

На правах рукописи

ЯШНКОВ Игорь Михайлович

УДК 623 459 1(04)+502 2(04)

**БИОМОНИТОРИНГ ОБЪЕКТОВ ПО УНИЧТОЖЕНИЮ
ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ИДЕНТИФИКАЦИОННОГО ПОЛИГОНА**

Специальность

*05 13 01 – Системный анализ, управление и обработка информации
(в машиностроении и вычислительной технике)*

03 00 16 – Экология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



003059493

Ижевск 2007

Работа выполнена в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Ижевский государственный технический университет» (ГОУ ВПО «ИжГТУ»)

Научный руководитель
доктор технических наук, профессор Алексеев Владимир Александрович

Научный консультант
кандидат биологических наук Козловская Наталья Викторовна

Официальные оппоненты
доктор технических наук Толстых Алексей Васильевич
кандидат технических наук Юнусова Лиана Зайкатовна

Ведущая организация Научно-производственное объединение «Тайфун», г Обнинск, Калужская область

Защита состоится 29 мая 2007 года в 10 часов на заседании диссертационного совета К 212 065 01 в ГОУ ВПО «ИжГТУ» по адресу 426069, г Ижевск, ул Студенческая, 7.

Отзыв на автореферат, заверенный гербовой печатью, прошу выслать по указанному адресу

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГОУ ВПО «ИжГТУ»

Автореферат разослан 27 апреля 2007 года

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент

Сяктерев В Н

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы

В современных условиях негативные факторы природного, техногенного и террористического характера являются одной из основных угроз не только для национальной безопасности страны, но и всего мира. Последствия данных угроз становятся все более реалистичными и масштабными.

Обострение экологической обстановки в настоящее время – это результат бездумного и потребительского отношения человека к окружающей его природной среде, доминирования ресурсоемких и энергоемких технологий, несовершенства природоохранного законодательства, неудовлетворительной организации работы по предотвращению и снижению масштабов негативного воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду.

Федеральными органами исполнительной власти, органами государственной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления организована работа по предупреждению чрезвычайных ситуаций, обеспечению защищенности потенциально опасных объектов инфраструктуры и безопасности населения от угроз техногенного, природного характера и террористических проявлений.

Создание техносферы с высокими показателями качества среды и безопасным уровнем жизнедеятельности человека предполагает решение целого ряда сложнейших задач, прежде всего на потенциально опасных объектах, поскольку именно они оказывают наибольшее негативное воздействие на окружающую среду.

В период эксплуатации на объект воздействуют различные внутренние и внешние факторы, которые могут привести к опасным событиям и возникновению чрезвычайных ситуаций.

Своевременное обнаружение источника опасности и прогнозирование возможных последствий вызванной им чрезвычайной ситуации позволит заблаговременно выполнить комплекс мероприятий, направленных на предотвращение ЧС, максимально возможное уменьшение масштабов негативных последствий, а также оперативное реагирование на возникающие чрезвычайные ситуации.

«Основами государственной политики в области обеспечения безопасности населения Российской Федерации и защищенности критически важных и потенциально-опасных объектов от угроз техногенного, природного характера и террористических актов» создание систем мониторинга опасных объектов для оценки и оперативного прогнозирования последствий их разрушения (повреждения), сопряжение этих систем с едиными дежурно-диспетчерскими службами, локальными системами оповещения органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и органов управления организаций, эксплуатирующих опасные объекты, а также собственников или балансодержателей этих объектов отнесено к числу основных задач государственной политики в указанных областях.

Федеральной целевой программой «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» предусмотрено строительство объектов по

уничтожению химического оружия на территориях ряда субъектов Российской Федерации, в том числе и в Удмуртской Республике

Несмотря на то, что в ряде субъектов Российской Федерации, в том числе и в Удмуртской Республике, создана и действует многоуровневая система контроля и прогнозирования чрезвычайных ситуаций, она не может дать полных гарантий обеспечения безопасности окружающей среды при работе потенциально-опасного объекта и, следовательно, методы функционирования системы контроля и методы осуществления мониторинга нуждаются в дополнении и совершенствовании

Актуальность разработки новых подходов к организации и осуществлению экологического мониторинга потенциально опасных объектов (далее ПОО) вызвана появлением новых технологий, в том числе, утилизации вооружений

Цель работы – получение качественного анализа результатов мониторинга биоты при оценке влияния потенциально-опасных промышленных объектов на окружающую среду, на примере объекта по хранению и/или уничтожению химического оружия (далее ОУХХО)

Для достижения указанной цели в работе поставлены и решены следующие задачи

- анализ существующих подходов и методов проведения биомониторинга вокруг потенциально-опасных объектов с выделением задач исследований,
- моделирование оценки экологической безопасности объектов уничтожения химического оружия с использованием графов,
- разработка алгоритмов организации и осуществления биомониторинга в зоне влияния ОУХХО с использованием экспериментального полигона,
- определение эталона, определяющего характер функционирования ОУХХО в виде описания признаков с использованием квантификационных отношений,
- построение базы данных параметров биомониторинга,
- разработка и обоснование нового методологического подхода к организации и осуществлению биомониторинга объекта по хранению и/или уничтожению химического оружия с использованием полигонов,
- определение основных принципов и требований к организации и осуществлению биомониторинга объекта по хранению и/или уничтожению химического оружия,
- разработка регламента проведения биомониторинга с учетом его разновидности, участка наблюдений (пробоотбора), времени и периодичности оценки, параметров и методов исследований,
- проведение экспериментов по исследованию разработанного подхода на примере ОУХХО, а также – при воздействии на биологические объекты физических полей антропогенного происхождения

Объектом исследования являются системы экологического мониторинга потенциально-опасных объектов на примере объекта по хранению и/или уничтожению химического оружия и техногенное влияние указанных объектов на окружающую среду

Предметом исследования являются методологические подходы и алгоритмы организации и осуществления биомониторинга ОУХХО

Методы исследования – в работе применялись теоретические и экспериментальные методы исследований

Для обоснования предлагаемого методологического подхода к организации и осуществлению биомониторинга в зоне защитных мероприятий (далее ЗЗМ) ОУХХО с использованием экологического полигона применялись методы сравнительного анализа существующих подходов и методической базы, методы острых экспериментов, вегетационные методы, использовался сравнительно-аналитический подход к проведению оценки достоверности предельно-допустимых концентраций мышьяксодержащих соединений, методы системного анализа и математического моделирования параметров биомониторинга для разработки базы данных и алгоритмов классификации результатов биомониторинга

Достоверность и обоснованность полученных в работе результатов и выводов подтверждены камеральной и аналитической обработкой данных, полученных в ходе экспериментов, проведенных на полигоне в период с 2005 по 2007 годы, а также подкреплены итогами лабораторных исследований на биосистемах разных таксономических групп и результатами компьютерной обработки данных

На защиту выносятся результаты исследования и разработки подсистемы биомониторинга, обеспечивающей получение качественного анализа результатов мониторинга при оценке влияния ОУХХО на окружающую среду, в том числе

- модель оценки экологической безопасности ОУХХО с использованием ориентированных графов,
- новый методологический подход к организации и осуществлению мониторинга ОУХХО с использованием полигона,
- основные принципы организации и осуществления биомониторинга с использованием полигона и регламент его проведения,
- алгоритмы организации и осуществления биомониторинга с использованием экспериментального полигона,
- алгоритм построения эталона с использованием квантификационных отношений, определяющий характер функционирования объекта,
- база данных параметров биомониторинга,
- результаты экспериментов по исследованию разработанного подхода к организации и осуществлению биомониторинга

Научная новизна полученных результатов заключается в создании подсистемы биомониторинга при контроле ОУХХО обладающей оперативностью и автоматизацией обработки результатов биомониторинга, при разработке которой

- разработан алгоритм организации и осуществления биомониторинга с использованием полигона при различном характере функционирования объекта (диагностический и оперативный биомониторинг),

- впервые предложено использовать относительное описание в виде решетчатых функций результатов биомониторинга,
- разработан алгоритм построения эталона, определяющего характер функционирования ОУХХО, с классификацией данных биомониторинга в виде относительного описания,
- определены структура и параметры базы данных биомониторинга,
- предложен новый методологический подход к организации и осуществлению биомониторинга с использованием полигона,
- определены основные параметры, регламент проведения биомониторинга с учетом его разновидностей,
- получены экспериментальные зависимости «доза-эффект» и «время-реакция» по воздействию продуктов трансформации люизита на природные системы (в лабораторных и полевых условиях)

Практическая значимость исследования

Предложена новая подсистема организации и осуществления экологического мониторинга в районе потенциально-опасных объектов на примере ОУХХО Проведена апробация указанной системы в лабораторных и полевых условиях Разработан регламент, алгоритмы проведения биомониторинга с применением методов автоматизации

Работа выполнялась в соответствии с Федеральной целевой программой «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2008 года», утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 29 сентября 1999 года № 1098 и планами НИОКР Главного управления МЧС России по Удмуртской Республике и Министерства по делам ГО и ЧС Удмуртской Республики

Реализация работы в производственных условиях

Предлагаемая подсистема подготовлена к внедрению в качестве блока мониторинговых работ ПОО, на примере ОУХХО

Апробация работы

Отдельные этапы работы обсуждались и были представлены на XIV международной научно-практической конференции «Предупреждение, спасение, помощь» (теория и практика 15 лет в системе МЧС России) в г. Химки Московской области 3 апреля 2007 года, научно-практическом семинаре-совещании «Интеллектуальные транспортные системы» Комитета поддержки реформ Президента Российской Федерации в г. Ижевске 18 июля 2006 года, научно-технических конференциях «Приборостроение в XXI веке Интеграция науки, образования и производства» ИжГТУ, г. Ижевск в 2006 и 2007 годах. Материалы работы обсуждались на совещаниях, научно-технических семинарах и конференциях, проводимых в 2004-2006 гг. ГУ МЧС России по Удмуртской Республике, МЧС Удмуртской Республики, на семинарах ИжГТУ

Публикации

Основные научные результаты по теме диссертации опубликованы в 18 научных работах, в том числе 16 статей в журналах и сборниках, и двух научно-

технических отчетах Из них в изданиях, рекомендованных ВАК РФ 3, в том числе 2 в печати

Структура и объем работы

Диссертация содержит введение, 4 главы и заключение, списки использованных литературных источников и нормативных правовых актов, содержащих 275 наименований и 1 приложение Диссертация содержит 16 рисунков и 4 таблицы, общий объем работы 210 страниц машинописного текста В приложении к диссертации приведены акты об использовании результатов работы

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение

Во введении обоснованы актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, методы, определены новизна и практическая значимость работы

В первой главе рассмотрены основные положения и функции экологического мониторинга, проведен анализ методов контроля за содержанием загрязняющих веществ в биосфере, организация системы экологического мониторинга на различных уровнях управления и существующих проблем в указанных областях

Рассмотрены работы Ашихминой Т Я, Лозановской И Н, Русанова А Н и Миляковой Е А, Майстренко В Н., Розанцева Э Г и Черемных Е Г, Л Филипповой и Г Инсарова, Ю А Мамаева и Б К Лапочкина, Миркина Б М, Т Г Габричидзе, Н В Козловской, В А Алексеева, Добровольского В В, Железновой Г В, Гераськина С А, Закутновой В И и др На основе теоретических исследований рассмотрены основные положения биомониторинга на потенциально опасных объектах, принципы экологического флористического мониторинга на локализованных территориях Отмечена и обоснована необходимость комплексного и системного подхода к осуществлению мониторинга на потенциально опасных объектах с обязательным достижением конечной цели – принятия четких управленческих решений, обоснованных результатами мониторинговых исследований и данными прогноза

Показаны примеры «классического подхода» к осуществлению биомониторинга с применением стандартных методик и методов популяционной экологии Отмечены проблемы методического обеспечения мониторинга биоты и недостатки указанных подходов, не учитывающих особенностей ландшафта в сочетании с влиянием ПОО, особенно на стадии пробоотбора

На основе анализа существующих подходов к проведению биомониторинга сформулированы специальные требования к организации биомониторинга в зоне защитных мероприятий объектов по уничтожению и/или хранению химического оружия с учетом соблюдения временной динамики параметров биоты в контуре ЗЗМ ОУХХО при различных режимах работы объекта, оперативности получения данных, учета поправки на адаптацию биоты и тестирования подсистемы биомониторинга

Обоснована необходимость введения к существующим биоэкологическим и геоэкологическим методам контроля загрязнений в ЗЗМ ОУХХО экспериментального метода на базе идентификационного экологического полигона

Сформулированы основные задачи исследования для обеспечения качественного анализа результатов биомониторинга с использованием компьютерной базы данных и обработки результатов биомониторинга

Во второй главе рассмотрены проблемы моделирования оценки экологической безопасности объектов уничтожения химического оружия

Экологическая безопасность объекта и окружающей среды должна рассматриваться как с точки зрения социальных последствий, так и проблем технической и технологической безопасности. Поэтому моделирование оценок экологической безопасности требует не только количественных, но и качественных методов. Что возможно лишь при системном подходе.

Например, понятие экологической безопасности объектов уничтожения химического оружия можно рассматривать с двух позиций:

- экологическая безопасность в режиме нормальной, безаварийной работы,
- экологическая безопасность при аварийном режиме работы.

В первом случае, экологическую безопасность можно выразить в виде функционала следующих переменных, каждая из которых представляет множество параметров:

- A_1 - длительность работы на различных технологических этапах,
- A_2 - параметры влияния объекта на фауну, флору и человека на данной территории при сложившейся природной и техногенной обстановке,
- A_3 - превышение существующих на данной территории вредных воздействий и загрязнений при функционировании объекта,
- A_4 - результаты воздействий (в том числе и длительных) на обслуживающий персонал и население и окружающую среду,
- A_5 - улучшение экологической обстановки за счет косвенной очистки воды, воздуха, отходов в технологических схемах объекта утилизации,
- A_6 - экономические выигрыши проекта, позволяющие улучшить финансирование программ по охране окружающей среды и охране здоровья населения.

Во втором случае составляющими оценки экологической безопасности будут:

- A_1 - длительность аварийного процесса и времени его воздействия на окружающую среду,
- A_2 - параметры влияния объекта на окружающую среду и человека,
- A_3 - превышение норм загрязнения территорий,
- A_4 - результаты воздействия на обслуживающий персонал и население,
- V_1 - параметры вредных воздействий на окружающую среду и человека в случае аварийного процесса на объекте утилизации,
- V_2 - последствия воздействий на окружающую среду, обслуживающий персонал и население,
- V_3 - параметры обеспечения ликвидации последствий аварийного процесса,
- V_4 - принятие решений о предупреждении и ликвидации ЧС.

Формализованную модель экологической безопасности как сложной систе-

мы можно построить только с использованием методов системного анализа, представив переменные и оценки в виде системы признаков и описав структуру такой системы через графы

Для рассмотренных случаев графы систем экологической безопасности имеют следующий вид (рис 1, рис 2), где C_1 и C_2 - экологическая безопасность для соответствующих случаев

Первый граф имеет семь вершин и связи между ними. При этом направление связи говорит о влиянии одного фактора на другой. Если это влияние положительное (что показано окраской связи) то исходный фактор усиливает фактор последующий. Например, появление любых новых вредных факторов (A_2) приводит к уменьшению экологической безопасности (C). А улучшение экологической обстановки за счет дополнительных функций объекта утилизации по очистке воздуха и воды приводит к росту экологической безопасности.

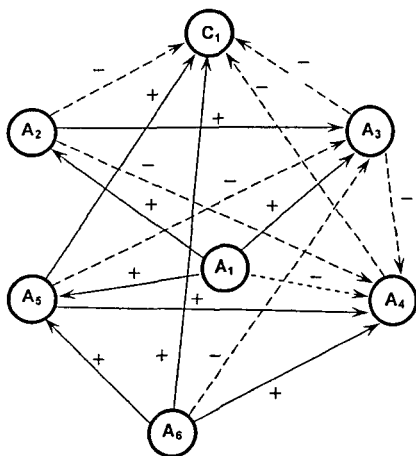


Рисунок 1 Оценка экологической безопасности объекта по утилизации химического оружия (безаварийный режим работы)

Второй граф содержит ряд новых элементов (B_1, B_2, B_3, B_4) и связей, которые дополняют систему для описания аварийного процесса. Например, B_2 и A_4 составляют параметры, которые описывают результаты и воздействия на людей вредных факторов, как до аварии, так и во время и после аварии. Пунктирной линией обозначено косвенное влияние между элементами графа.

Описание различных систем экологической безопасности с помощью оргграфов позволяет задавать эти системы с помощью матриц инцидентности графов, что дает возможность анализа различных ситуаций в ЭВМ. При этом каждой ситуации будет соответствовать свой граф, а, следовательно, и своя формализованная оценка экологической безопасности.

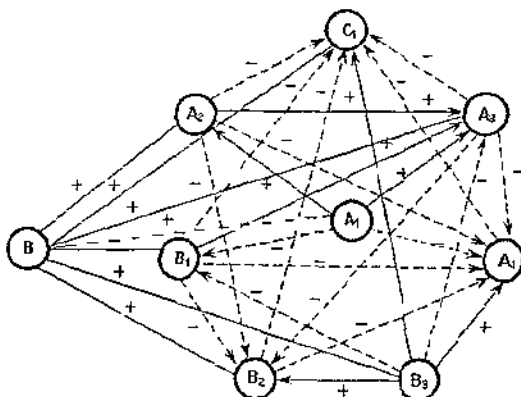


Рисунок 2 Оценка экологической безопасности объекта по утилизации химического оружия (аварийный процесс)

Из этого следует вывод для оценки экологической безопасности объектов утилизации химического оружия должна использоваться не единая оценка, а множество оценок, характерных для различных сценариев (ситуаций) работы объекта

$\{C_i\}_{i=1}^N$ — $\{G_i\}_{i=1}^N$, где C_i - оценка для i -ой ситуации, где i от 1 до N ,

G_i - граф для i -ой ситуации

Путем операции объединения $\cup_{i=1}^N G_i$, через матрицы инцидентий возможно получение обобщенного графа G_0 , который по мере уточнения сценариев работы объекта по утилизации может дополняться

Путем разбиения графа G_0 на подграфы возможно получить множество оценок, которое будет конечным

Полученный в настоящей работе вывод о невозможности получения единой оценки (обобщенной) с использованием теории графов лишь подтверждает те работы по оценке различных технологий утилизации, в которых используется множество количественных и качественных оценок

В этой главе приведены системные особенности экологического мониторинга объектов уничтожения химического оружия

В третьей главе детально рассмотрены основные элементы системы мониторинга воздействия на окружающую среду объекта по хранению и/или уничтожению химического оружия. Отмечено и показано, что все элементы мониторинга, а именно мониторинг атмосферного воздуха и снежного покрова на самом объекте и вокруг него, мониторинг поверхностных вод и иловых отложений, почвенный мониторинг, геологический мониторинг, мониторинг обращения с отходами и стоками, имеют достаточную нормативную и методическую базу. Показана структура технологического процесса мониторинга окружающей среды вокруг объекта УХХО.

На основе проведенного анализа литературных источников, имеющихся нормативных документов и методической литературы приходим к выводу, что

у мониторинга биоты практически отсутствует нормативная и методологическая база, в связи с чем каждый из исследователей применяет свой подход для решения конкретной задачи

В соответствии с задачами исследования сформулированы цель и требования к мониторингу флоры и фауны в ЗЗМ ОУХХО

Целью мониторинга будут являться оценка и контроль влияния ОУХХО на окружающую среду в ЗЗМ с использованием биоиндикаторов. Мониторинг данного типа включает в себя

- общий контроль состояния объектов флоры и фауны на территории ЗЗМ ОУХХО,

- оценку фоновое (доэксплуатационное) состояния природных экосистем на территории ЗЗМ,

- оценку текущих изменений состояния окружающей природной среды на территории ЗЗМ в ходе эксплуатации объекта УХХО с применением биологической индикации,

- прогноз дальнейшего изменения состояния окружающей природной среды под влиянием объекта УХХО,

- тестирование результатов мониторинга посредством сравнения с другими видами мониторинга окружающей среды (почва, вода)

Данные мониторинга должны архивироваться не только в табличном и цифровом виде, но и в виде фотографий, иллюстраций и карт

Основные воздействия на флористический и фаунистический компоненты природных экосистем в ЗЗМ ОУХХО, согласно прогнозу, сделанному на основе анализа ТЭО, будут связаны с поступлением в окружающую природную среду мышьяк-содержащих химических соединений на стадии эксплуатации объекта в штатном режиме, а также в случае аварийных ситуаций

Для организации биомониторинга выбираются виды-биоиндикаторы и биотест-объекты, анализируемые биологические и химические параметры и методы их анализа, пункты, время и периодичность сбора материала

Выделено две разновидности биомониторинга ОУХХО

- 1 Мониторинг диагностический, проводимый в течение длительного времени влияния объекта

- 2 Мониторинг оперативный, позволяющий быстро оценить состояние среды в ЗЗМ при нештатной ситуации на объекте

Обоснована необходимость создания информационно-измерительной базы в виде эколого-аналитической лаборатории, позволяющей вести контроль в ЗЗМ объекта на уровне долей ПДК для получения достоверного прогноза поведения и тенденций накопления загрязняющих веществ в окружающей среде и биообъектах

Сформулированы требования к составу контролируемых показателей флоры и фауны

При осуществлении диагностического мониторинга выбираются биологические системы, способные к интегральному ответу на комплексные воздействия и проявляющие кумулятивный эффект. В качестве биоиндикаторов выбираются почвенные водоросли классов Cyanophyta, Chlorophyta, грибы-

макромицеты, лишайники *Cladonia*, *Cetraria*, макрозообентос разных таксономических групп и др. В дополнение к анализу мышьяка регистрируются состояния надорганизменных живых систем, например численность (биомасса) лишайников, грибов, червей на контрольных и фоновых участках по эдафическим характеристикам. Время и периодичность отбора проб устанавливаются в зависимости от особенностей жизненного цикла организмов таксономических групп.

При осуществлении оперативного мониторинга основным требованием к анализируемым биологическим параметрам является их чувствительность (низкие пороги и незначительные запаздывания на ответные реакции), должны учитываться поправки на возможность приспособления биологических объектов (адаптация, компенсация) к техногенному воздействию с нарастанием интенсивности действия во времени, а также возможность тестовой проверки антропогенного воздействия и отклика биологических объектов на данное воздействие. Учитывая, что большинство супертоксикантов относится к классу нестабильных соединений указанный биомониторинг должен включать организацию экспериментального изучения трансформации природных объектов и биологических систем под влиянием данных поллютантов и продуктов их превращений. Для решения указанных задач предложено создание в контуре ЗЗМ ОУХХО идентификационного экологического полигона, позволяющего моделировать различные сценарии развития ситуации на объекте в режиме, наиболее приближенном к реальному, с определением зависимостей «доза-эффект» и «время-реакция».

Разработан и представлен регламент проведения биомониторинга с учетом его разновидности, участка наблюдений (пробоотбора), времени и периодичности оценки, параметров и методов исследований.

Исходя из потенциальной опасности объектов УХХО рассмотрены возможности изменения регламента при аварийных ситуациях на объекте с проведением экспериментальной оценки окружающей среды на идентификационном экологическом полигоне с целью оперативного определения размеров ущерба окружающей среде и принятия управленческих решений, в т.ч. по расчету схемы рекультивационных мероприятий в ЗЗМ.

Для реализации созданной нами подсистемы биомониторинга с позиции системного подхода предложены алгоритмы с использованием экспериментального полигона для двух режимов долговременного сбора данных о влиянии объекта и оперативного.

На рисунке 3 представлена блок-схема диагностического мониторинга в режиме долговременного сбора информации.

Блоки 1 и 2 используются для формирования структуры биомониторинга и построения эталона полигона в условиях отсутствия влияния объекта (до его строительства или пуска в эксплуатацию). Этому предшествуют работы по созданию ОВОС. В зависимости от характера действия объекта и метеорологических условий (характерная роза ветров, климатические изменения) количество площадок полигона может быть различным. Важным элементом основных этапов алгоритма является построение эталона.

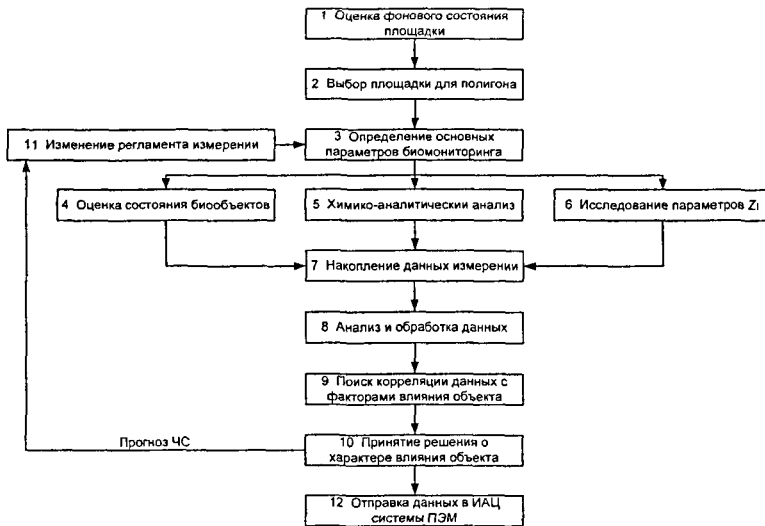
$$F_3 = \langle x_1, x_2, \dots, x_n, y_1, y_2, \dots, y_n, z_1, z_2, \dots, z_n \rangle$$


Рисунок 3 Блок-схема алгоритма проведения диагностического биомониторинга

Блоки 1 и 2 используются для формирования структуры биомониторинга и построения эталона полигона в условиях отсутствия влияния объекта (до его строительства или пуска в эксплуатацию) Этому предшествуют работы по созданию ОВОС В зависимости от характера действия объекта и метеорологических условий (характерная роза ветров, климатические изменения) количество площадок полигона может быть различным Важным элементом основных этапов алгоритма является построение эталона

$$F_3 = \langle x_1, x_2, \dots, x_n, y_1, y_2, \dots, y_n, z_1, z_2, \dots, z_n \rangle$$

Группа параметров $\{x_i\}$ характеризует биообъекты, расположенные на площадках Группа $\{y_i\}$ описывает основные данные о химико-аналитических свойствах этих биообъектов Группа параметров $\{z_i\}$ показывает зависимости воздействия предполагаемых веществ в выбросах влияния объекта Эта группа показателей выделяет предложенный подход от известных видов биомониторинга

Блок 3 предполагает проведение измерений на выбранном полигоне по сформированной программе и содержит три составляющих оценка видов (численность, характер биомассы, морфология и т.п.) – блок 4, химико-аналитические измерения (содержание вредных веществ от влияния объекта) – блок 5, изменение параметров z_i – блок 6

Полученные данные заносятся в базу данных, которая представляет собой исходные материалы для составления эталона F_3 (блок 7) или получения опи-

сания влияния объекта в форме группы параметров $\{x'1\}, \{y'1\}, \{z'1\}$, которые представляют в общем виде описание $F'э$

В блоке 8 происходит обработка полученных данных с целью сравнения $Fэ, F'э$

В случае отклонения полученных данных от эталона устанавливается корреляция между характером влияния объекта и полученными данными. В зависимости от того, насколько велико отличие от эталона принимается решение об изменении регламента измерений с целью прогноза возможной ЧС (блок 10)

Изменение регламента предполагает изменение частоты отбора проб с какой-либо из площадок, входящих в полигон, а также изменение основных параметров биомониторинга (добавление новых параметров) (блок 11)

Завершающим этапом алгоритма является подготовка данных (упаковка, приведение к определенным формам) для отправки их в ИАЦ системы мониторинга

Оперативный биомониторинг представлен в виде блок-схемы алгоритма его проведения на рисунке 4

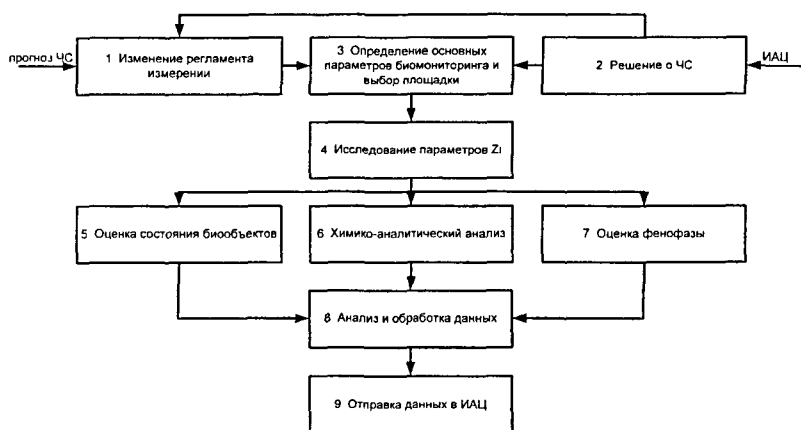


Рисунок 4 Блок-схема алгоритма проведения оперативного биомониторинга

Переход на оперативный биомониторинг может происходить по двум условиям

1 на основании результатов диагностического мониторинга с изменением регламента измерений (блок 1),

2 на основании сигнала о ЧС, поступившего от ИАЦ основной системы мониторинга или от руководства объекта (блок 2)

В этом случае производится корректировка основных показателей измерения, а также при необходимости выбора площадок, на которых необходимо производить измерения (блок 3)

Как и при долгосрочном биомониторинге производится исследование параметров (блок 4), оценка состояния биообъектов (блок 5), химико-аналитический анализ (блок 6) и оценка сдвига фенофазы по сравнению с контрольной (эталонной) (блок 7). Полученные данные обрабатываются и немедленно отправляются в ИАЦ основной системы мониторинга (блоки 8 и 9).

При этом дается сравнительная оценка полученных данных с эталоном и показывается характер изменений биообъектов.

Для анализа передачи данных оперативного биомониторинга в ИАЦ в реальном масштабе времени производится автоматизация обработки данных с решением главной задачи – сравнения и оценки данных с эталоном, т.е. решения задачи распознавания образов. Портрет получаемого при измерениях образа представлен на рисунке 5.

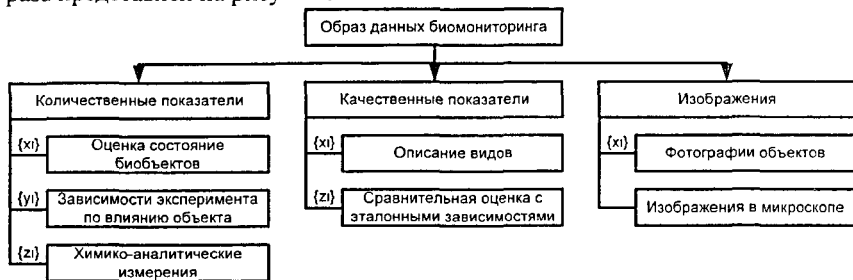


Рисунок 5 «Портрет» образа совокупности данных биомониторинга

Полученные в ходе биомониторинга количественные показатели $\{x_1\}$, $\{y_1\}$, $\{z_1\}$ приводятся к условным данным и обрабатываются с использованием относительного описания в виде решетчатых функций (РФ), матрицы отношения $[R]_i$ и классификатора

Алгоритм классификации РФ по матрице отношения $[R]_i$ содержит следующие операции

- построение разности компонентов РФ i -ого порядка,
- построение матрицы отношения $[R]_i$,
- отнесение полученной информации к заданному классу или подклассу

РФ,

- построение разности $(i+1)$ порядка и т.д.

Преимущества предложенной классификации определяются двумя свойствами

- 1 Описание РФ через матрицу отношения $[R]_i$ позволяет выделить гомоморфный эталон путем выбора из $[R]_i$ отдельных информативных элементов
- 2 Из матрицы отношения $[R]_i$ исходной РФ можно выделить подматрицу отношения любого участка исследуемой РФ

На основе указанной классификации по результатам предварительных исследований на полигоне возможно построить эталоны, определяющие характер нормального функционирования ОУХХО в виде словесного описания признаков

В результате анализа информации, получаемой при биомониторинге, разработана база данных (БД) параметров биомониторинга

Независимо от их вида исследуемые параметры разделены на три группы

1 Первичные (амплитудные и временные),

2 Производные от первичных (расчетные) (эталоны, сравнительные оценки и др),

3 Формы зависимостей при проведении эксперимента на полигоне

Кроме этого, необходимо учитывать информацию и о биообъектах

В БД заносятся только первичные и визуальные параметры, остальные рассчитываются автоматически

Структура разработанной базы данных приведена на рисунке 6

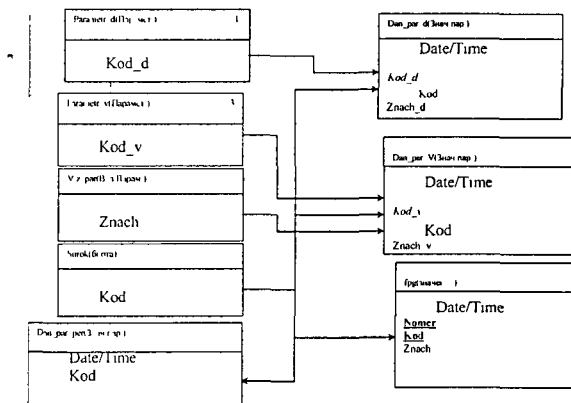


Рисунок 6 Структура базы данных где

- 1 Таблица параметров вычисляемых (справочник) (Parametr_d)
- 2 Таблица параметров (справочник) (Parametr_Z), для хранения измеряемых параметров
- 3 Таблица параметров визуальных (справочник) (Parametr_v)
- 4 Таблица значений визуальных параметров (справочник) (Viz_par)
- 5 Таблица биообъектов на полигоне (справочник) (Surok)
- 6 Таблица параметров вычисляемых (dan_par_d)
- 7 Таблица измеренных параметров визуальных (dan_par_v)
- 8 Таблица измеренных параметров первичных (стартовых) (dan_par_per)
- 9 Таблица измеряемых параметров биообъекта в период эксплуатации ОУХХО (Dan_par_Z)
- 10 Таблица измеренных параметров, для хранения точек измерений,

при этом логические структуры БД не зависят от структуры носителя

Имеющиеся в структуре БД связи обеспечивают целостность данных

Разработаны экранные формы, позволяющие достаточно просто вводить и получать необходимую информацию

Разработанная база данных позволяет значительно облегчить процесс обработки, поиска и хранения информации о результатах биомониторинга

Четвертая глава посвящена экспериментальным исследованиям разработанного подхода проведения биомониторинга

В августе 2005г на территории экологического полигона в Камбарском районе Удмуртской Республики были заложены эксперименты, позволяющие оценить влияние химически опасного ПОО на растительный покров

Для закладки полевого эксперимента был выбран относительно однородный по рельефу, растительности (с наиболее типичными по видовому составу растительными сообществами), почвенным параметрам и прочим экологическим факторам участок Исследования проводились на территории Вятско-Камской провинции дерново-подзолистых почв (Почвенная карта Удмуртской АССР, 1974)

Мышьяк-содержащие органические соединения в почве трансформируются до неорганических соединений арсенатов и арсенитов, поэтому в полевых экспериментах для моделирования мышьяковистого загрязнения был использован водный раствор арсенита кальция, разлитый в различной концентрации Арсенит кальция – $\text{Ca}_3(\text{AsO}_3)_2$ – препарат, который ранее применялся в качестве ратицида и инсектицида против насекомых с грызущим ротовым аппаратом (листовертки, саранча, медведки, вредная черепашка)

В качестве ключевого значения концентрации загрязнителя использована величина ПДК для дерново-среднеподзолистой легкосуглинистой почвы, преобладающей на полигоне

Цель эксперимента №1, имитирующего загрязнение почвенно-растительного покрова - оценка изменения параметров травяного покрова под влиянием мышьяк-содержащего раствора, с выявлением видов, устойчивых к загрязнению

По итогам камеральной обработки полученных в эксперименте данных (см рис 7), отчетливо проявилась характерная для суперэкотоксикантов двухфазная функция «доза-эффект», с сохранением общего вида зависимости видового обилия и ОПП на экспериментальных площадках (ЭП) от количества внесенного мышьяк-содержащего раствора

Зафиксирована корреляция динамики количества видов и ОПП на площадках слабой степени загрязнения (1-1,5 ПДК) с количеством осадков в период вегетации ($r = 0,62$ при 5% уровне значимости)

По распределению содержания мышьяка в почве ЭП (рисунок 8) так же, как и в отношении растительного покрова, наблюдается двухфазный характер зависимости «доза-эффект»

При проведении эксперимента фиксировались параметры растительного покрова 1 раз в месяц в течении вегетационного сезона (с мая по октябрь) Обработка данных проводилась с помощью программного пакета Statistika 95 Общее количество видов в эксперименте на различных площадках составило от 18 до 21 видов

По распределению содержания мышьяка в почве ЭП (рисунок 8) так же, как и в отношении растительного покрова, наблюдается двухфазный характер

зависимости «доза-эффект»

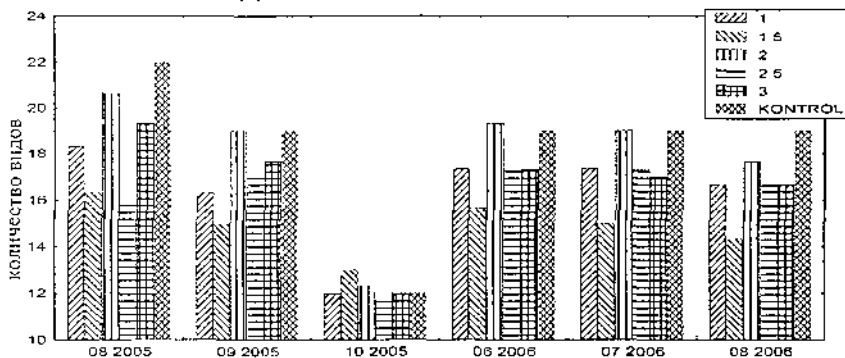


Рисунок 7 Динамика количества видов высших растений, экз., на ЭП, в зависимости от дозы весеннего раствора

По распределению содержания мышьяка в почве ЭП (рисунок 8) так же, как и в отношении растительного покрова, наблюдается двухфазный характер зависимости «доза-эффект»

При проведении эксперимента фиксировались параметры растительного покрова 1 раз в месяц в течении вегетационного сезона (с мая по октябрь). Обработка данных проводилась с помощью программного пакета Statistika 95. Общее количество видов в эксперименте на различных площадках составило от 18 до 21 видов

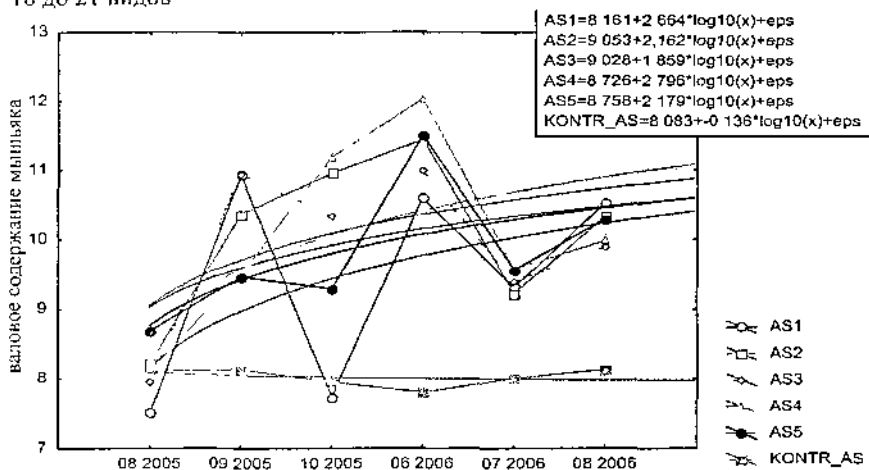


Рисунок 8 Временная динамика валового содержания мышьяка (мг/кг) в верхних горизонтах почвы ЭП

Обозначения AS1 - 1 ПДК, AS2 - 1,5 ПДК, AS3 - 2 ПДК, AS4 - 2,5 ПДК, AS5 - 3 ПДК, KONTR_AS - контрольная площадка

По итогам этой экспериментальной серии выявлен спектр видов флоры Удмуртской Республики, способных переносить повышенное содержание мышьяка в почве, не теряя способности к полноценному функционированию

Цель эксперимента №2 - оценка изменения параметров древесной растительности после внесения мышьяк-содержащего раствора на почву

Эксперимент 2 проводился по преобладающей на полигоне хвойной породе сосна обыкновенная

Итоги замеров модельных деревьев (МД) первого возраста фиксируют некоторую количественную трансформацию прироста слабое затормаживание, пропорционально дозе загрязнителя, по сравнению с контролем

Нижние ветви МД второго возраста заторможены, средние и верхние – стимулированы по сравнению с контрольными данными

Прирост МД третьего возраста заторможено по сравнению с контролем на всех уровнях

Для всех возрастов характерно сохранение естественных тенденций прироста

Таким образом, полученные в ходе экспериментов данные подтверждают вывод о необходимости включения в систему комплексного мониторинга подсистему первичного биомониторинга метаболитов отравляющих веществ и продуктов их деструкции в природных системах различного типа Это позволит дать объективную оценку экологической ситуации в районах хранения и уничтожения химического оружия, с целью разработки мероприятий по защите населения и территорий, экспертизы и контроля мест, потенциально опасных в плане возможного возникновения техногенного загрязнения территории

Экспериментально (в полевых и лабораторных опытах) подтверждена необходимость детальной диагностики мониторинга мышьяковистого загрязнения окружающей среды в ЗЗМ ОУХХО уже на уровне малых и сверхмалых доз (не превышающих ПДК), что становится возможным в случае использования экологического полигона, как основного звена данной подсистемы биомониторинга

Предлагаемый методологический подход к организации и осуществлению биомониторинга дополняет существующую систему безопасности в районах расположения объектов по хранению и/или уничтожению химического оружия в части ныне де-факто отсутствующего звена – независимой оценки влияния объекта на окружающую среду и прогнозирования последствий

Сбор первичной информации с экологических полигонов проводится подвижными лабораториями заинтересованных министерств и ведомств (ПЭЛ, ПХЛ, ХРЛ, ПЛ др) и передается для проведения лабораторных исследований в межведомственную экологическую лабораторию и химико-аналитическую лабораторию объекта, где происходит первичная обработка данных Полученные данные обрабатываются при помощи средств автоматизации, анализируются и в дальнейшем используются для составления прогнозов влияния объекта на окружающую среду и, в конечном итоге, для подготовки и принятия управленческих решений

В случае возникновения нештатных ситуаций на объекте либо проявления резкого отклика биообъектов на какие-либо вещества первичная информация с подвижных лабораторий кроме вышеуказанных стационарных лабораторий направляется напрямую в дежурно-диспетчерскую службу объекта и ЕДДС-01 соответствующих территорий (города, района, субъекта РФ) для экстренной оценки обстановки и принятия первоочередных решений

На рисунке 9 представлена принципиальная схема биомониторинга с использованием экологического полигона

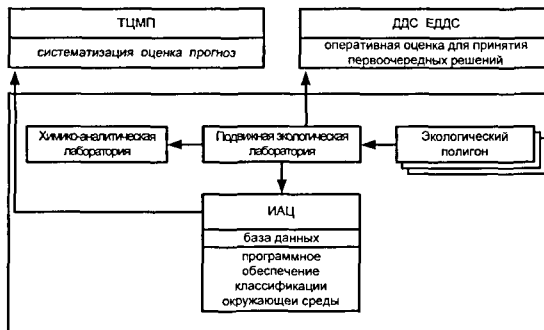


Рисунок 9 Принципиальная блок-схема организации предлагаемой подсистемы биомониторинга с использованием экологического полигона

Данная подсистема органично вписывается в существующую структуру многоступенчатой системы экологической безопасности объектов по уничтожению и/или хранению химического оружия и может быть рекомендована для включения в структуру систем безопасности всех потенциально-опасных объектов, оказывающих влияние на окружающую среду

В приложении №1 приведены акты об использовании результатов кандидатской диссертации, №2 – протокол лабораторных испытаний

Заключение. В результате проведенных в работе комплексных исследований, направленных на получение научно-обоснованных технических, методических и программно-информационных решений по обеспечению качественного анализа результатов биомониторинга потенциально-опасных промышленных объектов на примере объекта по уничтожению и/или хранению химического оружия создана методика проведения биомониторинга с использованием специального полигона, разработана подсистема мониторинга и принятия решения при чрезвычайных ситуациях на потенциально-опасных объектах с использованием компьютерного анализа результатов биомониторинга. В результате проведенных экспериментов доказан предложенный подход проведения и обработки данных биомониторинга

Основные выводы и результаты работы состоят в следующем

1 Совершенствование биомониторинга объектов по уничтожению и/или хранению химического оружия предполагает введение дополнительно к суще-

ствующим биоэкологическим и геоэкологическим методам контроля экспериментального метода на базе экологического полигона

2 Основными требованиями к организации биомониторинга объектов по хранению и уничтожению химического оружия являются

- контроль временной динамики параметров биоты в контуре зоны защитных мероприятий ОУХХО при различных режимах работы объекта,
- оперативность получения данных,
- учет поправки на адаптацию биоты,
- тестирование подсистемы биомониторинга

3 К совершенствованию биомониторинга необходимо подходить комплексно, системно, с обязательным достижением конечной цели – принятия четких управленческих решений, обоснованных результатами мониторинговых исследований и данными прогноза

4 Предложенный подход к организации биомониторинга в ЗЗМ ОУХХО включает

- диагностический мониторинг, проводимый в течение длительного времени влияния объекта и предназначенный для раннего предупреждения возможной аварийной ситуации на объекте с определением загрязнений на уровне долей ПДК,

- оперативный мониторинг, предназначенный для оперативной оценки состояния окружающей среды при любой нештатной ситуации на объекте

5 В отличие от известных методов мониторинга неотъемлемой частью экспертно-аналитической системы мониторинга ОУХХО должен стать экологический полигон, позволяющий моделировать различные сценарии развития ситуации на объекте в режиме наиболее приближенном к реальному с определением зависимостей «доза-эффект» и «время-реакция»

6 Предложена модель оценки экологической безопасности объектов по уничтожению и/или хранению химического оружия на базе ориентированных графов с определением аварийного режима объекта

7 Использование относительного описания в виде квантификационных отношений позволило сформировать эталон основных параметров биомониторинга и разработать алгоритмы классификации результатов биомониторинга с целью принятия решений по предотвращению или ликвидации чрезвычайных ситуаций

8 Впервые предложена структура базы данных параметров биомониторинга, которая позволяет обеспечить высокую эффективность методов и средств сбора данных, обработки, хранения, накопления, обновления, поиска и отображения информации

9 Включение экологического полигона в систему мониторинга ПОО (на примере ОУХХО в г Камбарка) позволяет сократить время получения объективных мониторинговых данных по подсистеме биомониторинга

10 Экспериментально подтверждена необходимость детальной диагностики мониторинга мышьяковистого загрязнения окружающей среды в ЗЗМ ОУХХО на уровне малых и сверхмалых доз

11 На примере ОУХХО предложен вариант структуры подсистемы биомониторинга промышленных потенциально-опасных объектов, оказывающих влияние на окружающую среду, с использованием идентификационного полигона

ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

- 1 Алексеев В А , Козловская Н В , Янников И М Алгоритмы обеспечения биомониторинга вокруг химически опасных объектов В сб трудов «Приборостроение в 21 веке Интеграция науки и производства», ИжГТУ, г Ижевск 2006 г – с 537-543
 - 2 Алексеев В А., Габричидзе Т Г , Янников И М Моделирование оценки экологической безопасности объектов по уничтожению и/или хранению химического оружия// Вестник Министерства по делам ГО и ЧС Удмуртской Республики, г Ижевск, №3, 2007 г – с 26-28
 - 3 Габричидзе Т Г , Алексеев В А , Батырев В В, Янников И М Лазерные системы контроля загрязнения атмосферы в районах размещения химически опасных объектов// Технологии гражданской безопасности, 2006 г №4 (10) – с 94-96
 - 4 Габричидзе Т Г , Янников И М , Зубко Т Л , Козловская Н В Трансформация почвенно-растительного покрова под влиянием мышьяк-содержащих соединений и возможность мониторинга // Интеллектуальные системы в производстве, Ижевск, издательство ИжГТУ, 2006 №2 (8) – с 203-207
 - 5 Габричидзе Т Г , Янников И М Основы организации системы многоступенчатого экологического мониторинга и ее сопряжение с АИУС РСЧС Промышленная и экологическая безопасность №5 (7), май 2007 г – с 28-34
 - 6 Янников И М Об организации комплексной системы мониторинга потенциально-опасных объектов и их сопряжения с ЕДДС-01 Удмуртской Республики и муниципальных образований// Вестник МЧС Удмуртской Республики, Ижевск, №1 2007 г – с 11-12
 - 7 Янников И М Проблемы организации оперативного биомониторинга химически опасных объектов // Вестник МЧС Удмуртской Республики, Ижевск, «2 (002), 2007 г. – с 10
 - 8 Янников И М , Козловская Н В Изменение регламента биомониторинга при аварийных ситуациях на объекте по уничтожению и хранению химического оружия в условиях Удмуртской Республики// Вестник по Министерству по делам ГО и ЧС Удмуртской Республики, г Ижевск, №3 (003), 2007 г – с 33-35
- В изданиях, рекомендованных ВАК РФ
- 9 Габричидзе Т Г , Янников И М , Зубко Т Л Когда в регионе химически опасный объект// Гражданская защита, центральное издание МЧС России, №2 2007 г – с 28-29 (принята к печати в октябре 2006 года)
 - 10 Янников И М Анализ методов организации флористического мониторинга вокруг объектов по хранению и уничтожению химического оружия// Вестник ИжГТУ, Ижевск, №2, 2007 г (в печати)
 - 11 Янников И М , Габричидзе Т Г , Зубко Т Л , Медведева А В , Козловская Н В Выявление спектра травянистых растений, перспективных в качестве

ве фитомелиорантов при загрязнении почвы мышьяковистыми соединениями// Вестник ИжГТУ, г Ижевск, №2 2007 г – (в печати)