

На правах рукописи



ОЛЬКОВА АННА СЕРГЕЕВНА

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОПТИМИЗАЦИИ
ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПОЧВ РАЙОНА
РАСПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТА УНИЧТОЖЕНИЯ
ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ
(НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТА «МАРАДЫКОВСКИЙ»
В КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ)**

Специальность 25.00.36 - Геоэкология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2009

Работа выполнена на кафедре экологии Вятского государственного
гуманитарного университета (ВятГГУ)

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Ашихмина Тамара Яковлевна

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук, профессор
Зверев Анатолий Тихонович

доктор технических наук
Толстых Алексей Васильевич

Ведущая организация: Вятский государственный университет

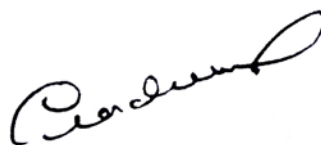
Защита диссертации состоится «21» мая 2009 г., в 10 часов на заседании диссертационного совета Д.212.143.02 в Московском государственном университете геодезии и картографии по адресу: 105064, г. Москва, Гороховский пер., 4, ауд. зал заседаний Ученого Совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского государственного университета геодезии и картографии (МИИГАиК).

Автореферат разослан «14» апреля 2009 г.

Ученый секретарь

Диссертационного совета



С. А. Сладкопезцев

Общая характеристика работы

Актуальность темы. При реализации международных обязательств по ликвидации запасов химического оружия, закрепленных Конвенцией 13 января 1993 года, актуальна проблема выявления и оценки потенциального загрязнения природно-техногенной среды в районах размещения объектов промышленного уничтожения отравляющих веществ.

В Кировской области в 2006 году начал функционировать объект уничтожения химического оружия «Марадыковский». Первые годы его работы выявили потребность совершенствования и оптимизации системы мониторинга природно-техногенной системы в районе расположения предприятия.

Из всех компонентов природно-техногенной среды почва является наиболее уязвимым звеном, испытывающим как химическое, так и механическое антропогенное воздействие. В то же время почва является буферной системой, обеспечивающей устойчивость всего ландшафта в целом. В этой связи усовершенствование мониторинга почв, в частности его научно-методическое сопровождение, картографическое и информационное обеспечение, поиск эффективных технических средств и методов оценки состояния почв, оптимизация программы мониторинга и сети участков наблюдения, является задачей первостепенной важности, решение которой востребовано в условиях функционирования высоко опасного объекта уничтожения химического оружия «Марадыковский» в Кировской области.

Опыт оптимизации мониторинга почв в районе промышленной утилизации токсичных соединений может использоваться в других регионах, где хранится, уничтожается и готовится к уничтожению химическое оружие, а также в местах производства, хранения и утилизации пестицидов и других высокоопасных химических соединений.

Цель работы. Целью данного исследования является разработка технологии оптимизации мониторинга почв в районе действующего объекта промышленного уничтожения химического оружия (на примере объекта «Марадыковский» в Кировской области).

В соответствии с поставленной целью определены задачи работы:

1. Изучение особенностей комплекса объектов хранения и уничтожения химического оружия как источника техногенного загрязнения почв и природно-ландшафтных условий в районе его расположения.
2. Научно-методическое сопровождение геоэкологического мониторинга почв, направленное на выявление эффективных технических средств и методов оценки состояния почвенной природно-техногенной среды.
3. Оценка состояния почв, выявление закономерностей изменения свойств почвы под влиянием техногенных факторов и прогноз их развития с помощью дистанционных, наземных и картографических методов.
4. Разработка технологии оптимизации геоэкологического мониторинга почв.

5. Создание оптимизированной программы геоэкологического мониторинга почв, являющейся элементом управления системой комплексного экологического мониторинга КОХУХО «Марадыковский».

Объект и предмет исследования. Объектом исследования являются почвы на территории санитарно-защитной зоны (СЗЗ) и зоны защитных мероприятий (ЗЗМ) комплекса объектов хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский».

Предмет исследования – разработка технологии оптимизации геоэкологического мониторинга почв в районе КОХУХО «Марадыковский».

Методология и методы исследования. За основу методологии принят системный подход, ориентированный на комплексную оценку объектов исследования. В работе основным был метод мониторинга, характеризующийся комплексностью и включающий наблюдение, оценку, прогноз, то есть эмпирические и теоретические методы, представленные в свою очередь методами оценки состояния и управления природно-техногенными системами, дистанционными методами, методами геоэкологического картирования и моделирования. Полученные данные были обработаны с использованием математических методов, методов теоретического обобщения, систематизации данных и сравнительного анализа. Обоснованность и достоверность полученных результатов подтверждена представительностью проб исследований, использованием стандартных и апробированных методик, воспроизводимостью и сходимостью данных.

Научная новизна диссертационного исследования определяется следующими основными результатами:

1. Комплексно исследовано разнообразие почв СЗЗ КОХУХО «Марадыковский». Разработана и составлена векторная карта-схема почвенного покрова санитарно-защитной зоны объекта, на которой отражены 23 почвенные разности, отличающиеся различной буферной емкостью и устойчивостью к техногенному воздействию.

2. Почвы исследуемой территории в СЗЗ объекта ранжированы по степени устойчивости к антропогенному воздействию. Наиболее устойчивыми к загрязнению являются аллювиальные почвы тяжелого гранулометрического состава. Наиболее уязвимыми к техногенному загрязнению объекта признаны лесные подзолистые почвы легкого гранулометрического состава, которые преобладают в санитарно-защитной зоне объекта «Марадыковский». На основании полученных материалов составлена схематическая карта устойчивости почв.

3. Методами дистанционного мониторинга с использованием материалов многозональной космосъемки района размещения КОХУХО «Марадыковский» выявлена тенденция современного развития растительного покрова и процессов почвообразования, проявляющаяся в смене фитоценозов и формировании соответствующих им почвенных разностей. Комплексирование космической информации с данными полевых и лабораторных исследований позволило разработать тематические картосхемы содержания различных форм фосфора в почвах

ключевых участков территории исследования, а также схематические карты, отражающие основные агрохимические характеристики почв, свидетельствующие об их экологическом статусе.

4. Впервые с помощью методов полевого и лабораторного моделирования изучено воздействие приоритетных поллютантов на типичные почвы района размещения объекта «Марадыковский». Негативное воздействие данных ЗВ заключается в изменении агрохимических свойств почвы, её буферной способности, экотоксикологических характеристик. Выявлены эффективные методы оперативного обнаружения специфического техногенного воздействия.

5. Разработана и апробирована технология оптимизации мониторинга почв, в результате чего создана программа геоэкологического мониторинга почв, являющаяся элементом эффективным управления системой комплексного экологического мониторинга КОХУХО «Марадыковский».

Практическая значимость работы заключается в том, что полученные нами материалы внедряются в практику и позволяют качественно обеспечивать геоэкологический мониторинг почв в районе объекта «Марадыковский», могут быть использованы на других аналогичных объектах уничтожения химического оружия, а также при проведении природоохранных мероприятий в местах хранения и утилизации пришедших в негодность высокотоксичных пестицидов.

Апробация работы. Результаты исследований были доложены и обсуждены на конференции «Актуальные проблемы регионального экологического мониторинга: научный и образовательный аспекты» (г. Киров, 2006 г.), на научно-практической конференции молодежи «Экология родного края – проблемы и пути их решения» (г. Киров: 2006, 2007, 2008 гг.), на научно-практической конференции «Проблемы региональной экологии в условиях устойчивого развития» (г. Киров, 2007 г.), на областной научно-практической конференции, посвященной 85-летию государственной санитарно-эпидемиологической службы Российской Федерации (г. Киров, 2007 г.), на Всероссийской научно-практической конференции «Мониторинг природных экосистем в зонах защитных мероприятий объектов по уничтожению химического оружия» (г. Пенза, 2007 г.), на IV научно-практической конференции «Научно-технические аспекты обеспечения безопасности при уничтожении, хранении и транспортировке химического оружия» (г. Москва, 2008 г.).

Личный вклад автора выразился в разработке схемы исследования, подборе методов для достижения поставленной цели и осуществлении всех следующих этапов работы: анализ литературных источников, выявление особенностей почвенного покрова и его картографирование, ранжирование почв района исследования по степени устойчивости к антропогенному загрязнению, разработка и создание карты-схемы устойчивости почв, проведение исследований в полевых и лабораторных условиях, а также обработка и интерпретация полученных результатов с разработкой в итоге технологии оптимизации геоэкологического мониторинга почв района исследования.

Основные результаты исследований, выносимые на защиту:

1. Оценка состояния почв в районе расположения КОХУХО «Марадыковский» с использованием дистанционных, полевых, лабораторных методов исследования, последующим картографированием почвенного покрова СЗЗ «Марадыковский» и ранжированием его по степени устойчивости к техногенному воздействию.

2. Технология оптимизации мониторинга почв, заключающаяся в пошаговой реализации сформулированных принципов для качественного осуществления наблюдения, оценки и прогноза состояния почв.

3. Оптимизированная программа комплексного геоэкологического мониторинга почв в районе расположения КОХУХО «Марадыковский», включающая научно обоснованные контролируемые параметры, временные и пространственные характеристики (регламент обследования и сеть репрезентативных участков) и выходящую информацию в виде ситуационных тематических карт и прогноза изменения свойств почв под влиянием техногенного воздействия.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 30 научных работ, в том числе 2 работы из списка изданий, рекомендованных ВАК.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав и заключения. Общий объём работы 178 страниц машинописного текста. Диссертация содержит 43 таблицы, 33 рисунка. Список литературы состоит из 132 наименований, в том числе 12 иностранных авторов.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность проблемы, сформулированы цель и задачи исследования, охарактеризована научная новизна, практическая значимость работы и основные результаты исследований, выносимые на защиту.

В первой главе приводится описание комплекса объектов хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский» в Кировской области как потенциально опасного промышленного предприятия и характеристика природно-ландшафтного комплекса в районе его размещения.

Анализ технологического процесса и проектных данных показал, что негативное воздействие объекта «Марадыковский» на почвы будет обусловлено специфическими фосфорсодержащими веществами. Именно их мы будем называть приоритетными загрязнителями.

Высокая способность к аккумуляции поллютантов обусловлена особенностями ландшафта исследуемой территории: элементами водно-ледниковой аккумуляции, гривистой заболоченной поймой, плоско-бугристым рельефом террас, что усиливает необходимость оптимизации мониторинга почв и выявления средств и методов оперативного обнаружения специфического загрязнения района исследования.

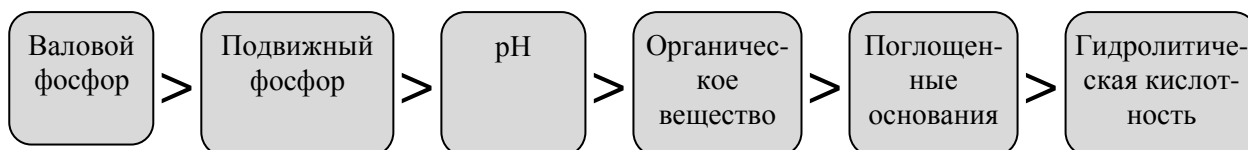
Под районом (территорией) исследования в работе понимается зона защитных мероприятий комплекса объектов хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский», включающая санитарно-защитную зону предприятия.

Вторая глава посвящена объектам и методам исследования. Представлено описание почвенных профилей типичных почв района исследования. Дана характеристика составляющих метода мониторинга: методов дистанционного мониторинга и дешифрирования комсомоснимков территории исследования, технических методов и средств оценки состояния почв, картирования территории с использованием техники геоинформационных систем. Обработка информации проводилась с помощью аналитических, математических, статистических методов.

Третья глава посвящена научно-методическому сопровождению мониторинга и реализации принципа комплексного подхода в оценке состояния почв. Рассмотрены эффективность технических средств, методик оценки загрязнения и токсичности почв, при специфическом техногенном воздействии КОХУХО «Марадыковский». В результате моделирования загрязнения почвы приоритетными загрязнителями (в полевых и лабораторных условиях) и проведенных анализов проб построены ряды информативности контролируемых показателей, на основании которых принималось решение о включении методик выполнения измерений в программу мониторинга состояния почв. Показатель, оказавшийся последним в ряду, в программу не включен.

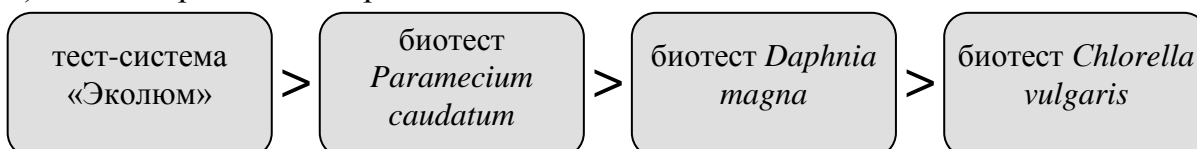
Методы оперативного обнаружения техногенного воздействия были представлены блоками: химико-аналитическим, экотоксикологическим, биоиндикационным.

Для химико-аналитического блока загрязнения почв выявлен такой ряд:

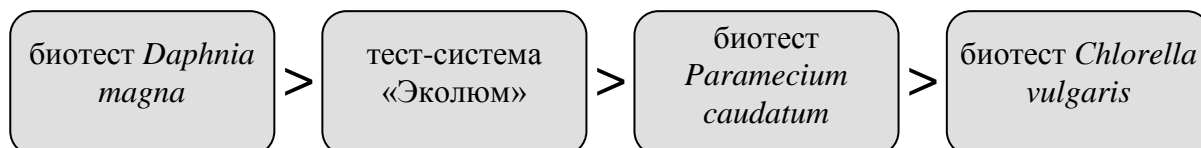


Информативность показателей экотоксикологического блока представлена двумя рядами, так как тест-объекты проявили разную чувствительность к минеральным и органическим токсикантам:

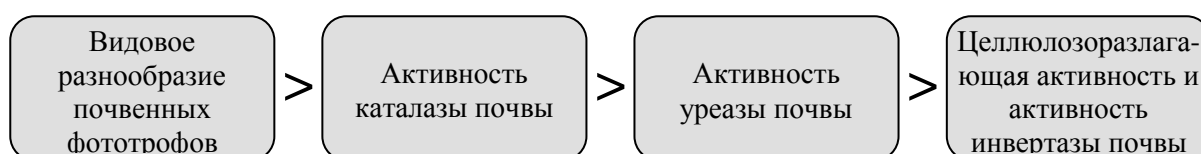
1) для минерального загрязнения почв соблюдается:



2) для органического загрязнения выявлен ряд:



Ряд информативности по биоиндикационному блоку выглядит так:



Обоснованность и достоверность данных о наиболее информативных и эффективных технических средствах и методах гарантируется представительностью проб исследований, воспроизводимостью и сходимостью результатов. Следовательно, выявленные показатели можно включать в программу геоэкологического мониторинга почв при осуществлении технологии её оптимизации.

Четвертая глава посвящена обеспечению геоэкологического мониторинга почв картографическим материалом и внедрению в практику мониторинга почв и растительного покрова дистанционных методов в целях оценки современного состояния природно-техногенной системы района исследования и выявления тенденций её развития. Решаются задачи установления современных границ между различными типами почв территории исследования, оценки устойчивости почв к техногенному воздействию, на основании чего создаются тематические карты-схемы.

Материалом для проведения *дистанционного мониторинга* явилась информация космических снимков территории исследования по состоянию на 2000 и 2007 годы, то есть до строительства объекта и после ввода его в эксплуатацию. Использовались многозональные снимки с сенсора ETM+ космического аппарата Landsat-7, с пространственным разрешением 30 м при ширине полосы обзора 185 км.

Масштаб изменений растительного покрова и, как следствие, трансформацию почвенного покрова определяли при сравнительном анализе космоснимков территории исследования разных лет по следующим этапам:

1. Автоматизированное синтезирование зональных снимков по шести каналам с помощью программы ERDAS Imagine, с использованием которой получено ложноцветное многозональное изображение.

2. Ограничение области интересов (зона защитных мероприятий КОХУХО «Марадыковский») с помощью ERDAS Imagine.

3. Визуальное дешифрирование территории исследования, при котором выделены основные изменения растительного покрова при строительстве объекта: сведение леса под промплощадку объекта, сведение и изменение растительности при планировке местности, зарастание пахотных угодий вследствие изъятия их из землепользования на территории санитарно-защитной зоны (СЗЗ) объекта.

4. Автоматизированное дешифрирование многозональных снимков программными средствами ERDAS Imagine: проведена автономная классификация синтезированных изображений района исследования, в основе которой лежит кластерный анализ. Опытным путем установили, что для района исследования оптимальное количество классов равняется 10. На основе фактических материалов полученным классам были присвоены атрибутивные значения, которые отражены в таблице сигнатур, составленной для двух снимков (табл. 1). Классифицированные снимки представлены на рисунках 1, 2.

5. Для каждого класса объектов определена суммарная площадь, занимаемая им в зоне защитных мероприятий объекта (табл. 2). По полученным данным проведен анализ трансформации почвенно-растительного покрова.

Таблица сигнатур (набор характеристик класса объектов) дешифрованных космических снимков территории исследования

№ п/п	Цвет	Класс объектов
1		Поверхность водоемов
2		Хвойные леса
3		Хвойные леса с примесью лиственных пород
4		Смешанные леса
5		Мелколесье
6		Заросли кустарника
7		Заливные луга и заболоченные территории
8		Суходольные луга
9		Пашни
10		Земли без растительности

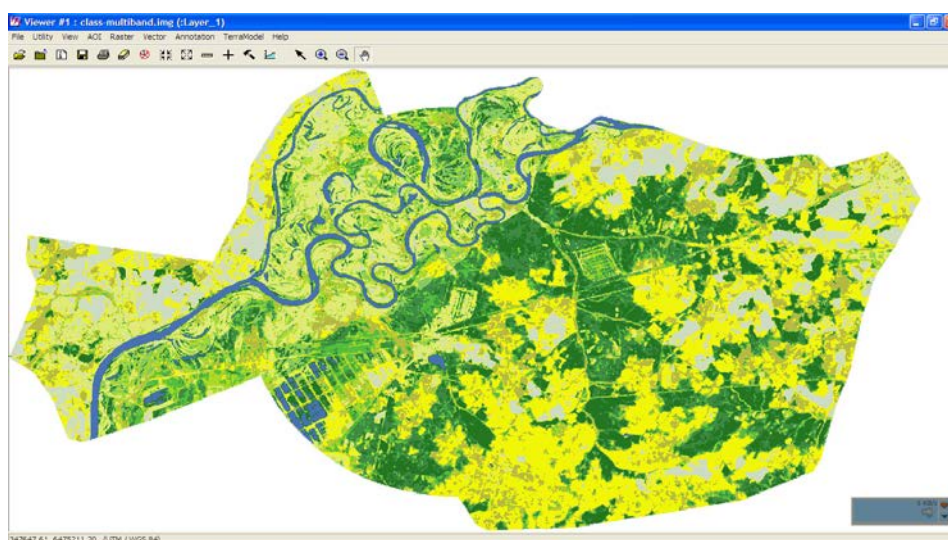


Рис. 1. Результат автоматизированного дешифрирования космоснимка ЗЗМ «Марадыковский», 2000 г. (до строительства объекта). М: 1 : 200 000

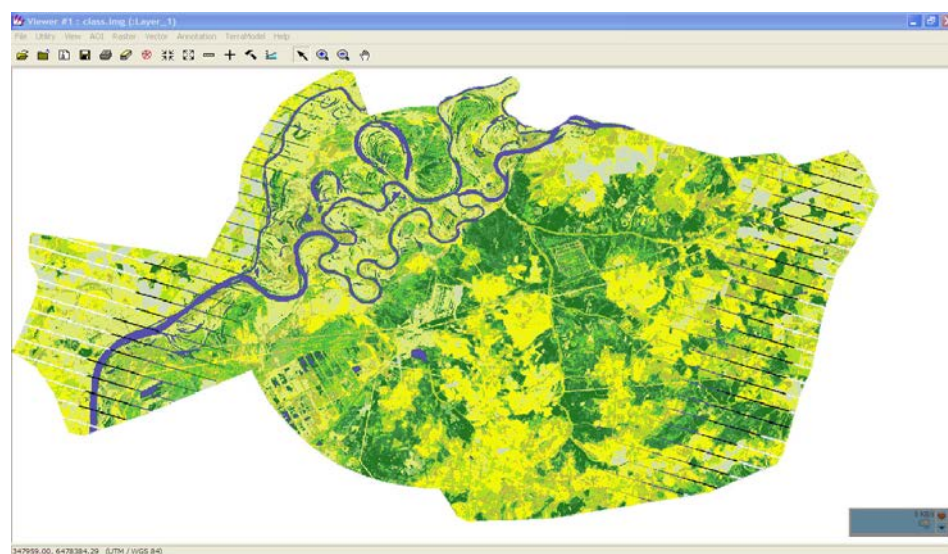


Рис. 2. Результат автоматизированного дешифрирования космоснимка ЗЗМ «Марадыковский», 2007 г. (после строительства объекта). М: 1 : 200 000

Анализ распространенности классов на дешифрированных космоснимках позволил установить, что основной тенденцией современной стадии развития растительного покрова является естественное зарастание заброшенных пашен луговой растительностью, затем происходит смена лугового фитоценоза зарослями кустарника, которые с течением времени трансформируются в лесное сообщество.

Таблица 2

Площадь классифицированных объектов на территории исследования до и после строительства объекта «Марадыковский»

№ п/п	Класс объектов	Площадь класса в 2000 г., км ²	Площадь класса в 2007 г., км ²
1	Поверхность водоемов	35,13	38,90
2	Хвойные леса	105,34	81,93
3	Хвойные леса с примесью лиственных пород	92,11	84,95
4	Смешанные леса	51,91	72,90
5	Мелколесье	80,18	108,01
6	Заросли кустарника	34,97	41,44
7	Заливные луга и заболоченные территории	104,20	142,98
8	Суходольные луга	98,80	118,02
9	Пашни	203,89	164,42
10	Земли без растительности	85,67	32,40

Смена растительного покрова влечет за собой изменение условий почвообразования, последствия чего уже наблюдаются. На ранее нарушенных территориях, не испытывающих в настоящее время интенсивного воздействия, природные процессы почвообразования приводят к восстановлению профиля или формированию новой почвенной разности, соответствующей современным условиям почвообразования, с присущими ей горизонтами. Например, на бывших участках заброшенной пашни с каждым годом формируется все более отчетливый слой дернины и, местами, возникает необходимость дифференцированного отбора образцов из прежнего пахотного горизонта и вновь сформированного органогенного слоя, являющегося мощным геохимическим барьером. Постепенно зарастают растительностью деградированные почвы в окрестностях объекта. В молодых лесных массивах начинает развиваться подзолистый процесс, что также трансформирует почвенный профиль и свойства почвы.

Выявление основных направлений развития почвенного и растительного покровов позволило установить современные границы почвенных разностей при **картографировании почвенного покрова**, что необходимо при осуществлении экологического мониторинга почв в районе действующего объекта уничтожения химического оружия.

Пространственный анализ распространенности различных почв в санитарно-защитной зоне ОУХО "Марадыковский" выполнялся при помощи программных средств геоинформационной системы (ГИС) MapInfo 7.5 с использованием данных полевых исследований, картографических материалов и космического фотоснимка

изучаемой территории с сервера Google Earth, имеющего пространственное разрешение 2 м (дата съемки 2 июня 2007 г.).

В результате комплексирования имеющихся материалов получена векторная карта-схема почвенного покрова СЗЗ КОХУХО «Марадыковский» в формате ГИС MapInfo (рис. 3). Отмечен ряд типовых закономерностей распределения почвенного и растительного покрова зоны обследования. Наибольшие площади исследуемой территории заняты сосновыми лесами (к западу и северо-западу по направлению к р. Вятка). Почвы здесь слабо- и среднеподзолистые песчаные (около 40%), в комплексе с ними встречаются дерново-сильноподзолистые супесчаные почвы по свойствам близкие к подзолистым. Почвообразующие породы представлены водноледниковыми песками, которые перекрывают элювий пермских глин. При небольшой мощности флювиогляциальных песков подстилающая порода оказывает влияние на свойства почв и устойчивость их к загрязнению.

На востоке и юго-востоке исследуемой территории, где на поверхность выходят пермские глины, преобладают дерново-подзолистые почвы, в понижениях встречаются дерновые глеевые суглинистого гранулометрического состава. Растительный покров представлен зарастающими пашнями, смешанными лесами и суходольными лугами.

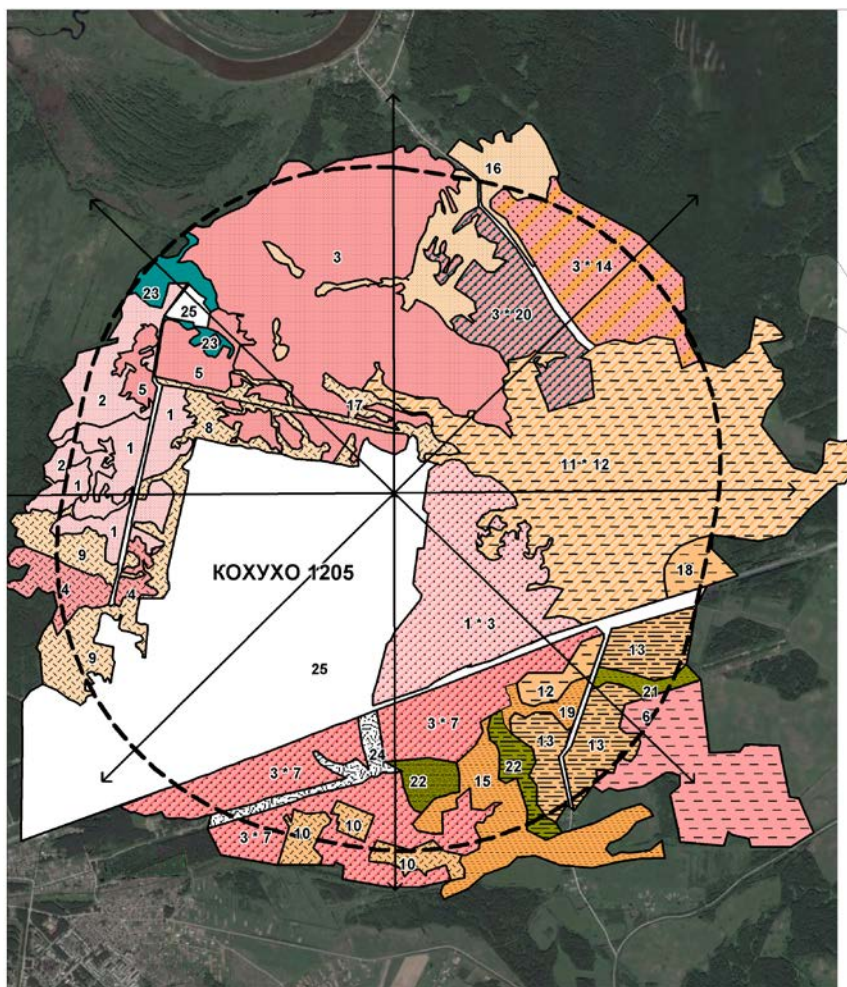


Рис. 3. Карта-схема почвенного покрова СЗЗ КОХУХО «Марадыковский»
Масштаб 1:40 000.

Условные обозначения к рис. 3

Цифровой индекс	Раскраска	Название почвы	Гранулометрический состав	Почвообразующая порода*	Площадь		Устойчивость, баллы
					Всего, км ²	% от общей площади	
1		слабоподзолистые	песчаные	В	1,66	9,72	4
2		слабоподзолистые глееватые	-//-	-//-	0,35	2,07	5
3		среднеподзолистые	-//-	-//-	5,10	29,94	4
4		-//-	супесчаные	-//-	0,16	0,93	4
5		среднеподзолистые глееватые	песчаные	-//-	0,31	1,83	5
6		среднеподзолистые	легкосуглинистые	ВЭ ₂ ⊥	0,06	0,32	9
7		сильноподзолистые глееватые	песчаные	В	встречаются в комплексе с 3		5
8		дерново-слабоподзолистые	супесчаные	-//-	0,19	1,13	4
9		-//-	-//-	ВЭ ₂ ⊥	0,40	2,36	6
10		дерново-среднеподзолистые	-//-	В	0,11	0,64	5
11		-//-	-//-	ВЭ ₂ ⊥	2,45	14,39	7
12		-//-	легкосуглинистые	-//-	0,11	0,67	9
13		-//-	среднесуглинистые	ВЭ ₂ ⊥	0,61	3,56	10
14		дерново-сильноподзолистые	супесчаные	В	встречаются в комплексе с 3		4
15		-//-	легкосуглинистые	ВЭ ₂ ⊥	0,25	1,45	8
16		дерново-слабоподзолистые глееватые	песчаные	В	0,42	2,46	7
17		-//-	супесчаные	-//-	0,21	1,21	5
18		дерново-среднеподзолистые грунтово-глееватые	легкосуглинистые	Э ₂	0,09	0,53	11
19		дерново-сильноподзолистые грунтово-глееватые	-//-	ВЭ ₂ ⊥	0,08	0,49	10
20		дерново-глеевые	супесчаные	-//-	встречаются в комплексе с 3		11
21		-//-	легкосуглинистые	Э ₂	0,06	0,33	11
22		дерново-глееватые оподзоленные	среднесуглинистые	-//-	0,23	1,35	11
23		болотные перегнойно-торфяно-глеевые	торф		0,16	0,92	11
24		нарушенные земли			0,15	0,90	-
25		техногенные территории			3,89	22,80	-

*Примечание: В - водноледниковые отложения; ВЭ₂⊥ - водноледниковые отложения, подстилаемые элювием глин на глубине более 50 см; ВЭ₂⊥ - водноледниковые отложения, подстилаемые элювием глин на глубине менее 50 см; Э₂ – элювий глин.

По материалам созданной почвенной карты-схемы и имеющихся данных было проведено **ранжирование почв** территории СЗЗ по степени устойчивости к техногенному загрязнению и составлена карта-схема устойчивости почв (рис. 4). При ранжировании выделенных почвенных разностей оценивали значимость их свойств для устойчивости: почвообразующие породы, гранулометрический состав, увлажненность, кислотность, обеспеченность органическим веществом.

Выявлено, что наибольшие площади на территории СЗЗ занимают слабо- и среднеподзолистые песчаные почвы (около 40%), в комплексе с ними встречаются дерново-сильноподзолистые супесчаные почвы, а в понижениях рельефа – сильноподзолистые и дерновые глеевые почвы. На всей площади СЗЗ абсолютно преобладают почвы легкого гранулометрического состава, на долю суглинистых почв приходится только 8,7%. Это определило преобладание почв, относящихся к неустойчивым и малоустойчивым, площади таких почв достигают 67%.

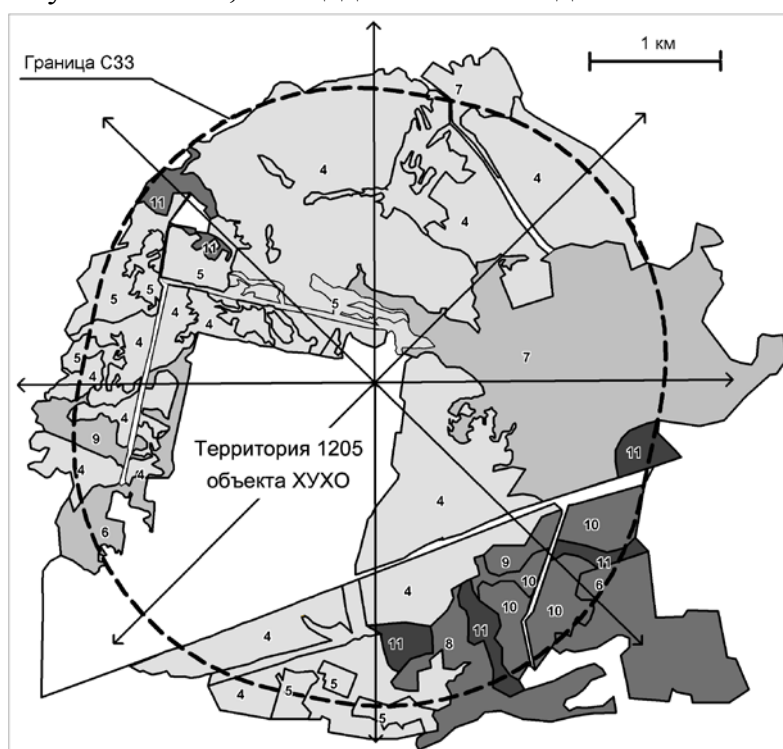


Рис. 4. Карта-схема устойчивости почв СЗЗ КОХУХО «Марадыковский», М 1:40000

Таблица 3

Легенда к карте-схеме устойчивости почв СЗЗ КОХУХО «Марадыковский»

Раскраска	Категория Устойчивости	Баллы устойчивости	Площадь	
			Всего, км ²	% от общей площади СЗЗ
	Неустойчивые	4-5	8,66	50,35
	Малоустойчивые	6-7	2,85	16,59
	Относительно Устойчивые	8-10	1,26	7,34
	Устойчивые	11-12	0,38	2,20

Примечание: цифровые обозначения на карте-схеме соответствуют баллам устойчивости почв

Заключительным этапом картирования территории исследования стало *создание тематических карт-схем*. Набор показателей, выбранных для отражения на картах-схемах, определился, исходя из перечня выявленных информативных показателей. В первую очередь картированию подлежали показатели содержания различных форм фосфора: валового, подвижного, спирторастворимого. Пример полученной картосхемы представлен на рисунке 5, где видно, что наибольшее содержание спирторастворимого фосфора отмечается на участках, расположенных вблизи объекта уничтожения химического оружия. В почвах участков, расположенных по направлению преобладающих ветров (северо-восток), даже на значительном удалении от источника выбросов наблюдается тенденция увеличения содержания спирторастворимого фосфора.

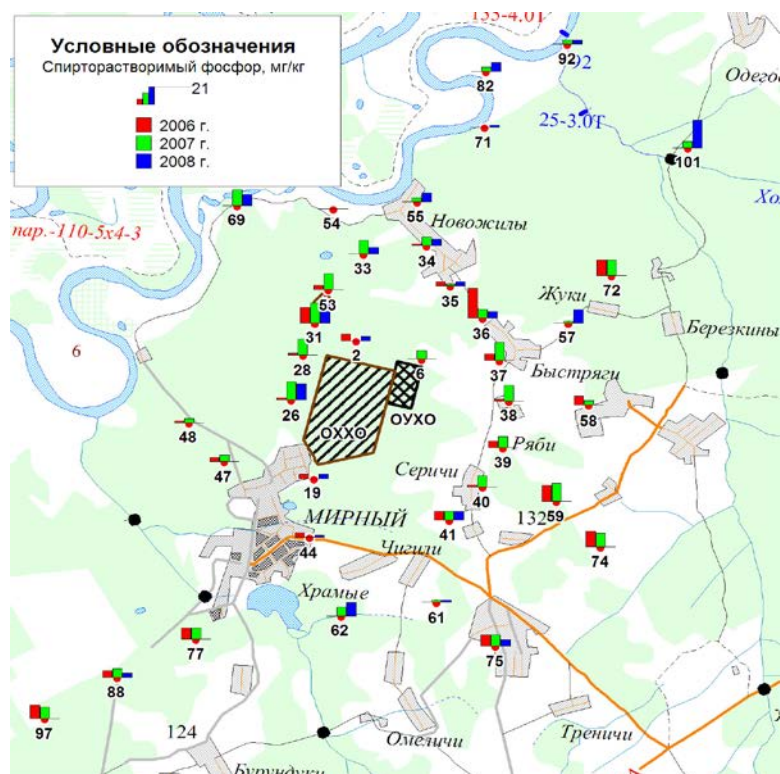
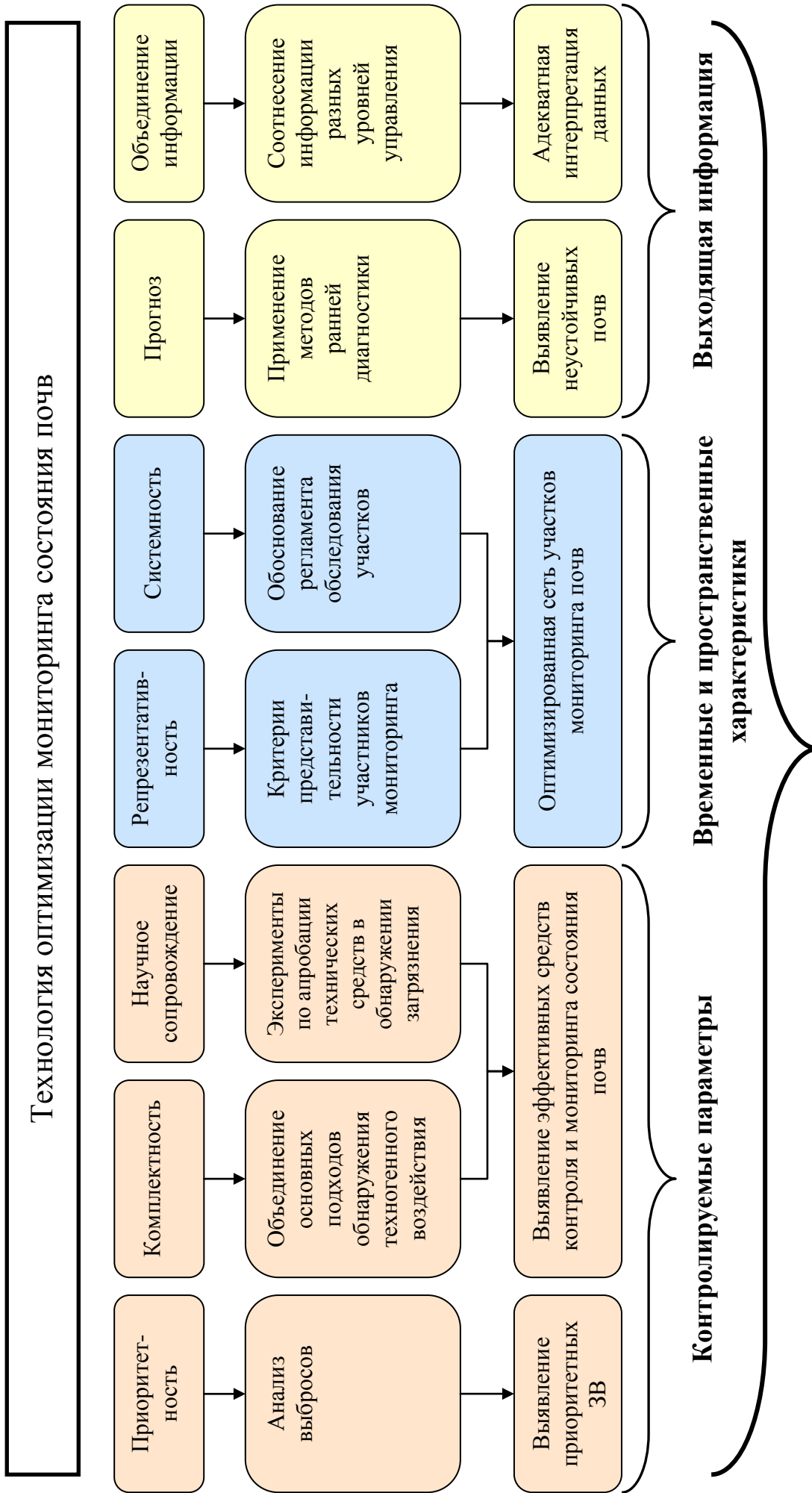


Рис. 5. Карта-схема содержания спирторастворимого фосфора в почве района размещения объекта «Марадьковский» М 1:100000.

Кроме того, были составлены картосхемы, отражающие следующие показатели почв ключевых участков: водородный показатель, содержание органического вещества и суммы поглощенных оснований.

Созданные тематические картосхемы планируется в ходе мониторинга обновлять и дополнять по итогам проведения полевых почвенных исследований и лабораторных анализов отобранных почвенных образцов.

В пятой главе представлены методические подходы к технологии оптимизации геоэкологического мониторинга почв в районе расположения КОХУХО «Марадьковский». Технология оптимизации, базирующаяся на выявленных принципах, и приводящая к разработке оптимизированной программы мониторинга почв отражена на рисунке 6.



Оптимизированная программа геоэкологического мониторинга состояния почв

Рис. 6. Схема технологии оптимизации геоэкологического мониторинга почв

Сформулированы и раскрыты *принципы*, на реализации которых базируется технология оптимизации мониторинга почв:

1. Принцип приоритетности направлен на выявление приоритетных показателей, в наибольшей степени отражающих специфику ожидаемого неблагоприятного воздействия объекта. Реализован в главе I, где доказано что специфическими приоритетными токсикантами являются фосфорсодержащие вещества.

2. Принцип комплексности заключается в объединении в системе мониторинга различных способов и подходов в обнаружении техногенного воздействия предприятия. Выразился в объединении разносторонних технических средств обнаружения и оценки техногенного воздействия предприятия на почвы. Техническими средствами стали: средства и методы дистанционного мониторинга почв, химико-аналитического, экотоксикологического, биоиндикационного блоков мониторинга состояния почв.

3. Принцип обязательного научного сопровождения обусловлен новизной многих решаемых задач, что требует разработки и внедрения научно обоснованных технических средств контроля и мониторинга. Реализации данного принципа посвящена Глава III.

4. Принцип репрезентативного подхода при определении техногенного воздействия на ландшафты, частью которых является почвенный покров. Заключался в выявлении наиболее представительных, репрезентативных участков мониторинга, отражающих типичные для зоны исследования природно-ландшафтные свойства.

5. Принцип системности предполагает создание сети участков мониторинга и регламентированное (систематическое) их обследование.

6. Принцип опережающего действия и прогнозирования заключается в использовании методов ранней диагностики неблагополучия природно-техногенных систем, определении тенденций их трансформации при внедрении промышленного объекта в природный комплекс, выявлении уязвимых участков ландшафтов в первую очередь за счет слабых барьерных функций почв.

7. Принцип объединения информационных потоков, поступающих при мониторинге каждого компонента природно-техногенной среды, что обеспечит адекватную интерпретацию данных.

Осуществление принципов приоритетности, комплексности, научности, системности выразилось в создании *перечня контролируемых показателей*, методик их измерения и регламента обследования почв (табл. 4).

Технология оптимизации геоэкологического мониторинга почв включает в себя оптимизацию *сети участков мониторинга*. Эта необходимость возникла в силу того, что действующий подход основан на обследовании участков, расположенных по направлению преобладающего ветра, что привело к смещению района исследований в северо-восточный сектор зоны защитных мероприятий объекта и нарушению принципа системности.

Перечень показателей, методик их измерения и регламент обследования почв в рамках геоэкологического мониторинга почв

Показатель	Методика выполнения измерений	Регламент	Сезон
Химико-аналитический мониторинг			
1. ОБ и продукты их трансформации	Хроматографические	1 раз в месяц	-
*2. Валовой фосфор	ГОСТ 26261-84.	1 раз в месяц	-
*3. Подвижный фосфор	ГОСТ 26207-91.	1 раз в месяц	Май, сентябрь
**4. Спирторастворимый фосфор	МВИ № 031-03-183-05	1 раз в месяц	-
5. Мышьяк	МВИ № 031-03-177-05	1 раз в месяц	-
6. Железо	ГОСТ 26259-91	2 раза в год	Май, сентябрь
*7. Хром	М-049-П/04	2 раза в год	Май, сентябрь
*8. Свинец	М-049-П/04	2 раза в год	Май, сентябрь
*9. Сульфат-ион	ГОСТ 26426-85	2 раза в год	Май, сентябрь
10. Фтор подвижный	Методические указания МУ ЦИНАО	1 раз в месяц	-
**11. рН	ГОСТ 26483-85.	1 раз в год	Сентябрь
*12. Органическое вещество	ГОСТ 26213-91.	1 раз в год	Сентябрь
*13. Сумма поглощенных оснований	ГОСТ 27821-88.	1 раз в год	Сентябрь
Экотоксикологический мониторинг			
**14. Токсичность по тест-объекту <i>Daphnia magna</i>	ФР.1.39.2007.03222	1 раз в месяц	-
**15. Токсичность по тест-объекту <i>Paramecium caudatum</i>	ФР.1.31.2005.01882	1 раз в месяц	-
**16. Токсичность по тест-системе «Эколюм»	ПНД Ф Т 16.1:2.3:3.8-04	1 раз в месяц	-
Биоиндикационный мониторинг			
*17. Активность фермента каталазы	Ф.Х. Хазиев, 2005	1 раз в год	Сентябрь
*18. Активность фермента уреазы	Ф.Х. Хазиев, 2005	1 раз в год	Сентябрь
*19. Анализ видового состава и разнообразия почвенных фототрофов	М.М. Гллербах, Э.А. Штина, 1969	1 раз в год	Сентябрь

Примечание: * - показатель, ранее не присутствовавший в программе; ** - показатель, информативность которого оценивается в работе.

Из 155 участков действующей системы экологического мониторинга КОХУХО «Марадыковский» были выбраны 29 репрезентативных (табл. 5, рис. 8), отвечающих следующим критериям:

- 1) участки должны представлять типичные почвы района исследования: подзолистые, дерново-подзолистые, аллювиальные (дерновые и болотные),
- 2) участки должны располагаться по 8 направлениям от источника выбросов,

- 3) на промплощадке рекомендуется производить отбор грунтов по периметру объектов хранения и уничтожения химического оружия,
- 4) по каждому направлению необходимо выбрать участки, представляющие типичные почвы района исследования, если это возможно,
- 5) участки должны находиться на разном расстоянии от источника выбросов по каждому направлению: обязательно на территории санитарно-защитной зоны, а также за её пределами,
- 6) сеть участков мониторинга должна быть наиболее густой в зоне, где вероятность неблагоприятного влияния объекта максимальна, то есть в СЗЗ,
- 7) необходимо заложить фоновые участки, по ландшафтным и почвенным характеристикам сходным с репрезентативными участками.

Принципиальная схема организации сети мониторинга почв в районе объекта «Марадыковский», составленная с учетом критериев, представлена на рисунке 7.

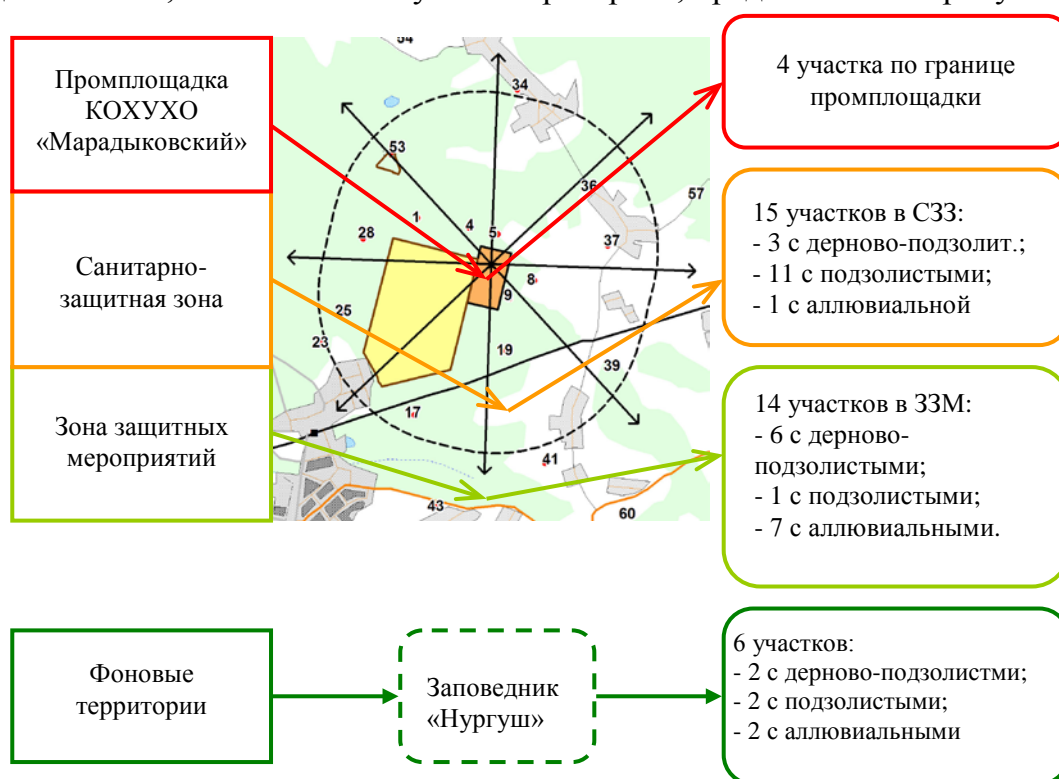


Рис. 7. Схема организации оптимизированной сети мониторинга почв

Таблица 5

Репрезентативные участки сети геоэкологического мониторинга состояния почв

Направление	Подзолистые почвы		Дерново-подзолистые почвы		Аллювиальные почвы	
	СЗЗ	ЗЗМ	СЗЗ	ЗЗМ	СЗЗ	ЗЗМ
С-З	1, 28	-	-	49	-	67, 80
С-С-З	4	-	-	-	53	54, 70
С-С-В	5, 34	-	-	-	-	92
С-В	36	-	37	57	-	93
Ю-В	9, 8	-	39	84	-	-
Ю-Ю-В	19	-	-	41, 60	-	-
Ю-Ю-З	17	77	-	43	-	-
Ю-З	25	-	23	-	-	79

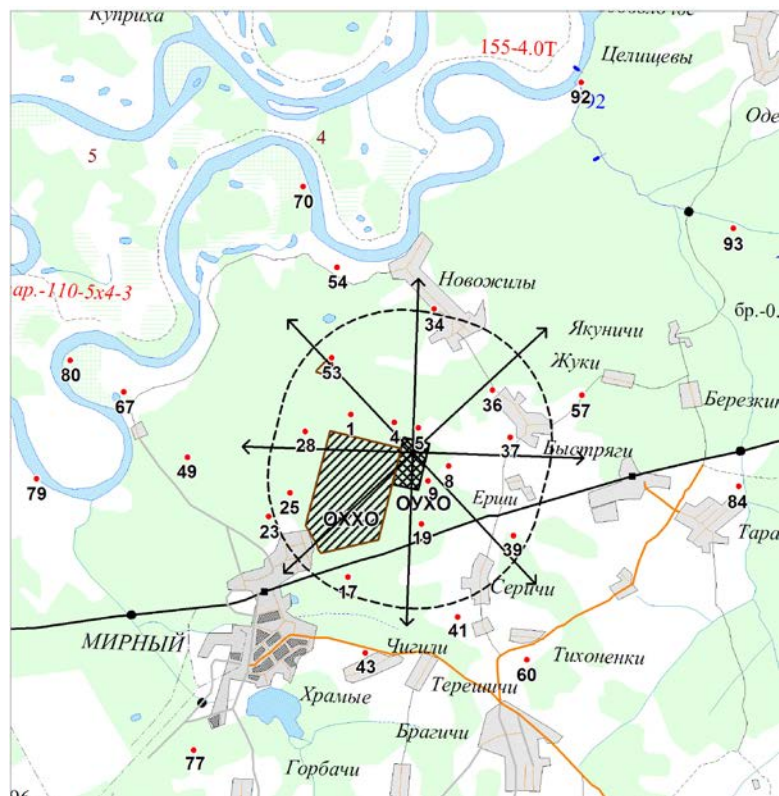


Рис. 8. Карта-схема оптимизированной сети геоэкологического мониторинга почв района расположения объекта «Марадыковский»

Оптимизированная сеть мониторинга, состоящая из систематически обследуемых участков, является частью программы мониторинга и её пространственной характеристикой. Временные характеристики программы (регламент) и контролируемые параметры также рассмотрены в работе. Следовательно, для завершения оптимизации программы геоэкологического мониторинга почв в соответствии с разработанной технологией необходимо представить блок выходящей информации: прогноз состояния почв и организацию информационных потоков.

Прогноз состояния почв и загрязнения их сопредельных сред базировался на анализе устойчивости почв в СЗЗ и ЗЗМ объекта «Марадыковский». В соответствии с данными рис. 4 видно, что западный и южный сектора СЗЗ объекта практически наполовину заняты техногенной территорией с преобладанием насыпных песчаных грунтов, что создает наибольшую опасность загрязнения подстилающих пород и подземных вод по причине высокого уровня их стояния.

Для зоны защитных мероприятий распределение почв по категориям устойчивости носит следующий характер (табл. 6):

Таблица 6

Устойчивость почв зоны защитных мероприятий объекта «Марадыковский»

Категория устойчивости почв	Площадь, км ²	Доля от общей площади ЗЗМ, %
Устойчивые	266,7	31,42
Относительно устойчивые	9,9	1,11
Малоустойчивые	448,9	50,34
Неустойчивые	152,8	17,13

В целом прогнозируемыми направлениями техногенной трансформации почв и сопредельных сред можно назвать:

- загрязнение почв и изменение их агрохимических свойств;
- постепенное зарастание заброшенных пашен и угодий, изъятых из землепользования, что влечет за собой дифференциацию почвенного профиля бывших пахотных почв;
- изменение условий залегания пород вследствие усиления механического техногенного пресса при планировке местности, прокладке дорог, строительстве дополнительных сооружений;
- нарушение целостности почвенного покрова как за счет снятия верхнего слоя почвы для проведения анализов, так и за счет проезда автотранспорта;
- изменение поверхностного стока за счет планировки местности, что влечет трансформацию гидрологического режима территории;
- загрязнение подземных вод и геологической среды.

Описанные процессы требуют непрерывного контроля и разработки превентивных мер по охране почвы и сопредельных сред.

Организация информационно-аналитических потоков мониторинга почв в целях принятия компетентных управленческих решений отражена на рисунке 9.

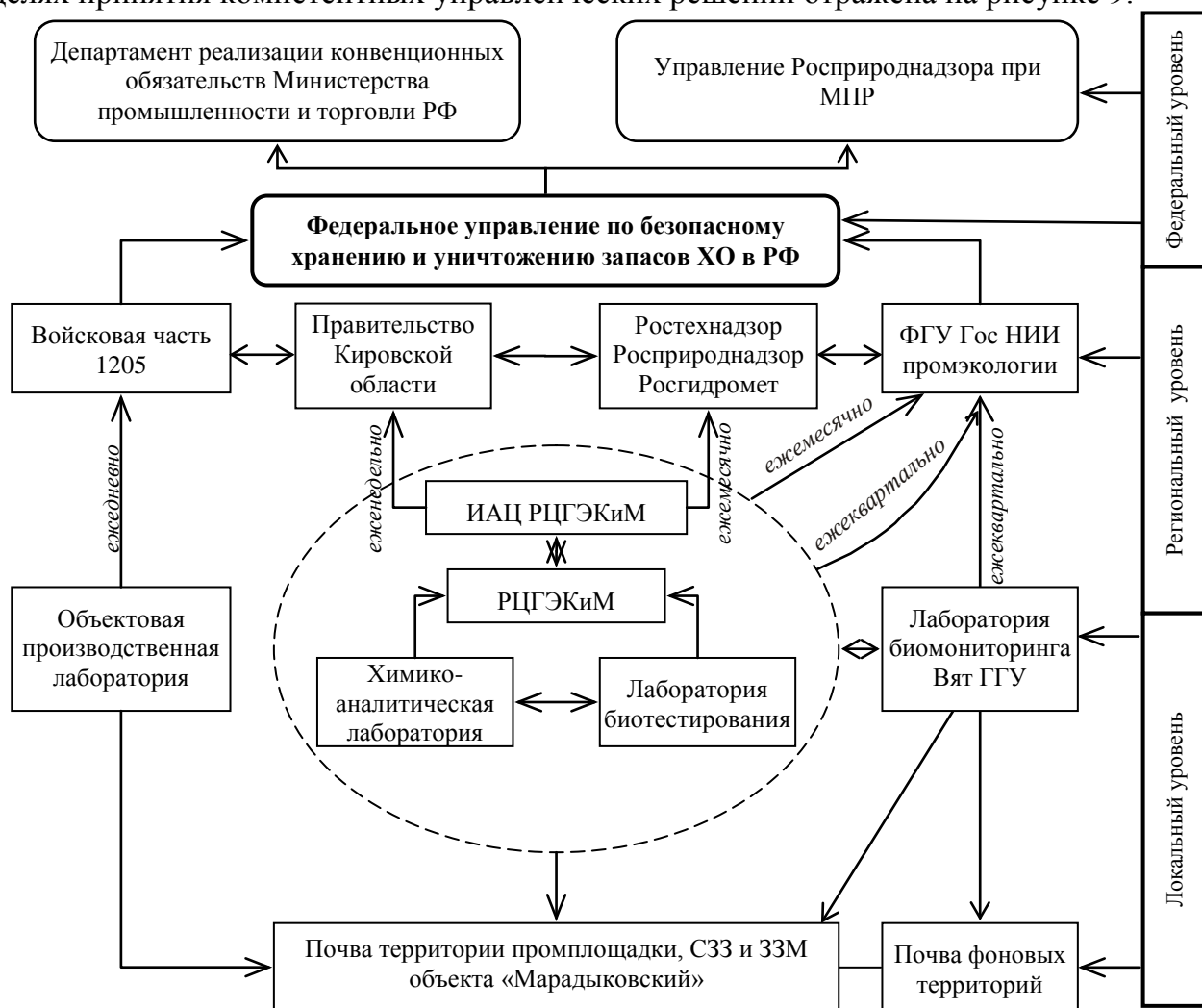


Рис. 9. Модель восходящих информационных потоков при реализации геоэкологического мониторинга почв района размещения ОУХО «Марадыковский»

Информационные данные о состоянии почв подаются по сети информационных потоков во II-IV квартале, ежемесячно, начиная с апреля по ноябрь и ежедневно в производственной лаборатории объекта в весенне-летне-осенний период.

Функцию сбора первичной информации от лабораторий Регионального центра экологического контроля и мониторинга по Кировской области (РЦГЭКиМ), а также от лаборатории биомониторинга ВятГГУ, и дальнейший её анализ выполняет информационно-аналитический центр (ИАЦ). Он обеспечивает также математическую обработку, картографическое отображение ситуационной информации.

Аналитически обработанная информация от ИАЦ РЦГЭКиМ в форме отчетов еженедельно поступает в Управление конвенциональных проблем Правительства Кировской области и ежемесячно в органы Ростехнадзора, Росприроднадзора и Росгидрометеослужбы.

Объектовая лаборатория выдает ситуационный анализ состояния почв командиру части 1205 ежедневно. Данная информация также поступает в Правительство Кировской области, затем по информационному потоку движется в органы Ростехнадзора, Росприроднадзора и Росгидрометеослужбы, Научно-исследовательский институт промышленной экологии г. Саратов (ФГУ ГосНИИ промэкологии), являющийся головной организацией системы государственного экологического контроля и мониторинга объектов уничтожения химического оружия в России.

Кроме того, ежеквартально информация в ФГУ ГосНИИ промэкологии поступает в форме совместного отчета РЦГЭКиМ и лаборатории биомониторинга ВятГГУ.

Перечисленные организации принимают управленческие решения, выносят рекомендации по проведению мониторинга почв в рамках своей компетенции, за счет чего обеспечивается немедленное реагирование на полученную информацию.

Верхний уровень анализа информации и принятия управленческих решений представлен подразделениями Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия в РФ, Департаментом реализации конвенционных обязательств министерства промышленности и торговли и Управлением Росприроднадзора, куда информация идет по двум направлениям. Первый информационный поток идет непосредственно от объекта уничтожения химического оружия. Второе направление представлено отчетными данными от ФГУ ГосНИИ промэкологии.

Таким образом, за счет иерархической структуры потока информации о результатах контроля параметров качества почвы и воздействия на неё объекта инициируется принятие управленческих решений по оптимизации системы мониторинга, разработке природоохранного законодательства и вынесению указаний по превентивным мерам защиты компонентов природно-техногенных систем, в том числе почв.

Основные выводы диссертационного исследования.

1. Анализ проектных данных, технологического процесса уничтожения химического оружия на объекте «Марадыковский» показал, что данное предприятие относится к химически опасным промышленным объектам. Расчётные валовые выбросы объекта за 6 лет планируемой работы свидетельствуют о том, что приоритетными загрязняющими веществами в выбросах предприятия являются специфические фосфорсодержащие вещества. При исследовании природно-ландшафтных условий района размещения КОХУХО «Марадыковский» установлено, что наиболее важным и уязвимым звеном природно-техногенной среды района исследования являются почвы, среди которых преобладают неустойчивые и малоустойчивые почвы (67%), нуждающиеся в проведении непрерывного геоэкологического мониторинга.

2. Исследования в рамках научно-методического сопровождения мониторинга почв выявили, что методы химико-аналитического и экотоксикологического мониторинга почв являются наиболее оперативными в обнаружении приоритетного специфического загрязнения. Биоиндикационные методы являются вспомогательными, направленными на интегральную оценку экологического состояния почв. С помощью перечисленных методов определена различная реакция почвенных разностей на специфическое загрязнение. Наиболее устойчивыми к загрязнению являются аллювиальные почвы тяжелого гранулометрического состава. Наиболее уязвимыми к техногенному загрязнению признаны лесные подзолистые почвы легкого гранулометрического состава, которые преобладают в санитарно-защитной зоне объекта «Марадыковский».

3. Проведена оценка современного состояния почв в районе исследования с использованием дистанционных и наземных методов мониторинга. Выявлены тенденции современного развития почвенно-растительного покрова и процессов почвообразования, проявляющиеся в смене фитоценозов и формировании соответствующих им почвенных разностей. На основании экспериментальных данных выявлено увеличение содержания специфических загрязняющих веществ в почвах по сравнению с фоновыми значениями на границе санитарно-защитной зоны объекта, а также в зоне защитных мероприятий по направлению преобладающих ветров. Полученные данные отражены при составлении карты-схемы почвенного покрова СЗЗ объекта «Марадыковский», схематической карты устойчивости почв и тематических ландшафтно-геохимических материалах.

4. По материалам выполненных исследований разработана технология оптимизации геоэкологического мониторинга почв, основанная на пошаговой реализации сформулированных принципов. Технология внедряется на объекте «Марадыковский» в Кировской области и может быть использована на других химически опасных предприятиях.

5. Оптимизирована программа геоэкологического мониторинга почв района размещения объекта «Марадыковский», включая следующие составляющие:

контролируемые параметры оценки качества почвы, временные (регламент) и пространственные (сеть участков) характеристики, а также блок выходящей информации, направленный на интерпретацию получаемых результатов и принятие управленческих решений в системе государственного экологического мониторинга.

Таким образом, в работе решены все поставленные задачи, цель исследования выполнена. Технология оптимизации геоэкологического мониторинга почв, являющегося важной составляющей государственного экологического мониторинга объекта уничтожения химического оружия «Марадыковский», разработана. Полученные рекомендации по организации мониторинга почв могут использоваться в других регионах, где хранится, уничтожается и готовится к уничтожению химическое оружие, а также в местах производства, хранения и утилизации пестицидов и других высокоопасных химических соединений.

Основные публикации по теме диссертации

В изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Огородникова, С. Ю. Защитная роль *Nostoc commune* для семян сельскохозяйственных культур при действии токсикантов (модельные опыты) [Текст] / С. Ю. Огородникова, Л. В. Кондакова, Л. И. Домрачева, А. И. Фокина, Т. Я. Ашихмина, А. С. Олькова // Проблемы региональной экологии. – 2007. - № 2. – С. 96–100.

2. Олькова, А. С. Картирование почвенного покрова и оценка устойчивости почв на территории санитарно-защитной зоны комплекса объектов хранения и уничтожения химического оружия [Текст] / А. С. Олькова, Е. В. Дабах, Г. Я. Кантор, Т. Я. Ашихмина // Известия ВУЗов «Геодезия и аэрофотосъемка». – 2009. – № 2. – С. 53-58.

В прочих изданиях:

3. Кантор, Г. Я. Моделирование динамики почвенного фосфора при промышленном уничтожении фосфорорганических отравляющих веществ [Текст] / Г. Я. Кантор, А. С. Олькова // Информационные системы и модели в научных исследованиях, промышленности и экологии. Всероссийская научно-техническая конференция. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2007. – С. 39.

4. Кондакова, Л. В. Воздействие пирофосфата натрия на комплекс фототрофных микроорганизмов в условиях полевого опыта [Текст] / Л. В. Кондакова, А. С. Олькова // Проблемы региональной экологии в условиях устойчивого развития: Сб. материалов Всероссийской научно-практической конференции в 2-х частях. Часть 2. (г. Киров, 27-29 ноября 2007 г.). – Киров: Изд-во ВятГГУ, 2007. – С. 142-145.

5. Олькова, А. С. Воздействие пирофосфата натрия на целлюлозоразлагающую активность почв Кировской области в условиях полевого опыта [Текст] / А. С. Олькова // Проблемы региональной экологии в условиях устойчивого развития: Сб. материалов Всероссийской научно-практической конференции в 2-х частях. Часть 2. (г. Киров, 27-29 ноября 2007 г.). – Киров: Изд-во ВятГГУ, 2007. – С. 287-290.

6. Олькова, А. С. Исследование активности почвенных ферментов в целях биодиагностики уровня техногенного загрязнения почв на территории ЗЗМ объекта «Марадыковский» Кировской области [Текст] / А. С. Олькова // Мониторинг природных экосистем в зонах защитных мероприятий объектов по уничтожению химического оружия. Всероссийская научно-практическая конференция: Сборник статей. Ч. 1. – Пенза: РИО ПГСХА, 2007. – С. 129-134.

7. Домрачева, Л. И. Применение тетразольно-топографического метода определения дегидрогеназной активности цианобактерий в загрязненных средах [Текст] / Л. И. Домрачева, Л. В. Кондакова, Т. Я. Ашихмина, С. Ю. Огородникова, А. С. Олькова, А. И. Фокина // Теоретическая и прикладная экология. – М.: Камертон, 2008. - №2, С. 21-29.

8. Кондакова, Л. В. Состояние альго-микологических комплексов как основа биодиагностики загрязнения почвы [Текст] / Л. В. Кондакова, Л. И. Домрачева, Т. Я. Ашихмина, А. С. Олькова // Фундаментальные достижения в почвоведении, экологии, сельском хозяйстве на пути к инновациям: I Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием; 23-25 апреля 2008 г.: Тезисы докладов. – М.: МАКС Пресс, 2008. – С. 211-212.

9. **Олькова, А. С.** Ранжирование почвенного покрова СЗЗ ОУХО «Марадыковский» по устойчивости к техногенному загрязнению [Текст] / А. С. Олькова, Е. В. Дабах, Г. Я. Кантор // Проблемы региональной экологии в условиях устойчивого развития: Сб. материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием в 2 частях. Часть 2. – Киров: О-Краткое, 2008. – С. 24.

10. **Олькова, А. С.** Оценка влияния ОХУХО «Марадыковский» на почвы по активности фермента каталазы [Текст] / А. С. Олькова, Т. Я. Ашихмина // Проблемы региональной экологии в условиях устойчивого развития: Сб. материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием в 2 частях. Часть 2. – Киров: О-Краткое, 2008. – С. 24-26.

11. **Олькова, А. С.** Методические особенности биотестирования почв, загрязненных фосфорорганическими веществами // [Текст] / А. С. Олькова, Т. Я. Ашихмина, Н. А. Шулятьева // Проблемы региональной экологии в условиях устойчивого развития: Сб. материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием в 2 частях. Часть 2. – Киров: О-Краткое, 2008. – С. 33.

12. Кантор, Г. Я. Ранжирование зоны воздействия КОХУХО «Марадыковский» по устойчивости почв к антропогенному воздействию [Текст] / Г. Я. Кантор, **А. С. Олькова** // Региональные и муниципальные проблемы природопользования. Материалы 10-й Всероссийской научно-практической конференции, г. Киров, 10-11 сентября 2008 г. – Кирово-Чепецк, 2008. – С. 67-68.

13. **Олькова, А. С.** Исследование воздействия фосфорорганических соединений на почвы зоны влияния объекта «Марадыковский» в модельном эксперименте [Текст] / А. С. Олькова, Т. Я. Ашихмина, Н. А. Шулятьева // Региональные и муниципальные проблемы природопользования. Материалы 10-й Всероссийской научно-практической конференции, г. Киров, 10-11 сентября 2008 г. – Кирово-Чепецк, 2008. – С. 71-72.

14. **Олькова, А. С.**, Ашихмина Т.Я. Моделирование воздействия фосфорорганических соединений на почвы зоны влияния объекта «Марадыковский» [Текст] / А. С. Олькова, Т. Я. Ашихмина // Научно-технические аспекты обеспечения безопасности при уничтожении, хранении и транспортировке химического оружия: Тезисы докладов IV научно-практической конференции (г. Москва, октябрь 2008 г.). – М., 2008. – С. 245-247.

Подписано в печать 20.03.2009. Гарнитура Таймс
Формат 60×80/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Объем 1,5 усл. печ. л.

Тираж 80 экз. Заказ №165 Цена Договорная

Издательство «МИАЦ»
610046, г. Киров, ул. Энгельса, д. 82