

На правах рукописи

Марова Анастасия Владимировна

**МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
ПОЛИГОНА «КРАСНЫЙ БОР»
НА ОСНОВЕ РИСКОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА**

Специальность 25.00.36 – Геоэкология (Науки о Земле)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Санкт-Петербург 2011

Работа выполнена в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Российский государственный гидрометеорологический университет» в Санкт-Петербурге

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор Музалевский Анатолий Александрович

Официальные оппоненты:

доктор географических наук, профессор Догановский Аркадий Михайлович

кандидат химических наук, доцент Карпов Сергей Васильевич

Ведущая организация:

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

Защита диссертации состоится 12 мая 2011 г. в 15-30 на заседании Диссертационного совета Д212.197.03 при Российском государственном гидрометеорологическом университете.

Адрес: 195196, Санкт-Петербург, проспект Metallистов, 3, ауд. 102.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российского государственного гидрометеорологического университета.

Автореферат разослан 11 апреля 2011 г.

Ученый секретарь

Диссертационного совета Д 212.197.03

доктор технических наук,

профессор

П.П. Бескид

Актуальность темы

Правительством Российской Федерации разработана и принята Федеральная целевая программа «Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации (2009 – 2013 годы)», где отмечено, что население остается не защищенным от воздействия опасных химических факторов, а уровни рисков функционирования потенциально опасных химических объектов, включая те, на которых осуществляется обращение с опасными отходами, остаются недопустимыми. Одной из задач Программы является повышение уровня и интенсификация научно-исследовательских работ, посвященных усовершенствованию существующих и созданию новых методов и систем мониторинга, предназначенных для методологического, технического и инструментального решения задач, связанных с обеспечением химической безопасности.

В рамках Программы отражены действия по обеспечению безопасности опасных производственных объектов, к числу которых относится и полигон «Красный Бор». Значимость этого объекта подтверждается рядом правовых актов Правительства Санкт-Петербурга, а также Конвенцией по защите морской среды района Балтийского моря и Планом действий по Балтийскому морю (ПДБМ).

В связи с нерешенностью экологических проблем полигона опасных промышленных отходов «Красный Бор», наличием накопленных необезвреженных опасных отходов, принятых за более, чем 40-летний период работы полигона, имеется необходимость в методах более эффективной идентификации, анализа и приоритизации рисков, исходящих от полигона.

Несмотря на то, что значимость полигона как источника загрязнения окружающей среды была признана не только на региональном, но и на федеральном и международном уровнях, по ряду причин до настоящего времени не удалось разработать и реализовать комплексный план действий, направленный на значительное улучшение состояния окружающей среды в районе полигона. В связи с этим имеется необходимость в создании современного методического обеспечения управления рисками развития опасных ситуаций в условиях ограниченного финансирования.

Цель работы: разработать методический аппарат моделирования и оценки геоэкологических угроз полигона «Красный Бор» и подготовить научно-обоснованные рекомендации по его экологически безопасному функционированию.

Объект исследования: полигон «Красный Бор», атмосферный воздух, почвы, поверхностные и подземные воды на прилегающей территории, загрязняющие вещества в компонентах природной среды, водная система Балтийского моря.

Предмет исследования: географические, гидрологические, геологические и климатические характеристики района расположения полигона «Красный Бор» как факторы риска возникновения аварийных ситуаций, угрозы, исходящие от полигона, а также от технологий, применяемых при обращении с опасными отходами, сценарии развития аварийных ситуаций на полигоне, методы оценки и схемы управления рисками, обеспечивающие приемлемый уровень экологической безопасности.

В соответствии с целью сформулированы основные задачи исследования:

1. Пополнить и систематизировать информационное обеспечение систем принятия решений путем проведения комплексного анализа особенностей устройства и функционирования объекта, технологий, используемых на полигоне «Красный Бор», а также динамики геологических, климатических и физико-географических параметров внешней среды,

и выявить наиболее существенные источники опасностей, влияющих на устойчивость функционирования полигона.

2. Исследовать современные тенденции обращения с опасными отходами и идентифицировать основные риски технологических цепочек процесса. Сопоставить отечественные и зарубежные точки зрения. Провести анализ особенностей применения инструмента риска к управлению движением опасных отходов за рубежом.

3. Предложить модель исследуемого объекта и выявить критерии его устойчивого функционирования. Разработать и применить к исследуемому объекту новые методы оценки и управления, основанные на использовании инструмента риска.

4. Разработать сценарии развития аварийных ситуаций, определить их местоположение и параметры, провести оценку рисков каждого сценария двумя методами и сопоставить их.

5. Разработать принципы и базовые элементы оценки и управления рисками аварийных ситуаций на полигоне «Красный Бор». С учетом полученных результатов дать организационные и технологические рекомендации для систем принятия решений по минимизации угроз попадания загрязняющих веществ в окружающую среду, включая водную систему Балтийского моря.

Диссертационное исследование базируется на результатах многолетних (2003-2010 гг.) научных и практических работ диссертанта со специализированными предприятиями города в сфере обращения промышленных отходов и на полигоне «Красный Бор», а также на отечественном и зарубежном опыте обращения с опасными отходами.

Работа проводилась в рамках мероприятия 1.1 Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (государственный контракт №02.740.11.0385 от 30 сентября 2009 г.) по направлению «Переработка и утилизация техногенных образований и отходов».

На защиту выносятся следующие научные положения:

1. Система комплексных физико-географических, гидрографических и геологических исследований опасных явлений и процессов, генерируемых полигоном «Красный Бор», и их геоэкологических последствий **обеспечивается** моделью опасного промышленного объекта – геотехнической системой.

2. Разработка сценариев развития аварийных ситуаций на полигоне «Красный Бор», оценка и ранжирование рисков их возникновения, а также разработка схемы управления ими **могут быть выполнены** на основе рискологического подхода.

3. Методические рекомендации по предотвращению и минимизации аварийных ситуаций на полигоне «Красный Бор», связанных с угрозой попадания загрязняющих веществ в окружающую среду, включая водную систему Балтийского моря, **могут быть созданы** на основе данных системы наблюдений и теоретических оценок, полученных в результате применения рискологического подхода.

Научная новизна исследования:

1. **Получены** новые данные, связанные с оценкой значимости параметров внешней среды и влияющие на безопасность функционирования полигона «Красный Бор».

Созданная на основе натуральных наблюдений система опасных геоэкологических факторов и их последствий **отличается** от известных структурной полнотой и детальностью межэлементных связей, что обеспечивает предпосылки для адекватного моделирования

возможных (потенциальных) геоэкологических рисков, а также **позволяет** выявить динамику процессов, порождающих риски, и установить механизм транспорта загрязняющих веществ в окружающую среду.

2. Оценены риски сценариев возникновения аварийных ситуаций и распространения загрязняющих веществ в окружающую среду, включая поступление загрязнения в водную систему Балтийского моря.

Основанные на концепции риска сценарии **отличаются** наличием априорной идентификации потенциальных угроз, их ранжирования на основе единого интегрального показателя, включающего, в том числе, вероятность реализации и оценку негативных последствий, что **обеспечивает** возможность научно-обоснованного планирования различных вариантов действий по снижению негативного воздействия полигона «Красный Бор» на окружающую среду в условиях ограниченных ресурсов.

3. Установлены и сопоставлены основные риски отечественных и зарубежных технологий обращения с опасными отходами.

Выявленные риски **отличаются** наличием комплекса аспектов вероятного воздействия технологий на окружающую среду, что **позволяет** использовать результаты сопоставления для планирования устойчивого развития сферы обращения с опасными отходами в регионе.

4. Предложена схема и рекомендации по управлению рисками аварийных ситуаций на полигоне «Красный Бор».

Основанные на результатах оценки рисков, схема и методические рекомендации **отличаются** географической привязкой к местности, комплексностью, детализацией действий для предотвращения и снижения риска аварийных ситуаций, связанных с попаданием загрязняющих веществ в окружающую среду, а также конкретных действий в случае реализации аварийных ситуаций, что **позволяет** оперативно осуществлять указанные действия и повысить их эффективность.

Достоверность научных положений выводов и рекомендаций обеспечивается:

Корректностью численных и аналитических методов исследований, наличием полученных результатов и показателей, допускающих сравнение и сопоставление с другими независимыми методами и существующими схемами и системами оценки и управления рисками, положительными результатами проверки предложенных решений.

Методы исследований. Общей методологической основой работы является междисциплинарный рискологический подход, включающий элементы теории риска, экологического и математического моделирования, анализ и обобщение опыта работ в области обращения с опасными отходами, а также натурные и социологические исследования.

Практическая ценность результатов исследования заключается в следующем:

- открыты новые возможности и разработан инструментарий риска для систем принятия решений по обеспечению экологически безопасного функционирования полигона «Красный Бор», опирающиеся на базу новой системы опасных геоэкологических факторов и их последствий;

- апробированы и предложены к практическому применению методы оценки действующих и потенциальных геоэкологических рисков;

- разработаны возможные сценарии аварийных ситуаций и детально прописаны действия по предотвращению аварийных ситуаций и смягчению их последствий;

- для природоохранной деятельности разработаны рекомендации по общей схеме и структуре управления рисками аварийных ситуаций на полигоне «Красный Бор».

Реализация работы:

- при участии автора настоящей работы проведено внедрение разработанных методов и полученных результатов в практику деятельности полигона «Красный Бор», что подтверждено соответствующим Актом внедрения;
- материалы диссертации использованы при разработке отдельных тем лекций для студентов ВУЗов по дисциплинам «Экологические риски» и «Риск-менеджмент». Акт использования имеется.

Личный вклад автора:

- постановка задач, планирование, руководство натурными исследованиями в 2006-2010 гг., сбор, анализ, обобщение данных;
- оценка геоэкологической обстановки на полигоне;
- разработка сценариев развития аварийных ситуаций;
- оценка рисков различными методами и их сопоставление;
- разработка системы управления в режиме аварийной ситуации, обеспечивающая устойчивое и экологически безопасное функционирование полигона «Красный Бор»;
- разработка методических рекомендаций для операторов полигона «Красный Бор».

Апробация работы: В полном объеме диссертация докладывалась в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Российский государственный гидрометеорологический университет» (Санкт-Петербург), в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет» и в органах государственной власти Санкт-Петербурга в области охраны окружающей среды.

Публикации: Основное содержание диссертации опубликовано автором в 18 научных работах (3 научные работы опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК).

Объем и структура работы: диссертация состоит из введения, четырех глав и выводов; изложена на 168 страницах машинописного текста, содержит 22 рисунка, 20 таблиц и список литературы из 106 наименований, 14 из которых на иностранных языках.

Автор считает необходимым отметить внимание к работе доктора физико-математических наук, профессора РГГМУ Льва Николаевича Карлина, кандидата географических наук Д.А.Голубева, доктора географических наук, профессора РГГМУ Н.П.Смирнова, кандидата географических наук, доцента РГГМУ А.В.Дикиниса и приносит им за это свою глубокую благодарность.

Особую благодарность автор выражает доктору технических наук, профессору С.И.Биденко за полезное консультирование.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, изложены научная новизна и практическая ценность работы, основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе выполнен анализ состояния полигона «Красный Бор», проанализированы существующие проблемы и угрозы, выполнена постановка задач исследования.

Проанализированы физико-географические, геологические, гидрологические и климатические характеристики района расположения полигона «Красный Бор».

Полигон «Красный Бор» расположен на территории площадью 65,4 га в 2 км к северу от поселка Красный Бор, в 6 км к востоку от Колпинского района Санкт-Петербурга (рисунок 1). Полигон принимает промышленные отходы 1-4 класса опасности на размещение в картах-котлованах, отрытых в массиве кембрийской глины, и за более чем 40 лет эксплуатации им принято 1,5 млн. тонн промышленных отходов.

Анализ климатических особенностей региона полигона «Красный Бор» показал, что район полигона характеризуется избыточным увлажнением. Атмосферных осадков в среднем за год выпадает 693 мм, испарение с территории полигона колеблется от 150 до 400 мм. В течение года преобладают ветра западной четверти – 51 % (юго-западных ветров – 19%).

Показано, что в течение последних 30 лет устойчивый переход температуры воздуха через нулевой предел в рассматриваемом районе колебался между 15 и 28 марта. Установлено, что в этом месяце максимальное количество осадков может составлять до 100 мм (при норме 39 мм). Так, аномально высокие значения месячного количества осадков фиксировались в 1971 году (240 % от нормы) и в 1995 году (226 % от нормы), а в марте 2008 года за 6 часов выпало 43 мм осадков. Кроме того, выход южных циклонов в марте вызывает интенсивное снеготаяние.

Определены **геологические и гидрогеологические особенности района полигона**. В пределах слоя, расположенного на глубине 1,2-8,6 м, на территории полигона фиксируются грунты с высокой проницаемостью - техногенные образования (нарушенный почвенный слой, перемешанный с кембрийской глиной, пески, суглинки и супеси с включениями строительного мусора), верхнечетвертичные озерно-ледниковые отложения и отложения ледникового генезиса.

Геологическое строение и рельеф территории определяются ее положением в полосе склона Балтийского кристаллического щита в непосредственной близости к области выхода древних палеозойских отложений (синих кембрийских глин) почти на дневную поверхность. Анализ имеющихся материалов показал, что существуют различные точки зрения относительно возможной проницаемости кембрийских глин в районе расположения полигона, и за счет каких факторов она может возникнуть. В частности, специалисты ГТП «Севзапгеология» совместно с НТФ «Геофизпрогноз» в конце 90-х – начале 2000-х гг. провели исследования методом спектрально-сейсморазведочного профилирования (ССП) и сделали вывод о наличии проницаемых неотектонических зон в районе расположения полигона.

Однако, проведение исследований методом ССП нельзя назвать общепринятым, и в 2009 году «Российским геоэкологическим центром» было выполнено сейсмическое исследование части территории полигона методом общей глубинной точки, а также сейсмотомографические и электроразведочные работы. Исследования выявили наличие локальных зон неоднородности в толще глин до глубины 50 м. Однако дать однозначный ответ на вопрос о наличии процессов трещинообразования в толще глин по-прежнему оказалось невозможным из-за недостатка данных.

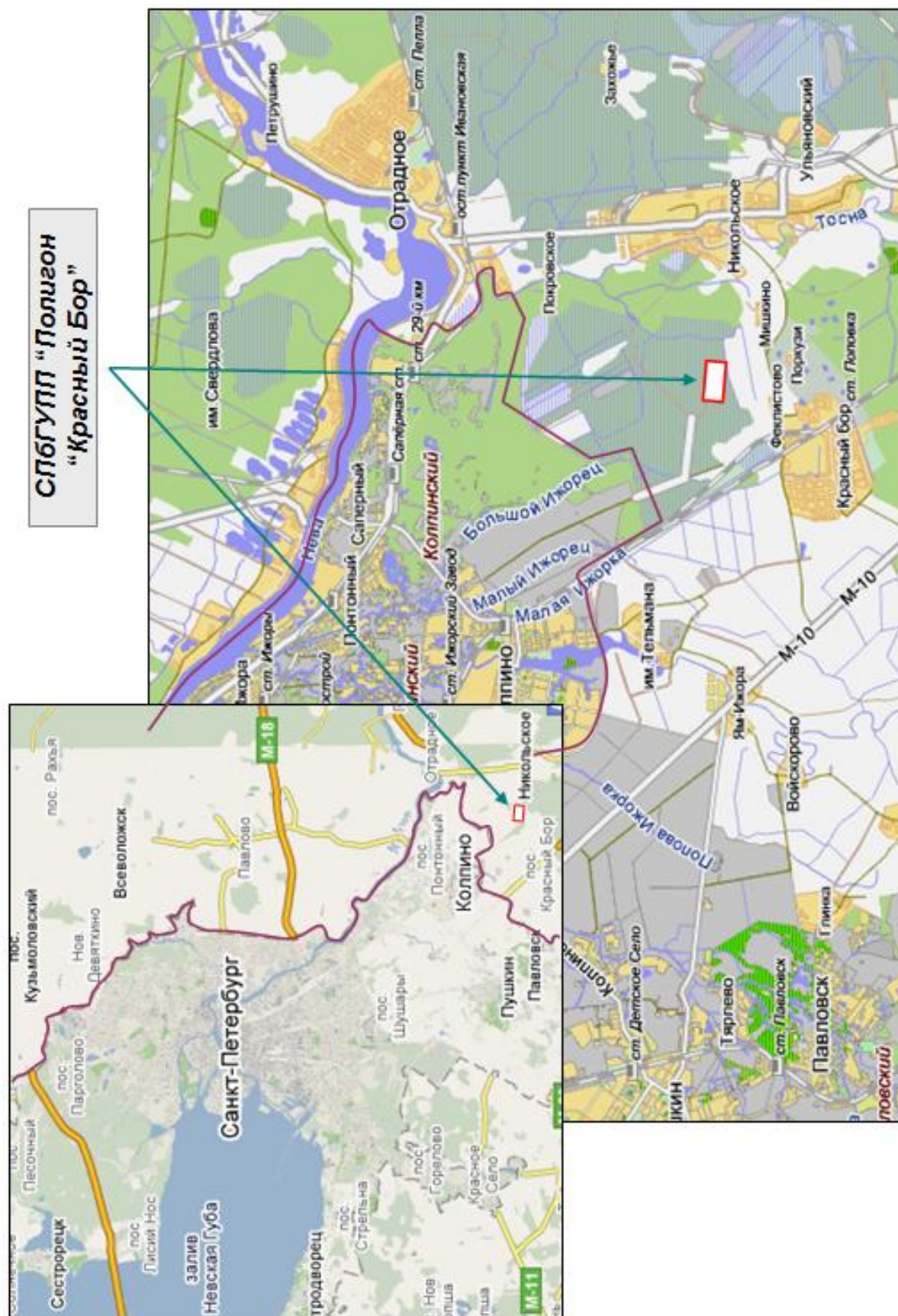


Рисунок 1 – Схема расположения полигона захоронения высокококислых промышленных отходов «Красный Бор»

Выявлены гидрографические особенности региона полигона «Красный Бор». Местность представляет собой заболоченную, покрытую лесами и мелким кустарником

плоскую равнину. Перепад абсолютных отметок на участке не превышает 10 — 15 м, с пологим уклоном с юга на север.

Определено, что основной сток полигона посредством магистрального канала, рек Большой Ижорец (Большая Ижорка), Малая Ижорка, р.Ижора соединен с р.Нева. Расстояние от полигона до места впадения М.Ижорки в Ижору около 10 км, далее чуть более 600 м до Невы. Некоторая часть стока поступает посредством р.Безымянный в р. Тосна и далее в Неву. Расстояние до р.Тосна порядка 10 км, далее 4,1 км до Невы.

Выявлен среднемноголетний полный годовой сток с полигона (табл. 1), составляющий 325-350 тыс.м³. Немаловажное значение имеют параметры осадков в период весеннего паводка как наиболее угрожаемого периода с точки зрения возможных аварийных ситуаций. По данным исследований, максимальная высота снежного покрова (63 см) наблюдалась в 2004 году, запас воды в снеге - 80 мм.

Таблица 1 - Расчетные объемы стока весеннего паводка для полигона «Красный Бор»

Водосбор	Объемы стока весеннего паводка заданной обеспеченности, тыс.м ³									
	средний объем	1%	3%	5%	10%	25%	50%	75%	90%	95%
Полигон, исключая бессточные территории	189	370	327	306	275	227	182	143	113	98

Обследованы технические средства и конструкции ПКБ как источники экологической опасности.

Таблица 2 – Состав содержимого карт-котлованов

№ п/п	Вещество	Карта № 64	Карта № 68
1	рН	2,2	6,9
2	Содержание воды, не менее, %	96	94
3	ХПК, гО2/л	24	60
4	Сухой остаток, г/л	25	42
5	Взвешенные вещества, мг/л	170	1150
6	Хром общий, мг/л	11	11
7	Медь, мг/л	1,6	1,6
8	Железо общее, мг/л	98	83,0
9	Никель, мг/л	3,9	4,2
10	Кадмий, мг/л	0,36	0,47
11	Свинец, мг/л	0,23	0,35
12	Олово, мг/л	0,11	0,10
13	Ванадий, мг/л	0,12	0,11
14	Ртуть, мг/л	0,011	0,0082
15	Фенол, мг/л	50	16
16	СПАВ ан., мг/л	4,6	9,2
17	Аммонийный ион, мг/л	590	875
18	Хлор-органика, мг/л	23,0	8,0
19	Ароматические соединения, мг/л	147,6	140,0

Это, в первую очередь, карты-котлованы для размещения отходов. На территории полигона имеется 5 карт (2 больших и 5 малых), общим объемом порядка 600 тыс.м³. Карты имеют естественное глиняное основание и борта, но не защищены от попадания осадков, которые задерживаются в картах и растворяют размещенные там отходы. В результате за годы эксплуатации карт в них сформировался следующий состав, табл. 2.

Выявлены следующие изменения состава содержимого карт за последние 8-9 лет:

- среда содержимого карт из нейтральной стала кислой,
- выросли концентрации некоторых тяжелых металлов (в частности, цинка и хрома),
- на несколько порядков возросло содержание растворенных нефтепродуктов в содержимом карты 64,
- показатель ХПК остался практически неизменным.

Эти изменения говорят о том, что в картах появляются значительное количество самых разных органических соединений, от простых до сложнейших и неидентифицируемых современными методами. Подтверждено наличие хлорорганических соединений, которые при сжигании могут переходить в атмосферный воздух. Отметим также, что кислая среда содержимого карт потенциально увеличивает риск повреждения глиняного «замка» из-за активизации химических реакций содержимого и глины. Эти процессы и явления формируют первый многофакторный источник экологического риска.

Вторым источником экологического риска на полигоне являются установки т.н. термического обезвреживания (УТО), на которых сейчас осуществляется выпаривание содержимого карт-котлованов для уменьшения его объема.

Оба источника влияют на качество атмосферного воздуха. Замеры рекомендуемых параметров свидетельствуют о том, что выбросы преимущественно связаны с продуктами сгорания нефтепродуктов и органических составляющих в УТО. Влияние полигона на качество поверхностных вод может проявляться в пределах муниципального района, и оно не является преобладающим среди других источников загрязнения (промышленных предприятий).

Полигон имеет инженерные сооружения, обеспечивающие защиту от повышенного поверхностного стока, образующегося в весенний период, состоящую из трех элементов:

- пожарный пруд в северо-западной части полигона емкостью более 20 тыс. м³,
- обводной канал вокруг полигона общей емкостью более 30 тыс. м³,
- магистральный канал, снабженный шлюзом-регулятором.

Кроме того, на полигоне сооружена система канализации ливневых сточных вод с территории полигона и 4 накопительных пруда для их отстоя объемом 8 тыс. м³ каждый.

При значительном увеличении объема ливневых вод нагрузку с внутренней территории принимает на себя система канализации и пруды-накопители, а при перекрытии шлюза-регулятора обводной канал выполняет функции временной аккумулирующей емкости, что ограничивает риски, связанные с превышениями уровня поверхностного стока.

Выполненный анализ показал, что:

- состав загрязняющих веществ, попадающих в окружающую среду от полигона «Красный Бор» в связи с его структурой и технологическими параметрами, является уникальным, однако, пути распространения загрязнений в окружающую среду в целом типичны для полигонов отходов (в первую очередь, это поверхностные водные объекты и атмосферный перенос);

- распространение загрязнений от полигона имеет региональный масштаб влияния на состояние окружающей среды;

- требуется специальный модельно-аналитический аппарат для представления и прогнозирования экологической обстановки в районе размещения полигона.

Во второй главе выполнено рассмотрение основных отечественных и зарубежных тенденций и технологий в сфере обращения с опасными отходами и их оценка с точки зрения рискогенности.

Определено, что процесс выбора технологии переработки отходов базируется на четырех ключевых критериях, которые характеризуют собственно сами технологии и одновременно указывают на потенциальные риски, которые они могут генерировать: *1. Природа отходов, 2. Возможности для обезвреживания* (доступность, цели переработки, эффективность и надежность), *3. Технологическая адекватность* (необходимость предварительной обработки, чувствительность и гибкость технологии, ее потенциал в плане модификации), *4. Последующее использование полученного продукта*. Последнее означает, что, если в результате обезвреживания отхода получается другой отход (более безопасный и менее объемный), то обеспечивается ли снижение экологического риска при его доставке и размещении на полигоне по сравнению с исходным отходом, появляются ли возможности использования. Классификация технологий обезвреживания опасных отходов представлена в табл. 3.

Таблица 3 – Классификация технологий обезвреживания отходов

Физико-химические процессы	Нейтрализация (обезвреживание и перевод в химически стабильную форму)
	Обезвоживание
	Извлечение (выпаривание) из почвы
	Промывка почвы
	Адсорбция, в том числе, углем
	Очистка паром
	Сверхкритические потоки жидкости
	Мембранные процессы
	Химическая оксидация (окисление)
Биологические методы	Биовосстановление (биоремедиация) с вывозом и без вывоза
	Биологическая очистка (осаждение)
Технологии стабилизации и отвердения	Макроинкапсуляция (покрытие, заключение в оболочку)
	Микроинкапсуляция
	Стеклование
Термические методы	Инсинерация (сжигание)
	Пиролиз
	Пирометаллургическая обработка
Захоронение	Полигоны и площадки отходов

Установлено, что традиционными технологиями обработки отходов в развитых странах являются, помимо сортировки, рециклинга и использования, такие, как: *1. Сжигание отходов. 2. Реагентная обработка. 3. Размещение обработанных остатков на полигонах*. В России для удаления опасных отходов преобладающим способом остается размещение без предварительной обработки. Термин «размещение» понимается в смысле постоянного нахождения отходов на полигоне без намерения их извлечь и переработать в обозримом будущем.

Выявлено, что при обращении с опасными отходами риски генерируются по следующим причинам: *1. Отсутствует жесткий контроль за составом отходов, подлежащих размещению, в результате чего высока вероятность попадания на полигон опасных веществ*

под видом безопасных; 2. Отсутствуют мощности по переработке отходов 1-3 классов опасности, в том числе, жидких (за исключением незагрязненных нефтесодержащих отходов), 3. Имеет место практика размещения отходов в открытых картах, где происходят неустановленные химические процессы с возможным образованием новых опасных соединений; 4. Отсутствуют очистные сооружения сточных вод на подавляющем большинстве полигонов, что является мощнейшим фактором загрязнения окружающей среды, 5. Отсутствует гидроизоляция карт размещения отходов. 6. Практикуется размещение большинства накопленных на настоящее время отходов в «шламонакопителях», «шламохранилищах» и «отвалах», а также на территориях промышленных предприятий.

Определено, что наряду с традиционными разработаны и отчасти применяются на практике альтернативные технологические решения для удаления опасных отходов. К ним можно отнести: 1. плазменную утилизацию, 2. пиролиз, 3. отверждение (экобетонирование), 4. гидролиз белковосодержащих отходов, 5. создание мини-полигонов отходов. Снижение известных рисков, очевидно, достигается только в некоторых альтернативных технологических решениях, на основе чего и необходимо принимать решение по внедрению той или иной технологии.

Показано, что в последние годы в управлении движением опасных отходов за рубежом и в РФ активно внедряются логистические и модельные подходы к управлению движением опасных отходов. Установлено, что за рубежом уже применяется на практике и продолжает совершенствоваться риск-менеджмент в сфере опасных отходов. Подобные работы активно проводятся в странах Западной Европы, США, Индии, Мексике, Турции и др. странах. Декларируемая при этом цель состоит в том, чтобы обеспечить безопасный, эффективный и экономичный сбор, транспортировку, обработку и удаление отходов, поддерживая при этом все имеющиеся риски на приемлемом уровне. Достижение этой цели предполагается осуществить путем оптимального расположения центров обработки/уничтожения опасных отходов совместно с оптимальной стратегией транспортировки этих отходов (расчета маршрутов с учетом транспортных рисков и транспортных расходов).

В результате выполненного во второй главе рассмотрения:

- определены возможные технологии обезвреживания опасных промышленных отходов, которые могут использоваться на полигоне «Красный Бор»;
- выявлены перспективные для полигона методы моделирования и прогнозирования геоситуации (экспертные оценки, логистические описания, логико-вероятностные методы, теория рисков и т.д.), в их числе наиболее перспективным определен рискологический подход;
- установлены источники генерации экологических рисков при переработке и размещении опасных промышленных отходов, что позволяет определить направления разработки методических рекомендаций по снижению этих рисков.

В третьей главе представлена модель полигона «Красный Бор» и критерии обеспечения ее устойчивого функционирования. Предложенная модель - «геотехническая система» - представляет собой совокупность природных и искусственно созданных элементов, технических сооружений, находящихся в тесной взаимосвязи и взаимозависимости за счет обмена веществом, энергией и информацией. При этом сама геотехническая система может функционировать, регулироваться, организовываться, очищаться и воспроизводиться только потому, что существует внешнее управление.

Принципиальная схема взаимодействия геотехнической системы с окружающей средой представлена на рис. 3.

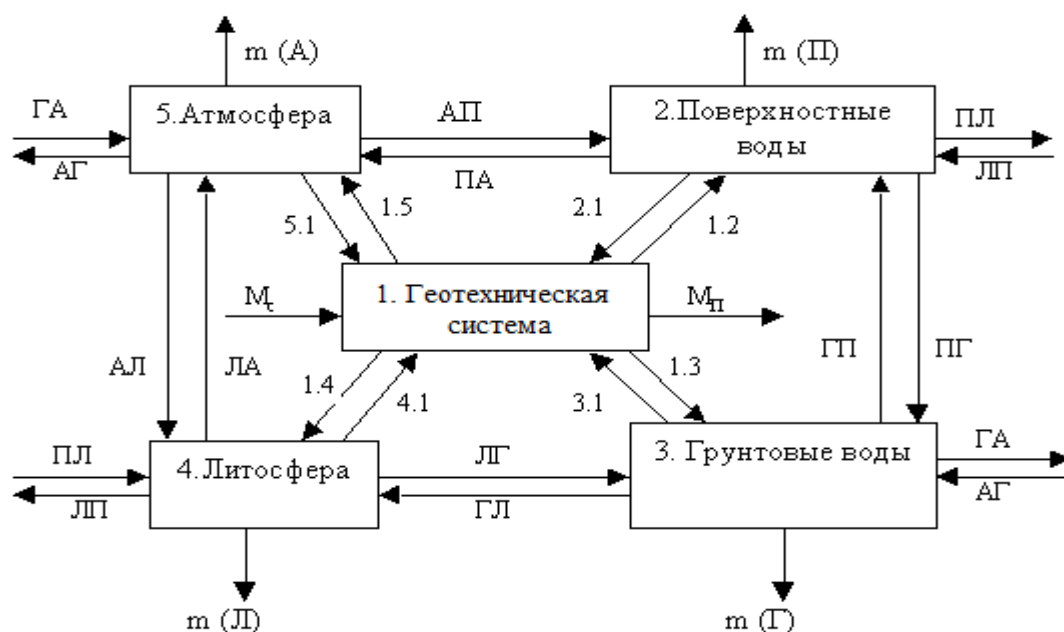


Рисунок 3 – Геотехническая система «предприятие - окружающая среда»

Центростремительные потоки в системе представляют собой отходы (M_c) и местные природные ресурсы, потребляемые предприятием (земля – 4.1, вода из поверхностных источников – 2.1 и из подземных источников – 3.1, воздух – 5.1). Центробежные потоки – (M_n) - отходы производства, поступающие в поверхностные – 1.2 и грунтовые – 1.3 воды, в почву – 1.4 и в атмосферу – 1.5. Эти отходы мигрируют в природной среде за счет взаимных обменных потоков (обозначены буквами), аккумулируются – m_A , m_{II} , m_I , m_L в соответствующих компонентах ОС и трансформируются при протекании химических реакций.

Далее в третьей главе как метод исследования представлен рискологический подход. Рискологический подход применяет инструмент риска и является разновидностью междисциплинарного подхода. При этом риск трактуется как интегральный показатель, величина которого пропорциональна вероятности того, что то или иное вещество или ситуация под действием внутренних или внешних факторов перейдут в категорию опасных. Экологический риск - вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера. Для количественных расчетов применяется формула:

$R = W * S$, где R – риск, W – вероятность реализации события, S - магнитуда ущерба.

В рискологическом подходе используется ряд терминов. Отметим три из них: **Анализ риска** — процедуры определения и оценки опасностей источников риска; систематическое использование информации для выявления опасности количественной оценки риска. **Главный риск** – риск, имеющий наибольшую значимость среди существующих рисков, а также наибольшую величину при предварительной скрининговой оценке. **Рискогенность** – если объект, субъект, феномен, процесс или ситуация могут стать источниками возникновения риска, то имеет смысл говорить об их рискогенности.

Последовательность шагов по анализу рисков в сфере обращения с опасными отходами может меняться в силу их взаимосвязанности, существования между ними обратных связей. Доминирующей в этом вопросе точкой зрения на Западе на сегодняшний день является мысль о том, что необходимо использование стандартных методов и процедур в сочетании с предположениями,

основанными на здравом смысле. В противном случае попытки получения максимально строгих количественных оценок могут привести к привлечению избыточного объема разнофакторных данных, что парализует процесс принятия решений в силу чрезмерного числа вариантов.

На основании вышесказанного при отборе и обосновании методов оценки рисков применительно к геотехнической системе «Красный Бор» были выделены в качестве приемлемых для использования на практике следующие три метода: 1. Статистический метод, 2. Метод экспертных оценок и 3. Метод матриц риска.

Метод экспертных оценок содержит три группы - индивидуальные, коллективные и комбинированные, что открывает возможность применения метода в условиях неполноты информации или при выявлении того уровня риска, который не имеет аналогов. В данном подходе экологический риск рассчитывается как чистая текущая стоимость потерь, обусловленных устранением влияния на окружающую среду со стороны возможных аварий.

Метод матриц риска - показывает зависимость уровня (категории) риска от соотношения вероятности события и тяжести его последствий. При помощи этого метода можно получать оценки, весьма информативные и ценные с точки зрения их практического применения.

Так как для оценки риска на качественном и количественном уровнях необходимо введение измерительных шкал, для нашего исследования выделена т.н. *номинальная шкала измерений*, в которой качественные и количественные оценки связаны между собой таблицей взаимоотношений, устанавливаемой экспертами.

Далее в главе 3 исследуется генезис, структура и особенности основных источников риска возникновения возможных аварийных ситуаций на полигоне, которые могут привести к попаданию загрязняющих веществ в окружающую среду. Установлено, что риски катастрофического ухудшения качества вод рек Ижора и Тосна, а также ухудшения качества вод в р.Нева порождаются только рисками возникновения аварийных ситуаций на полигоне и не обусловлены его штатным функционированием. Для подтверждения этого факта нами была проведена проверка и новый расчет математической модели, ранее предложенной РРГМУ и Институтом озероведения РАН, позволяющей рассчитывать изменения концентрации примеси в разветвленной гидрографической сети при условии залпового сброса загрязняющих веществ в одном из ее верхних звеньев.

Для каждого из звеньев гидрографической сети расчеты выполнялись с использованием уравнения баланса примеси в водотоке:

$$S_c Q_c + S_e Q_e = S_n (Q_c + Q_e),$$

где Q_e – расход воды в потоке выше места сброса сточных вод ($\text{м}^3/\text{с}$);

S_e – концентрация примеси в потоке выше места сброса сточных вод ($\text{мг}/\text{м}^3$);

Q_c и S_c – расход примеси ($\text{м}^3/\text{с}$) и концентрация ($\text{мг}/\text{м}^3$) того же вещества в сточных водах;

S_n – средняя концентрация вещества в створе ($\text{мг}/\text{м}^3$).

Концентрация примеси в створе рассчитывается следующим образом:

$$S_n = ((S_c Q_c + S_e Q_e) / (Q_c + Q_e)) \exp(Kn X / V),$$

Где X - расстояние от места выпуска до контрольного створа (м);

V – средняя скорость течения на контрольном участке реки (м/с);

Kn – коэффициент неконсервативности (1/с), связанный со значением скорости распада.

Расположение расчетных створов при расчете показано на рис.4.

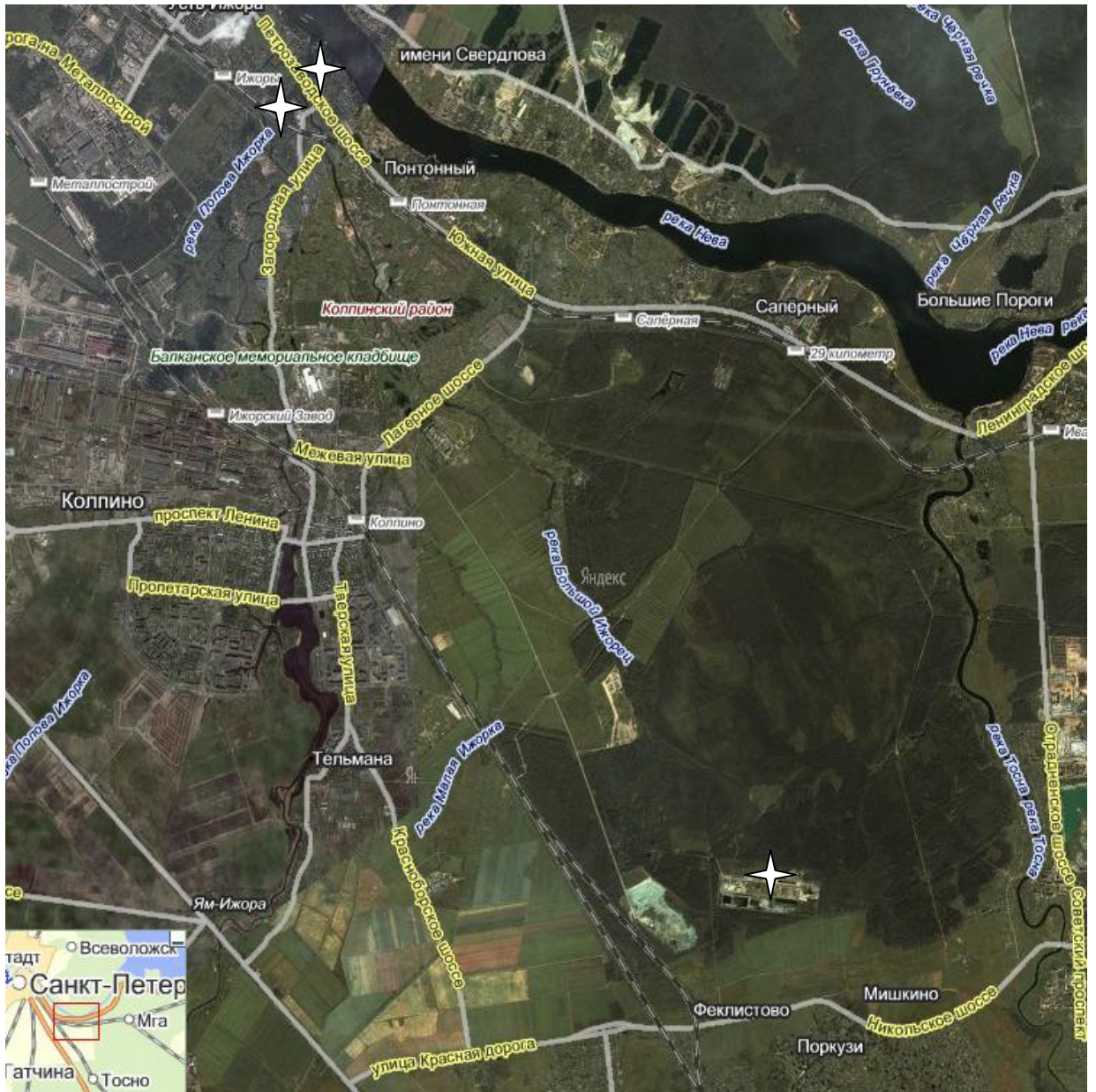


Рисунок 4 – Расчетные створы при расчете максимальной возможной концентрации загрязняющих веществ в речной системе

Рассмотрено наихудшее развитие ситуации, предусматривающее перелив объем сброса около 16 000 м³. Предполагаемое время аварии – период весеннего половодья. Как следует из полученных результатов, в среднем и нижнем течении р. Невы содержание загрязняющих веществ, поступивших с полигона, останется в пределах ПДКр.х.в. и составит не более нескольких процентов от фонового даже при реализации указанных наихудших сценарных условий и консервативности примесей, табл.4.

Таблица 4 - Вклад некоторых загрязняющих веществ в состав воды Невской губы при аварийном сбросе с полигона «Красный Бор» при заданных сценарных условиях

Ингредиенты	Концентрация, мг/л
Нефтепродукты	0,016
Взвешенные вещества	0,031
СПАВ	0,001
Аммоний	0,06
Хром общий	0.0008
Медь	Ниже порога обнаружения
Кадмий	Ниже порога обнаружения
Свинец	Ниже порога обнаружения
Ртуть	Ниже порога обнаружения

Иначе говоря, распространение аварийных выбросов с полигона «Красный Бор» в акваторию Финского залива в концентрациях, превышающих ПДК, крайне маловероятно.

Таким образом, построена модель рассматриваемого объекта, выявлены основные источники риска возникновения аварийных ситуаций на объекте. Определен рискологический подход как метод исследования объекта и выбраны методы оценки рисков полигона «Красный Бор» для использования на практике.

В четвертой главе при моделировании сценариев аварийных ситуаций (АС) в качестве базовых были приняты сценарии, отраженные в табл. 5.

При этом было учтено, что развитие АС может быть классифицировано по двум основным направлениям: 1. Залповые выбросы, 2. Продолжительное воздействие.

Для каждого сценария была выполнена численная оценка рисков двумя методами (формализации экспертных заключений и методом стандартной матрицы). При этом для первого метода величина риска рассчитывалась по формуле: $R = K_1 \times K_2 \times W \times S$, где

R – риск, W – вероятность реализации события, S – магнитуда ущерба, K₁, K₂ – корректирующие коэффициенты.

При этом вероятность события считалась по частоте его проявления W, табл.6. В таблицах 7а – 7в представлены численные значения корректирующих коэффициентов K₁ и K₂ и магнитуды последствий S.

Таблица 5 – Типы аварийных ситуаций

№ сценария и риска R _i	Тип аварийной ситуации
Действующие риски	
1(R ₁)	Отказ дамб обвалования карт размещения отходов (перелив, разрушение тела дамбы)

2(R ₂)	Нарушение герметичности подземного глиняного массива вследствие неотектонических явлений
3(R ₃)	Фильтрация загрязненных сточных вод посредством водоотводных каналов и через приповерхностный почвенный слой в окружающую среду
4(R ₄)	Атмосферный перенос от объектов обращения с отходами (карты и УТО)
5(R ₅)	Возникновение возгорания на карте размещения отходов
6(R ₆)	Аварии при транспортировке отходов на полигон и их размещении в карты-котлованы
7(R ₇)	Выброс загрязняющих веществ в результате экстремальных природных явлений (смерчи, ураганы, землетрясения) или событий техногенного характера (падение самолета, террористический акт)
Новые риски, возникающие при строительстве экспериментального предприятия по переработке отходов и пуске его в эксплуатацию	
8(R ₈)	Аварии при осуществлении процессов переработки отходов
9(R ₉)	Инциденты на рекультивируемых картах

Таблица 6. Частота проявления АС и присвоенные численные значения (коэффициент принимает значения 1-6)

W	Описание частоты аварийных ситуаций
1	Наступление события маловероятно, или вероятность его наступления составляет не более 10^{-3} - 10^{-2} раз в год (не более 1 раза в 100 лет)
2	Наступление события недостаточно вероятно, или вероятность его наступления составляет 10^{-2} - $2*10^{-2}$ раз в год (не более 1 раза в 50-100 лет)
3	Наступление события вероятно, или вероятность его наступления составляет $2*10^{-2}$ - 10^{-1} раз в год (не более 1 раза в 10-50 лет)
4	Наступление события весьма вероятно, или вероятность его наступления составляет 10^{-1} - $2,5*10^{-1}$ раз в год (не более 1 раза в период 4-10 лет)
5	Наступление события крайне вероятно, или вероятность его наступления составляет $3*10^{-1}$ - 10^0 раз в год (не более 1 раза в 1-3 года)
6	Наступление события неизбежно, или вероятность его наступления составляет 10^0 - 10^1 раз в год (1 и более раз в год)

Таблица 7а — Ранжирование фактора времени воздействия первичного субъекта воздействия на объекты риска (поправочный коэффициент K₁, принимающий значения от 1.1 до 1.7)

(K ₁)	Время воздействия первичного субъекта воздействия на объекты риска
1,1	Воздействие фактора отсутствует
1,2	Воздействие фактора носит импульсный характер (менее 1 часа)
1,3	Воздействие фактора мало (1-12 часов)
1,4	Воздействие фактора небольшой продолжительности (12-24 часа)
1,5	Воздействие фактора средней продолжительности (24-96 часов)
1,6	Воздействие фактора очень продолжительное (5-30 дней)
1,7	Воздействие фактора крайне продолжительное (более 30 дней) или носит постоянный характер

Таблица 7б - Учет фактора сезонного распределения опасных явлений и процессов (поправочный коэффициент K_2 , принимающий значения от 1.1 до 1.4)

K_2	Характеристика степени влияния сезона на динамику АС
1,1	Сезонные условия незначительно влияют или не влияют на ход аварийной ситуации
1,2	Сезонные условия могут частично осложнить течение АС
1,3	Сезонные условия могут значительно осложнить течение АС
1,4	Сезонные условия вкупе с наиболее уязвимым периодом года могут непредсказуемо осложнить течение АС

Таблица 7в - Фактор оценки последствий катастрофичности события (магнитуда S , шкала 1-5)

Магнитуда S	Описание последствий произошедшего события в зависимости от магнитуды
1	Последствия незначительные, могут быть устранены силами управляющей организации полигона в пределах текущих затрат в срок до 1 мес.
2	Последствия ограниченные, могут быть устранены за счет внутренних резервов управляющей компании полигона или привлечения заемных средств. Затраты на устранение последствий не приведут к банкротству управляющей компании. Срок устранения последствий – до 1 года
3	Последствия значительные, имеются негативные последствия для здоровья значительных групп населения. Устранение последствий силами управляющей компании полигона невозможно, требуется финансовое участие властей на региональном уровне. Срок устранения последствий – до 3 лет.
4	Крупный ущерб, для устранения последствий требуется поддержка федерального центра или международных организаций. Срок устранения последствий – 3 года и более.
5	Неустранимый ущерб, последствия могут быть минимизированы в течение длительного срока

При таком способе подсчета риска его численные значения лежат в интервале 1 – 72. Далее в таблице 8 приведены соотношения, поясняющие связь между психолингвистическими операторами и присвоенными им количественными мерами.

Таблица 8 - Пояснения к уровням риска

Уровень (категория) риска	Величина риска
Очень низкий риск	Менее 10
Низкий риск (приемлемый)	10-20
Средний риск	20-30
Высокий риск	30-40
Очень высокий риск	Свыше 40

Таблица 9 содержит итог выполненных расчетов.

Таблица 9 – Сценарии, оценка риска и необходимые мероприятия

№ сценария и риск	Сценарии	Параметры R	Уровень риска	Действия
1 (R1)	Отказ дамб обвалования карт размещения отходов (перелив, разрушение тела дамбы)	$W = 4$ $K_1 = 1,2$ $K_2 = 1,4$ $S = 4$ $R_1 = 27$	Средний	В рамках перспективной деятельности предприятия осуществляется планирование мероприятий для снижения риска с резервированием специального бюджета

2 (R2)	Нарушение герметичности подземного глиняного массива вследствие неотектонических явлений	W = 2 K ₁ = 1,5 K ₂ = 1,1 S = 4 R ₂ = 13	Низкий	Проведение специальных мероприятий в данный момент не требуется, риском можно пренебречь до получения данных, свидетельствующих о повышении риска
3 (R3)	Фильтрация загрязненных сточных вод в окружающую среду	W = 6 K ₁ = 1,7 K ₂ = 1,3 S = 4 R ₃ = 53	Очень высокий	Требуется разработка и выполнение специального крупномасштабного плана мероприятий с привлечением сторонних экспертов с привлечением крупных объемов стороннего финансирования
4 (R4)	Атмосферный перенос от объектов обращения с отходами (карты и УТО)	W = 6 K ₁ = 1,4 K ₂ = 1,2 S = 3 R ₄ = 30	Высокий	Требуется разработка и выполнение перечня специальных мероприятий для снижения риска с привлечением дополнительного финансирования из внутренних или внешних источников
5 (R5)	Возникновение возгорания на карте размещения отходов	W = 4 K ₁ = 1,3 K ₂ = 1,2 S = 3 R ₅ = 19	Низкий	Проведение специальных мероприятий в данный момент не требуется, риском можно пренебречь до получения данных, свидетельствующих о повышении риска
6 (R6)	Аварии при транспортировке отходов на полигон и их размещении	W = 4 K ₁ = 1,2 K ₂ = 1,3 S = 1 R ₆ = 6	Очень низкий	Проведение специальных мероприятий не требуется
7 (R7)	Выброс ЗВ в результате экстремальных природных явлений или событий техногенного характера	W = 1 K ₁ = 1,2 K ₂ = 1,3 S = 3 R ₇ = 5	Очень низкий	Проведение специальных мероприятий не требуется
8 (R8)	Аварии при осуществлении процессов переработки отходов	W = 2 K ₁ = 1,3 K ₂ = 1,1 S = 3 R ₈ = 9	Очень низкий	Проведение специальных мероприятий не требуется
9 (R9)	Инциденты на рекультивируемых картах	W = 3 K ₁ = 1,6 K ₂ = 1,2 S = 2 R ₉ = 12	Низкий	Проведение специальных мероприятий в данный момент не требуется, риском можно пренебречь до получения данных, свидетельствующих о повышении риска

Анализ показывает, что наиболее опасными по уровню социальных и экологических

последствий опасных ситуаций являются сценарии, связанные с фильтрацией содержимого карткотлованов в окружающую среду, причем опасность представляют как действующие, так и старые засыпанные карты. Также высокий интегральный риск имеет сценарий с загрязнением атмосферного воздуха сооружениями полигона.

Для реализации принципа конструктивизма (возможности сопоставления полученных результатов с результатами, полученными другими методами) была проведена оценка рисков R_1 - R_9 с помощью «стандартной» матрицы рисков, табл. 10.

Таблица 10 - Величины риска по отдельным сценариям и выражения его уровня в количественных показателях в методе «стандартной» матрицы

№ Риска	Вероятность	Последствия	Величина риска	Уровень риска	Что надо делать
1	3	3	9	Средний	Требуется соответствующий мониторинг и выполнение специальных процедур и требований
2	1	5	5	Средний	Требуется соответствующий мониторинг и выполнение специальных процедур и требований
3	5	4	20	Высокий	Требуется незамедлительные действия
4	5	3	15	Очень высокий	Требуется незамедлительные действия
5	3	3	9	Средний	Требуется соответствующий мониторинг и выполнение специальных процедур и требований
6	3	1	3	Очень низкий	Выполнение текущих процедур
7	1	4	4	Низкий	Выполнение специфических процедур ответственным исполнителем
8	2	3	6	Низкий	Выполнение специфических процедур ответственным исполнителем
9	4	1	4	Низкий	Выполнение специфических процедур ответственным исполнителем

Сравнение результатов, полученных разными методами, показывает их неплохую корреляцию. И в том, и в другом случае оценки риска проводились в так называемой номинальной линейной шкале. Это значит, что шкале (1 – 72) можно сопоставить шкалу (1 – 25), умноженную приблизительно на 3.

Далее в работе представлена разработанная автором схема оценки и управления рисками аварийных ситуаций на полигоне «Красный Бор». Предварительно были проанализированы и обсуждены возможные подходы к созданию такой схемы. После обсуждения структуры и свойств системы показателей, входящих в схему, были сформулированы исходные положения и принципы построения схемы.

При этом в качестве итогового варианта был принят комплексный подход к проблеме оценки и управления рисками, использующий одновременно видение проблемы управления рисками в виде синтеза четырех позиций, в каждой из которых управление рассматривается как: а) управление как функция; б) управление как процесс; в) управление как динамическая конфигурация отношений; г) управление как оптимизация процесса принятия решений.

Такой комплексный подход позволяет построить в существующем юридическом поле в РФ жизнеспособную систему оценки и управления рисками на полигоне “Красный Бор”, рис.5.

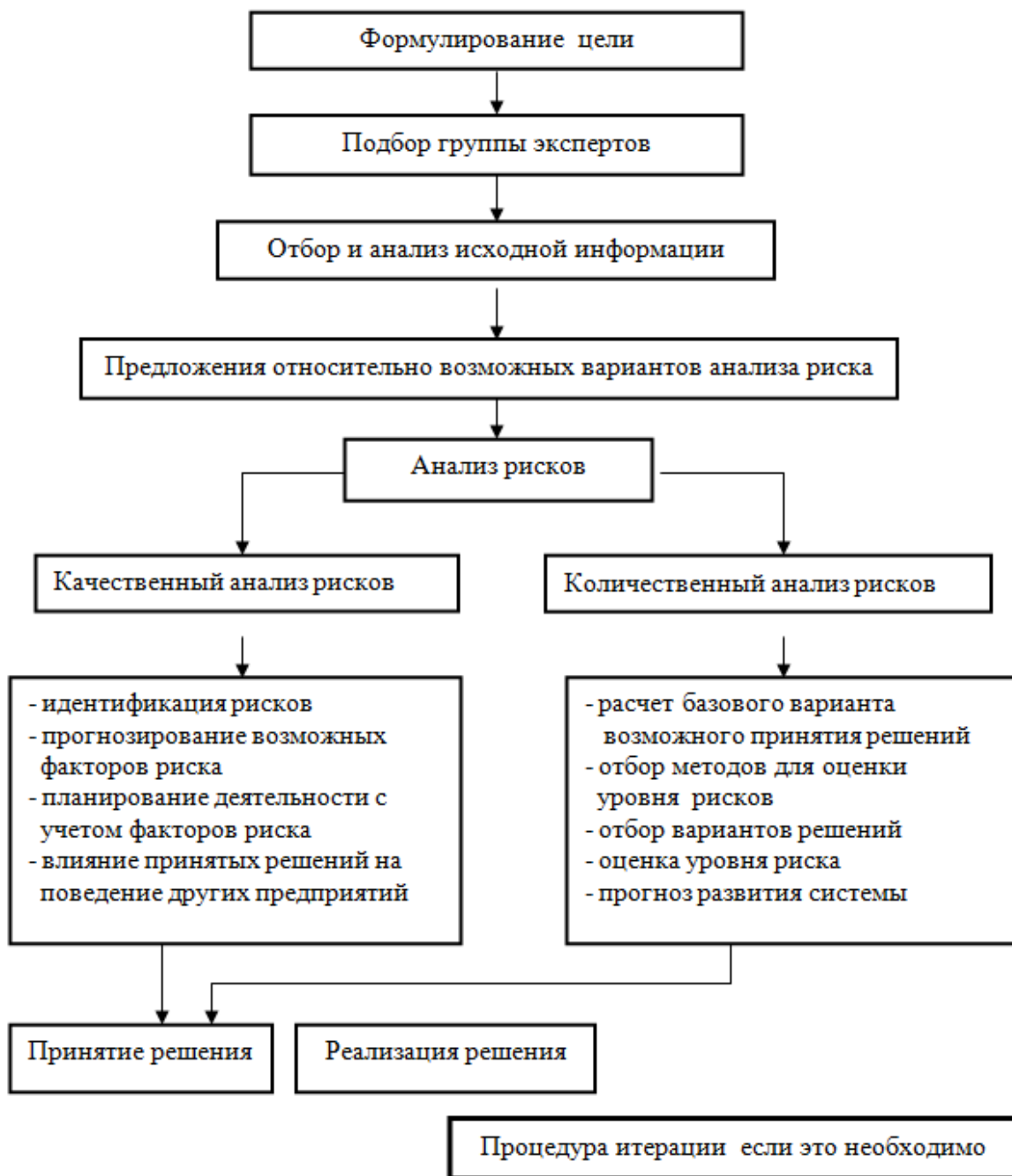


Рисунок 5 - Схема оценки и управления рисками АС

Предлагаемая схема управления рисками АС скоррелирована с методами оценки риска, приведенными выше, и имеет преимущества по сравнению с существующими, так как позволяет:

а) выявить, идентифицировать и оценить риски, генерируемые не только всей совокупностью процессов на полигоне и прилегающей территории, но и каждым из них в

отдельности, в том числе скрытые и отложенные риски;

б) получить более точные и более полные знания о состоянии полигона и прилегающей территории;

в) повысить объективность оценки качества окружающей среды;

г) оценить мероприятия, направленные на повышение надежности экологически безопасного функционирования полигона с позиций их эффективности;

д) принять научно-обоснованное наиболее эффективное и наименее затратное управленческое решение.

Далее в гл. 4 изложены авторские методические рекомендации по управлению рисками возникновения АС на полигоне «Красный Бор», включающие:

1. *Рекомендации для оптимизации обращения с опасными отходами*

2. *Рекомендации для управления рисками АС на полигоне «Красный Бор».*

Цель разработки рекомендаций - предложить набор действий и мер, которые призваны (поэтапно):

- на краткосрочном этапе (1-3 года) - исключить или значительно снизить вероятность реализации сценариев возможных аварийных ситуаций, разработанных для полигона «Красный Бор»,

- на средне- и долгосрочном этапе (более 3 лет) - обеспечить такое развитие данной территории, чтобы экологические риски его функционирования (существования) были снижены до уровня, не превышающего приемлемого (фоновое) для данного района.

В этой связи особое внимание должно быть уделено разработке комплексного плана действий, в котором должно быть предусмотрено не только снижение риска отдельных сценариев АС, но минимизация рисков всех имеющихся типов АС.

Предлагаемые меры должны включать, как минимум, следующие положения, табл. 11.

Таблица 11 - Меры по снижению рисков АС на полигоне «Красный Бор»

Первоочередные (текущие) меры	Долгосрочные (стратегические) меры
Сценарий аварийной ситуации № 1 - Отказ дамб обвалования карт	
<u>Меры по снижению негативного эффекта:</u> 1. Создание (проектирование и строительство) установок по переработке содержимого карт-котлованов для снижения их уровня не менее чем на 5 м от действующего уровня	Реконструкция или ликвидация карт в соответствии с принятым долгосрочным комплексным планом развития
2. Поддержание дамб карт-котлованов в рабочем состоянии с ежегодным профилактическим обследованием	
<u>Реализация аварийной ситуации:</u> Изоляция обводного канала от магистрального (закрытие запорного устройства на входе в магистральный канал), сбор загрязненной воды и возврат ее в карту	
Сценарий №2 - Нарушение герметичности подземного глиняного массива	
<u>Меры по предотвращению или снижению негативного эффекта:</u> нет	Реконструкция или ликвидация карт в соответствии с принятым долгосрочным комплексным планом развития

Сценарий №3 - Фильтрация загрязненных сточных вод	
<u>Меры по снижению негативного эффекта:</u> Раздельное отведение слабозагрязненных ливневых сточных вод с окраинных частей территории от высокозагрязненных вод с внутренней части территории полигона	1. Реконструкция, строительство и запуск построенной системы сбора и очистки ливневых сточных вод в рамках комплексного плана 2. После ликвидации источников аварийной ситуации рекультивация почв, удаление загрязненных донных отложений в магистральном канале.
Сценарий №4 - Атмосферный перенос от объектов обращения с отходами	
<u>Меры по снижению негативного эффекта:</u> Закрытие поверхности карт № 64 и 68 специальными материалами малого веса и большого объема	Ликвидация карт и УТО в рамках долгосрочного комплексного плана развития
Сценарий №5 - Возникновение возгорания на карте размещения отходов	
<u>Меры по предотвращению негативного эффекта:</u> Обеспечение входного контроля и проверки соответствия состава поступающих отходов, соблюдение техники безопасности и технологических регламентов предприятия	Реконструкция или ликвидация карт в соответствии с принятым долгосрочным комплексным планом развития
<u>Реализация аварийной ситуации:</u> Обеспечение работы автономной установки ранней ликвидации возникших возгораний с применением спец. средств тушения	
Сценарий №6 - Аварии при транспортировке и размещении отходов	
<u>Меры по предотвращению или минимизации негативного эффекта:</u> Штатный контроль безопасности транспортных средств	Внедрение безопасной упаковки, минимизирующей риски дорожных инцидентов с загрязнением окружающей среды
<u>Реализация аварийной ситуации:</u> Рекультивация пострадавшего участка	
Сценарий №7 - Выброс загрязняющих веществ в результате экстремальных природных явлений или событий техногенного характера	
<u>Меры по предотвращению или снижению негативного эффекта:</u> Нет	Реконструкция или ликвидация карт в соответствии с принятым долгосрочным комплексным планом развития
<u>Реализация аварийной ситуации:</u> Рекультивация пострадавших территорий	
Сценарий №8 - Аварии при осуществлении процессов переработки отходов	
Соблюдение техники безопасности и технологических регламентов предприятия, обеспечение строгого контроля поступающих на переработку отходов	Внедрение современных экологически безопасных технологий переработки отходов по принципу НСТ

Сценарий №9 – Инциденты на рекультивируемых картах	
<u>Меры по предотвращению или снижению негативного эффекта:</u> нет	Сооружение противofильтрационного экрана на всей территории полигона в рамках долгосрочного комплексного плана развития
<u>Реализация аварийной ситуации:</u> Подсыпка пористыми инертными материалами	

Практическая реализация комплексного плана действий потребует, в первую очередь, принятия стратегического решения о направлениях развития полигона. В этой работе необходимо участие не только представителей Санкт-Петербурга, но и Ленинградской области и федеральных органов власти. Возможны следующие варианты развития событий:

- 1) Продолжение деятельности полигона как локального центра приема опасных отходов.
- 2) Развитие полигона как межрегионального центра переработки отходов.
- 3) Закрытие и рекультивация полигона.

Таким образом, разработаны сценарии возможных аварийных ситуаций на полигоне, выполнена численная оценка рисков реализации аварийных ситуаций двумя методами, которая показала хорошую сходимость результатов. Разработана схема оценки и управления рисками, а также разработаны методические рекомендации, призванные значительно снизить или исключить вероятность реализации сценариев аварийных ситуаций, разработанных для полигона «Красный Бор».

Основные выводы по работе сводятся к следующему:

1. Загрязнение Финского залива от полигона «Красный Бор» при работе полигона в штатном режиме не зафиксировано имеющимися приборно-аппаратными средствами.

При максимальном аварийном сбросе содержимого карт полигона «Красный Бор» вклад загрязняющих веществ в состав воды в Невской губе будет во много раз ниже ПДК, что подтверждается также результатами расчета максимальной возможной концентрации в речной системе р. Б. Ижорец (Б.Ижорка) – р. Ижора – р. Нева.

2. Поверхностные воды территории, прилегающей к полигону, в особенности, р. Ижора и ее притоки, испытывают негативное влияние его деятельности. Отмечено наличие пятен химического загрязнения территории полигона, а также территорий в пределах действующей санитарно-защитной зоны полигона на удалении до 500 м. Однако имеющиеся результаты исследований качества воды на выходе с полигона имеют плохую сходимость, что не позволяют полностью устранить неопределенность в вопросе степени загрязнения полигоном поверхностных водных объектов,

3. Риск формирования аварийной паводковой ситуации генерируют экстремумы осадков (более 100 мм за 2 – 4 суток) и поверхностный сток, образующийся непосредственно внутри контура полигона. Начало наиболее угрожаемого периода – время перехода от отрицательных к положительным температурам - наблюдается с 15 по 28 марта. Месячная норма осадков в марте составляет 39 мм, однако высока вероятность выпадения экстремально большого количества осадков (более 200% от нормы), что может вносить дополнительный вклад в интенсивность паводковой ситуации.

4. В России рискологические подходы к сфере обращения с опасными отходами пока не получили должного признания, тогда как за рубежом проблема минимизации рисков при обращении с опасными отходами является центральной. В России практически не развиваются технологии обращения с опасными отходами на основе экологизации производства, а модельным и логистическим подходам уделяется незначительное внимание.

5. Адекватной моделью полигона «Красный Бор» является модель геотехнической системы, отражающая основные особенности реального объекта. Наиболее эффективным способом исследования этой модели является рискологический подход. При этом в единой связке целесообразно одновременное рассмотрение, как вопросов оценки риска, так и управления ими. Для оценки риска целесообразно использовать статистические методы, методы экспертной оценки и метод матриц риска. В этой связи оценка риска возникновения аварийных ситуаций возможна на уровне расчета частоты нежелательных событий и балльных оценок, что представляется достаточным для практических целей.

6. Наиболее опасными по уровню социальных и экологических последствий аварийных ситуаций являются сценарии их возникновения и динамики, связанные с фильтрацией содержимого карт-котлованов в окружающую среду (сценарии 3 и 1), причем опасность представляют как действующие, так и старые засыпанные карты. Также высокий интегральный риск имеют сценарии с загрязнением атмосферного воздуха сооружениями полигона и при возникновении возгораний (сценарии 4 и 5).

7. Разработанные с учетом привязки к географическим особенностям территории полигона сценарии развития аварийных ситуаций показали, что для снижения экологических рисков функционирования полигона «Красный Бор» необходимо внедрение следующих технологий: 1. реагентная обработка неорганических отходов и отходов 1-го класса опасности, 2. экобетонирование, 3. термическое обезвреживание органических отходов в формате универсальной мини-установки.

Одновременно на примере полигона «Красный Бор» и на основе анализа имеющихся технологий обращения с отходами сделан вывод о том, что «экологические издержки», обусловленные необходимостью поддержания приемлемого уровня экологической безопасности, становятся критическими только при строительстве крупных объектов переработки и размещения отходов. Строительство менее емких, но и значительно менее затратных объектов в целом ряде случаев может быть вполне оправданно.

8. Разработанные предложения и методические рекомендации по повышению эффективности всех аспектов деятельности органов управления, ответственных за функционирование полигона, как показала практика, способствуют улучшению и обогащению методического обеспечения экологически безопасного функционирования полигона «Красный Бор».

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

- 1) Марова А.В. «Концепция обеспечения безопасного функционирования особого объекта в условиях нестабильной внешней среды» // Экология урбанизированных территорий, №1, 2010. С.63-72.
- 2) Марова А.В. «Базовые элементы и конфигурация схемы управления рисками ЧС на полигоне «Красный Бор» » // Экология урбанизированных территорий, №1, 2011. С.71-77.
- 3) Марова А.В. «Технология рискологического подхода в сфере обращения с опасными отходами» // Ученые записки РГГМУ, № 18, 2011. С. 83-89.
- 4) Березин И.К., Чусов А.Н., Марова А.В. «О результатах реализации международного проекта программы LIFE «Разработка плана природоохранных мероприятий при обращении с муниципальными отходами в Санкт-Петербурге» // Сб. «Материалы встреч международной группы экспертов проекта «Разработка плана природоохранных мероприятий при обращении с муниципальными отходами в Санкт-Петербурге». Под ред. М.П. Федорова: Изд-во Политехн. ун-та, 2006. С.7-15.
- 5) Крупнов О.Р., Березин И.К., Марова А.В. «Проблемные фракции в составе ТКО» // Сб. «Материалы встреч международной группы экспертов проекта «Разработка плана природоохранных мероприятий при обращении с муниципальными отходами в Санкт-Петербурге». Под ред. М.П. Федорова. Изд-во Политехн. ун-та, 2006. С.36-43.
- 6) Марова А.В. «Обращение с отходами в Швеции и Финляндии» // Сб. «Материалы встреч международной группы экспертов проекта «Разработка плана природоохранных мероприятий при обращении с муниципальными отходами в Санкт-Петербурге». Под ред. М.П. Федорова: Изд-во Политехн. ун-та, 2006. С.64-73.
- 7) Марова А.В., Чусов А.Н., Негуляева Е.Ю. «Природоохранные технологии на полигонах ТБО» // Научно-практический журнал «Твердые бытовые отходы». № 3 Март 2007. С.44-51.
- 8) Телицын В.Л., Марова А.В. «Природоохранные аспекты обращения с твердыми коммунальными отходами» // Сб. «Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2006 году». Под ред. Д.А. Голубева, Н.Д. Сорокина, СПб 2007. С. 379-384.
- 9) Телицын В.Л., Марова А.В. «Обеспечение экологической безопасности при работе полигона «Красный Бор» // Сб. «Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2006 году». Под ред. Д.А. Голубева, Н.Д. Сорокина, СПб 2007. С.385-391.
- 10) Телицын В.Л., Марова А.В. «Использование передового европейского опыта обращения с опасными промышленными отходами и рекультивации полигона «Красный Бор» // Сб. «Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2006 году». Под ред. Д.А. Голубева, Н.Д. Сорокина, СПб 2007. С.392-397.
- 11) Телицын В.Л., Марова А.В. «Разработка подходов к санации и новому использованию территорий на примере Конюшенной площади» // Сб. «Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2006 году». Под ред. Д.А. Голубева, Н.Д. Сорокина, СПб 2007. С.370-375.
- 12) Телицын В.Л., Марова А.В., Савватеева О.С., Харламов А.В., Константинова О.В. «Охрана окружающей среды и обеспечение экологической безопасности при обращении с опасными промышленными отходами на полигоне «Красный Бор» // Сб. «Охрана

- окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2008 году». Под ред. Д.А. Голубева, Н.Д. Сорокина, СПб 2009. С.326-333.
- 13) Телицын В.Л., Марова А.В., Крутой Д.М., Купцова Н.М., Константинова О.В., Байков М.Ю. «Рекультивация загрязненных территорий Санкт-Петербурга» // Сб. «Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2008 году». Под ред. Д.А. Голубева, Н.Д. Сорокина, СПб 2009. С.320-325.
- 14) Агуренков А.Л., Климентьев Ю.А., Телицын В.Л., Марова А.В., Крутой Д.М. «Обращение с твердыми коммунальными отходами в Санкт-Петербурге в 2008 году» // Сб. «Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2007 году». Под ред. Д.А. Голубева, Н.Д. Сорокина, СПб 2008 . С.322-330.
- 15) Телицын В.Л., Марова А.В. «Охрана окружающей среды и обеспечение экологической безопасности при обращении с опасными промышленными отходами на полигоне «Красный Бор» // Сб. «Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2007 году». Под ред. Д.А. Голубева, Н.Д. Сорокина, СПб 2008. С.331-337.
- 16) Телицын В.Л., Марова А.В., Крутой Д.М. «Природоохранные технологии рекультивации почво-грунтов биологического типа» // Сб. «Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2007 году». Под ред. Д.А. Голубева, Н.Д. Сорокина, СПб 2008. С.317-321.
- 17) Телицын В.Л., Марова А.В., Крутой Д.М., Колосов В.А., Мыглан В.В., Горький А.В. «Проблема комплексного загрязнения почв Санкт-Петербурга» // Сб. «Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2007 году». Под ред. Д.А. Голубева, Н.Д. Сорокина, СПб 2008. С.305-316.
- 18) Марова А.В. «Вопросы обращения с опасными отходами на территории субъектов Российской Федерации». // Сборник материалов XI Международного экологического форума «День Балтийского моря» СПб: ОО «Макси-Принт», 2010. С. 77-78.