавание типов поверхности Земли по мультиспектральным изображениям со спутника.....	270
10.2.2 Картирование типа лесных насаждений по данным мультиспектрального дистанционного зондирования.....	274
10.2.3 Распознавание больных деревьев по данным мультиспектральных изображений, полученных со спутника Quickbird.....	278
10.3 Выводы по главе 10.....	281
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	282
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	286