

Негосударственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Камский институт гуманитарных и инженерных технологий»



ВЕСТНИК КИГИТ

Серия 10. Техносферная безопасность и защита
в чрезвычайных ситуациях

№ 10(52)• 2014

Ижевск 2014

ББК 60
УДК 378

Редакционный совет: председатель – докт. техн. наук, проф., академик **Никулин В.А.**; зам. председателя – канд. экон. наук, PhD, доцент, канд. экон. наук, академик РИА **Дегтева О.А.**; докт. техн. наук, профессор **Митюков Н.В.**

Ответственный редактор серии: проф., докт. техн. наук, Лауреат Премии Правительства РФ, профессор кафедры инженерной экологии и техносферной безопасности **Толстых А.В.**

Члены совета: докт. техн. наук, проф., чл.-корр. РАН **Гусев Б.В.**; канд. техн. наук, академик МИА **Фомин П.М.**; докт. техн. наук, ст.н.с., чл.-корр. РИА **Толстых А.В.**; докт. техн. наук, проф., чл.-корр. РАН, академик РИА **Григорьев Б.А.**; докт. техн. наук, профессор **Касаткин В.В.**; докт. техн. наук, профессор **Сенилов М.А.**; докт. экон. наук, профессор **Павлов К.В.**; докт. техн. наук **Спирidonov С.В.**

Рецензенты: Российская инженерная академия (РИА); Удмуртское отделение Российской инженерной академии, секция РИА «Проблемы инженерного и научного образования».

Вестник КИГИТ: Серия 10. Техносферная безопасность и защита в чрезвычайных ситуациях. Ижевск: Издательство КИГИТ, 2014. 50 с.

© НОУ ВПО «Камский институт гуманитарных и инженерных технологий», 2014

© Авторы, постатейно, 2014

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Дудоров И.В., Телегина М.В.</i> База данных экологического мониторинга почвы в зоне влияния потенциально опасных химических объектов.....	4
<i>Янников И.М., Прокофьев Д.В.</i> Вопросы построения комплексной безопасности потенциально опасных объектов	10
<i>Соколов А.Н., Телегина М.В.</i> Автоматизированная система расчета ущерба при авариях на опасных химических объектах	15
<i>Маринин Р.А., Телегина М.В.</i> Реализация тренажера для действий персонала при аварийных ситуациях на складе хлора	20
<i>Кургузкин П.М.</i> Методические аспекты использования биотестирования для оценки загрязнения почв в зоне влияния объектов по уничтожению химического оружия	25
<i>Шумилова М.А.</i> Содержание тяжелых металлов в почвах Камбарского района	33
<i>Петров В.Г., Шумилова М.А., Столов В.В., Марков А.В.</i> Использование коагулянтов для обезвреживания водно-масляных, водно-нефтяных и водно-жировых эмульсий в отходах производства	43

УДК 004.9

И.В. Дудоров, студент

М.В. Телегина, кандидат технических наук, доцент
Ижевский государственный технический университет

БАЗА ДАННЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПОЧВЫ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Показана необходимость разработки и особенности базы данных экологического мониторинга почвы для зоны влияния потенциально химически опасного объекта.

The necessity of the development and characteristics of the database for the environmental monitoring of soil zones of influence potentially chemically dangerous object.

Ключевые слова: база данных, экологический мониторинг, реляционная модель, программная реализация.

Keywords: database, environmental monitoring, the relational model, the software implementation.

Актуальность. В связи с ростом объемов хранимой и получаемой информации становится актуальным задание по созданию базы данных экологического мониторинга почвы в зоне влияния потенциально опасных химических объектов. Данная база служит для хранения и предоставления данных об экологическом мониторинге. Для добавления, редактирования и удаления данных из базы данных необходима программа для редактирования, что позволит автоматизировать процесс сбора информации, централизовать хранение информации и обеспечит упрощенный доступ к ней [1].

Целью данной работы является создание базы данных экологического мониторинга почвы в зоне влияния потенциально опасных химических объектов и программы для редактирования и просмотра данной базы данных.

Математическое описание доменов, целостности по сущности и целостности по ссылкам

Пусть $Dom(A)$ – домен, на котором определён атрибут A , то есть $A \subseteq Dom(A)$.

$Dom(\text{Номер точки}) = \{01, 02, \dots, 99\}$;

$Dom(\text{Координата } x) = Dom(\text{Координата } y) = \{ 00^{\circ}00', 00^{\circ}01', \dots, 180^{\circ}00' \};$

$Dom(\text{Название вещества}) = \{x \mid \text{CHAR}(x)\};$

где CHAR(x) – предикат, возвращающий значение "Истина", если x – строка символов;

$Dom(\text{Предельно допустимая концентрация}) = \{0,1, 0,2, \dots 999\};$

$Dom(\text{Дата взятия пробы}) = \{x \mid 01.01.2004 \leq x \leq \text{Дата}()\};$

где Дата() – функция, возвращающая текущую календарную дату;

$Dom(\text{Название микроорганизма}) = \{\text{Хлорелла, Эколюм, Инфузории, Дафнии}\};$

$Dom(\text{Фоновый показатель}) = Dom(\text{Концентрация вещества в пробе}) = \{0,1, 0,2, \dots 99999\};$

$Dom(\text{Результаты биотестирования}) = \{\text{нетоксична, допустимая степень токсичности, не оказывает острое токсическое действие, слаботоксична, токсична, среднее токсична, острое токсическое воздействие}\}.$

Каждое отношение реляционной модели имеет первичный ключ и может иметь альтернативные ключи. Ключ отношения всегда удовлетворяет следующему правилу:

$(\forall x, y \in R)(K(x) = K(y)) \rightarrow (x \equiv y),$ где x, y – кортежи отношения R ;

$K(x), K(y)$ – значения ключа в кортежах x и y соответственно.

Приведённая формула утверждает, что, если в двух кортежах совпадают значения ключевых атрибутов, то эти кортежи тождественны. Например:

$(\forall x, y \in \text{ВЕЩЕСТВО})((\text{Название вещества}(x) = \text{Название вещества}(y)) \rightarrow (x \equiv y)),$

где $\text{Название вещества}(X), \text{Название вещества}(Y)$ – значения соответствующих атрибутов в кортежах X и Y .

Составим запросы для базы данных экологического мониторинга почвы в зоне влияния потенциально опасных химических объектов.

Запрос об пробах на конкретную дату (ДАТА), по конкретной точке (ТОЧКА), по веществу(ВЕЩЕСТВО):

ПРОБА WHERE (НОМЕР ТОЧКИ = ТОЧКА AND НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА = ВЕЩЕСТВО AND ДАТА ВЗЯТИЯ ПРОБЫ = ДАТА);

Запрос об пробах за период (НАЧАЛО_ДАТА, КОНЕЦ_ДАТА), по конкретной точке (ТОЧКА), по веществу (ВЕЩЕСТВО):

ПРОБА WHERE (НОМЕР ТОЧКИ = ТОЧКА AND НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА = ВЕЩЕСТВО AND ДАТА ВЗЯТИЯ ПРОБЫ >= НАЧАЛО_ДАТА AND ДАТА ВЗЯТИЯ ПРОБЫ <= КОНЕЦ_ДАТА);

Запрос о среднем фоновом показателе по веществу (ВЕЩЕСТВО):

AVG (Фоновый показатель) FROM ПОКАЗАТЕЛЬ WHERE (НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА = ВЕЩЕСТВО);

Запрос об пробах на конкретную дату (ДАТА), по конкретной точке (ТОЧКА), по веществу (ВЕЩЕСТВО) в сравнении с фоновыми показателями:

ПРОБА WHERE (НОМЕР ТОЧКИ = ТОЧКА AND НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА = ВЕЩЕСТВО AND ДАТА ВЗЯТИЯ ПРОБЫ = ДАТА) JOIN ПОКАЗАТЕЛЬ = НОМЕР ТОЧКИ, НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА (ДАТА ВЗЯТИЯ ПРОБЫ, КОНЦЕНТРАЦИЯ ВЕЩЕСТВА, , ФОНОВЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ).

Проектирование и создание физической модели данных в SQL Server

Создаем таблицы по реляционной модели данных в третьей нормальной форме [2].

Создаем столбцы таблицы BioTest:

- номер точки тип tinyint;
- название микроорганизма тип nvarchar(15);
- дата взятия пробы тип date;
- результат биотестирования тип nvarchar(50),

где Номер точки, название микроорганизма, дата взятия пробы являются ключом таблицы.

Создаем столбцы таблицы Coordinates_point: номер точки тип tinyint; координата X тип char(6) – поле не обязательное; координата Y тип char(6) – поле не обязательное, где Номер точки является ключом таблицы.

Создаем столбцы таблицы indexTable: номер точки тип tinyint; название вещества тип nvarchar(50); фоновый показатель тип float, где Номер точки, название вещества являются ключем таблицы.

Создаем столбец таблицы microorganism: название типа nvarchar(15).

Создаем столбец таблицы result_bioTest: результат типа nvarchar(50).

Создаем столбцы таблицы substance: предельно допустимая концентрация тип smallint; название вещества тип nvarchar(50) –поле не обязательное, где Название вещества является ключом таблицы.

Создаем столбцы таблицы Try: номер точки тип tinyint; название вещества тип nvarchar(50); дата взятия пробы тип date; концентрация вещества тип nvarchar(15), где Номер точки, название вещества, дата взятия пробы являются ключами таблицы.

Связываем столбцы таблицы между собой: microorganism. Название с BioTest. Название_Микроорганизма, Coordinates_point.Номер_точки с indexTable. Номер_точки и т.д. Диаграмма базы данных показана на рисунке 1.

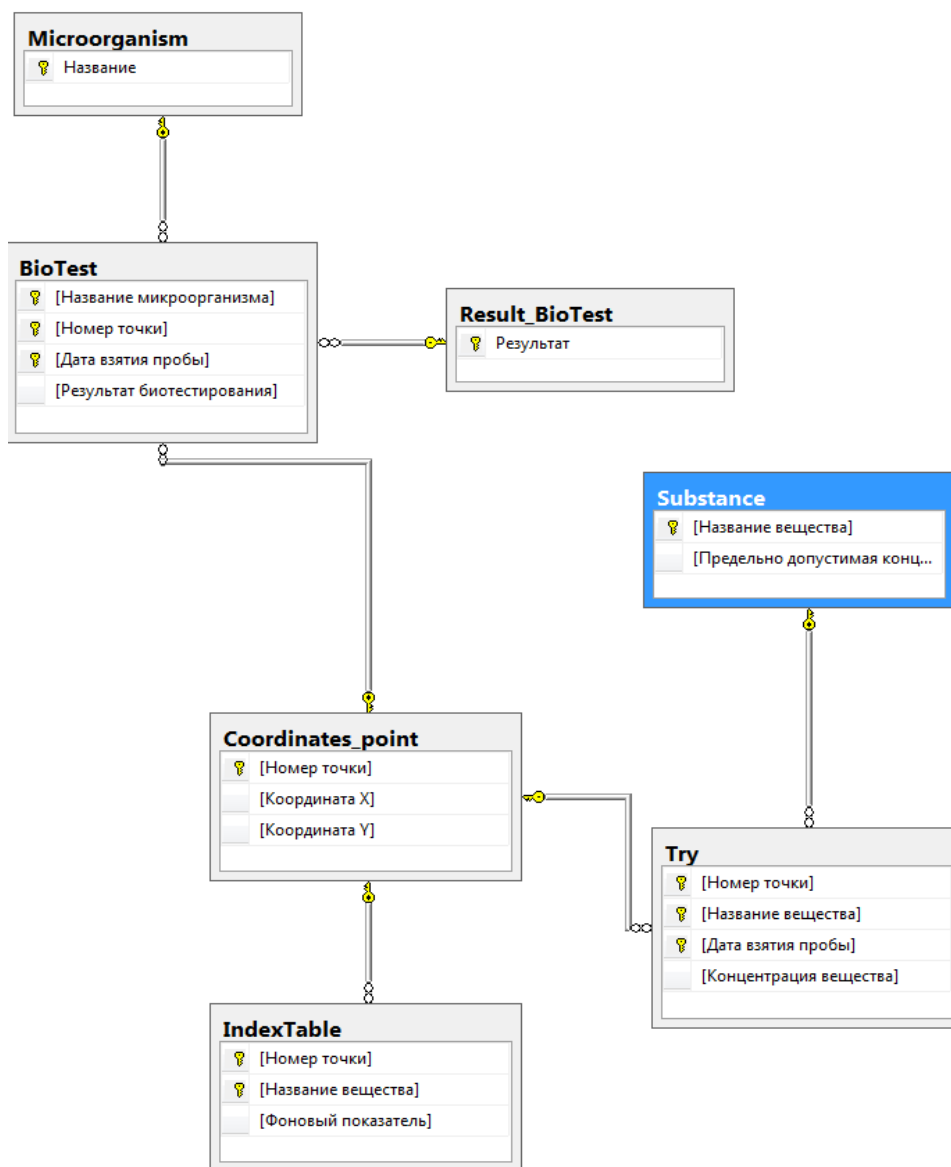


Рисунок 1 – Диаграмма базы данных

Создаем по представленным запросам необходимые хранимые процедуры. Текст процедуры запроса для вывода среднего значения фонового показателя вещества SelectIndexAVG:

```
USE [Eco1]
GO
SET ANSI_NULLS ON
```

```

GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
ALTER proc [dbo].[SelectIndexAVG]
@Y nvarchar(50)
AS
SELECT AVG([Фоновый показатель]) AS [Среднее значение]
FROM [dbo].[IndexTable]
WHERE [Название вещества]=@Y.

```

Пример программной реализации приведен на рис. 2.

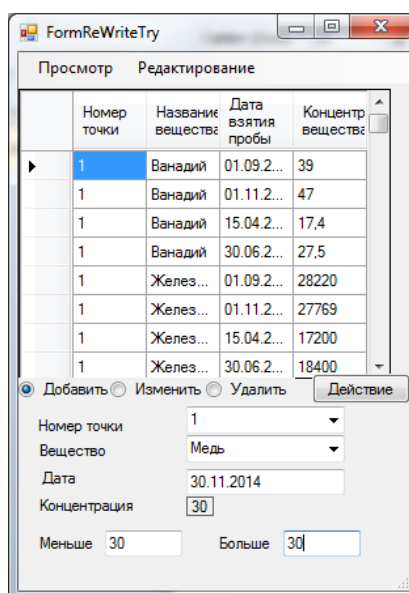


Рисунок 2 – Добавление нового поля в таблицу «Замеры»

Таким образом, в ходе разработки базы данных экологического мониторинга почвы для зоны влияния потенциально опасного химического объекта были выполнены следующие задачи:

- разработана модель базы данных экологического мониторинга почвы;
- реализована база данных экологического мониторинга почвы;
- создано программное обеспечение для редактирования и просмотра данной базы данных экологического мониторинга почвы.

Представленная программа обеспечивает целостность базы данных при изменении строк базы данных, добавляет, редактирует и удаляет строки таблиц, позволяет узнать данные по запросу.

Список литературы

1. *Телегина М.В., Янников И.М., Габричидзе Т.Г.* Методы и алгоритмы оценки воздействия потенциально опасных объектов на окружающую среду. Самара: Изд-во Самар. НЦ РАН, 2011. 200 с.

2. Проектирование реляционных баз данных. Метод нормальных форм [Электронный ресурс] URL: http://bazydannyh.ru/bd/norm_formes/index.html/ (Дата обращения 5.12.14)

УДК 658.382.3

И.М. Янников, кандидат технических наук, доцент

Д.В. Прокофьев, студент

Ижевский государственный технический университет

ВОПРОСЫ ПОСТРОЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

Статья посвящена проблемам комплексной безопасности потенциально опасных объектов. Рассмотрены принципы её построения и внедренческие аспекты этих принципов на потенциально опасных объектах.

Article deals with problems of complex safety of potentially dangerous objects. The principles of its construction and commissioning aspects of these principles to the potentially dangerous objects.

Ключевые слова: комплексная безопасность, потенциально опасные объекты, система, принципы, опасность.

Keywords: integrated security, potentially dangerous objects, system, principles, danger.

Актуальность

В настоящее время обеспечение безопасности в природно-техногенной сфере является одной из важнейших проблем. Повышение интенсивности хозяйственной деятельности неразрывно связано с усилением антропогенного воздействия на окружающую среду, повышением вероятности возникновения новых опасностей, масштабов и тяжести их последствий [1].

Серьезную угрозу для жизни и здоровья людей, безопасности окружающей среды и материальных ценностей представляют потенциально опасные объекты (ПОО). Указанные объекты являются сложными инженерно-техническими сооружениями, деятельность которых в зависимости от ситуации может осуществляться в штатном и нештатном режимах с риском возникновения аварийных и чрезвычайных ситуаций.

В зависимости от видов возможной опасности потенциально опасные объекты можно подразделить на классы: радиационно-опасные объекты; химически опасные объекты; взрыво- и пожароопасные объекты; опасные транспортные средства; опасные технические сооружения [2]. Данное деление на определенные классы является достаточно условным, поскольку чрезвычайные ситуации на большинстве объектов носят комплексный характер и, как следствие, приводят к возникновению

поражающих факторов, носящих комбинированный характер. Поэтому многие из объектов объединяют в себе признаки сразу нескольких классов.

Целью данной работы является выработка подходов к созданию Единой государственной системы комплексной безопасности в которой системы комплексной безопасности ПОО должны занять одно из важнейших мест.

С целью осуществления непрерывного наблюдения и контроля за экологической обстановкой в зоне влияния ПОО, выявления угроз возникновения ЧС и прогнозирования их последствий, необходимо предусмотреть создание комплексной системы безопасности. При этом под комплексной безопасностью потенциально опасных объектов подразумевается система взаимосвязанных мероприятий, направленных на защиту от реальных или потенциальных угроз, имеющих место в результате функционирования ПОО, способных привести в результате их возникновения к существенным человеческим и экономическим потерям.

Система комплексной безопасности ПОО должна функционировать как единая система управления, контроля и мониторинга возможных опасностей, вследствие чего должна включать в свою структуру несколько подсистем (рисунок).



Составляющие системы комплексной безопасности

Подчеркнём, что для эффективной реализации своих функций Единая государственная система комплексной безопасности должна иметь иерархическую структуру и строиться на базе комплексных систем безопасности объектов, муниципальных образований, территорий, региона и федерального центра. Таким обра-

зом, становится очевидной необходимостью создания системы комплексной безопасности на предприятиях, направленной на своевременное обнаружение, идентификацию и прогнозирование аварий и катастроф, возможных на ПОО [1, 3, 4].

Создание единой системы комплексной безопасности будет способствовать слаженной работе и координации всех служб предприятия, задачей которых является обеспечение безопасного функционирования объекта.

В зависимости от специфики деятельности предприятия такими службами, состоящими из компетентных специалистов и технических средств, могут быть: отдел по делам ГО и ЧС, обеспечению пожарной безопасности; отделы охраны труда и промышленной безопасности; служба охраны; медицинская служба; отдел химической и радиационной безопасности; биологической безопасности; отдел информационной безопасности; службы водо-, газо-, тепло-, электроснабжения; дежурно-диспетчерская служба предприятия.

Введение данной системы позволит более эффективно выявлять в компонентах деятельности предприятия признаки, указывающие на возникновение и развитие угроз предприятию, а также своевременно принимать необходимые меры по их предупреждению.

Предлагаются следующие принципы построения системы комплексной безопасности ПОО.

Принцип законности. Под данным принципом подразумевается соблюдение требований действующих законодательных актов, нормативно-правовых документов, международных соглашений в области безопасности.

Принцип системности. Этот принцип предполагает необходимость выявления и учета всех взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, компонентов, условий и факторов, существенно значимых для формирования системы предупреждения и ликвидации ЧС.

Принцип изменчивости. При построении системы безопасности необходимо учитывать тот факт, что наряду с многочисленными имеющимися угрозами постоянно появляются новые, меняется их характер и степень опасности, вследствие чего становится возможно формирование новых сценариев возникновения и развития аварийных ситуаций, ранее не изученных. Согласно данному принципу, должна предусматриваться возможность оперативного внесения изменений в структурную и функциональную организацию системы безопасности.

Принцип непрерывности. В соответствии с этим принципом, обеспечение комплексной безопасности должно осуществляться на всех стадиях функционирования ПОО: стадии проектирования, строительства, ввода в эксплуатацию, эксплуатации и вывода из эксплуатации.

Приемлемый уровень риска. Никакими мерами нельзя достичь состояния абсолютной безопасности, всегда будет существовать некоторый уровень остаточного риска, поэтому можно говорить только о степени снижения риска угрозы до некоторого приемлемого уровня, при котором будет обеспечиваться безаварийное функционирование объекта.

Принцип совместимости. Данный принцип подразумевает организационную, технологическую и информационную совместимость всех компонентов и элементов системы комплексной безопасности.

Принцип предупреждения. В соответствии с данным принципом первоочередной задачей системы комплексной безопасности является предупреждения возникновения аварийной ситуации и не допущение её развития.

Во всех случаях, где это возможно, меры снижения вероятности аварии должны иметь приоритет над мерами уменьшения последствий аварий, снижения ожидаемого ущерба [5].

Внедрение системы комплексной безопасности на ПОО приведет к определённым положительным последствиям:

- своевременной реакции на возникающие аварийные ситуации;
- снижению количества аварий и ЧС;
- слаженной и хорошо скоординированной работе всех компонентов системы безопасности предприятия;
- снижению ущерба от поражающих факторов ЧС;
- сокращению экономических издержек на обеспечение безопасности ПОО и ликвидации последствий аварий.

Большое количество различных опасностей и угроз, оказывающих негативное воздействие на структурные элементы ПОО и приводящие к нештатным и аварийным ситуациям, находятся в тесном взаимодействии друг с другом, создавая комплекс угроз. В связи с изложенным, решение вопросов безопасности не может сводиться к построению изолированной системы безопасности, учитывающей угрозы и опасности только одной, определенной сферы деятельности предприятия. Для решения этого вопроса необходим системный подход.

Таким образом для обеспечения защиты от угроз природного и техногенного характера должна использоваться стратегия, базирующаяся на основе единых взглядов, подходов и общих принципов. Под данной стратегией следует понимать комплексную безопасность – систему обеспечения безопасности от различных видов и типов угроз.

Список литературы

1. *Габричидзе Т.Г., Власов В.А., Кудрин А.Ю., Алексеев В.А., Фомин П.М., Янников И.М., Якимович Б.А.* Комплексная многоступенчатая система безопасности критически важных, потенциально опасных объектов: монография / Под ред. Т.Г. Габричидзе. Ижевск: Ассоциация «Научная книга», 2007. 184 с.
2. *Яковлев В.В.* Экологическая безопасность, оценка риска. СПб.: Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, 2007. 476с.
3. *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. 2007. №1. С. 11–12.
4. *Габричидзе Т.Г., Янников И.М.* Структура и принцип построения комплексной многоступенчатой системы безопасности критически важного потенциального объекта (ХОО, ОУХО) // Теоретическая и прикладная экология. 2007. № 2. С. 55–69.
5. Сайт компании "Благовест-В" URL: <http://cdat.ru/content/view/31/>. Дата обращения: 27.03.2014 г.

УДК 004.9

А.Н. Соколов, студент

М.В. Телегина, кандидат технических наук, доцент

Ижевский государственный технический университет

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РАСЧЕТА УЩЕРБА ПРИ АВАРИЯХ НА ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ

Показана структура, алгоритм и пример программной реализации автоматизированной системы расчета ущерба при авариях на химических опасных объектах.

Shows the structure of the algorithm, and an example of a software implementation of the automated system of calculation of damages in case of accidents on chemically hazardous objects.

Ключевые слова: химически опасный объект, прямой и косвенный ущерб, экологический ущерб, потери от выбытия трудовых ресурсов.

Keywords: chemically dangerous object, direct and indirect damage, environmental damage, loss on disposal of the labor force.

Актуальность

Понятие «последствия аварии на опасном производственном объекте» отражает обобщенный негативный результат аварии на опасном производственном объекте, а понятие «ущерб от аварии на опасном производственном объекте» - ее основные экономические последствия. В тех случаях, когда ущерб от возникшей аварии на опасном производственном объекте достаточно полно определен, его можно считать оцененными последствиями. В широком смысле под ущербом от аварии на опасном производственном объекте понимаются потери, убытки, урон, непредвиденные расходы, утрата имущества и денег, недополученная выгода, а также вред, наносимый одним субъектом другим субъектам, людям, обществу, природной и иной окружающей среде.

В процессе изучения систем и методов автоматизированного расчета ущерба рассмотрены следующие существующие программные и методические средства: программа «АММИАК»; программа «Токсодоза»; программа Риск – Нефть – Трубопровод; Методика РД 03-496-02. Каждая из них имеет свои преимущества и недостатки.

Целью данной работы является разработка автоматизированной системы расчета ущерба окружающей среде для использования в практических работах по курсу «Управление рисками, системный анализ и моделирование» в ИжГТУ.

На основании методики РД 03-496-02 была разработана математическая модель расчета ущерба от аварий на химических объектах, в соответствии с которой реализована система. Система включает в себя расчет следующих показателей: прямые потери предприятия; социально-экономический ущерб; затраты на локализацию и ликвидацию аварии; косвенный ущерб от аварии; экологический ущерб, потеря от выбытия трудовых ресурсов.

Экологический ущерб включает расчет следующих видов ущерба: атмосфере; почве; водным ресурсам; ущерб, нанесенный биологическим объектам; ущерб от загрязнения обломками и отходами.

Разработанная система расчета ущерба от аварий на объектах, связанных с химическими веществами состоит из трех блоков (рис. 1):

- блок математических расчетов ущерба (модуль расчет ущерба);

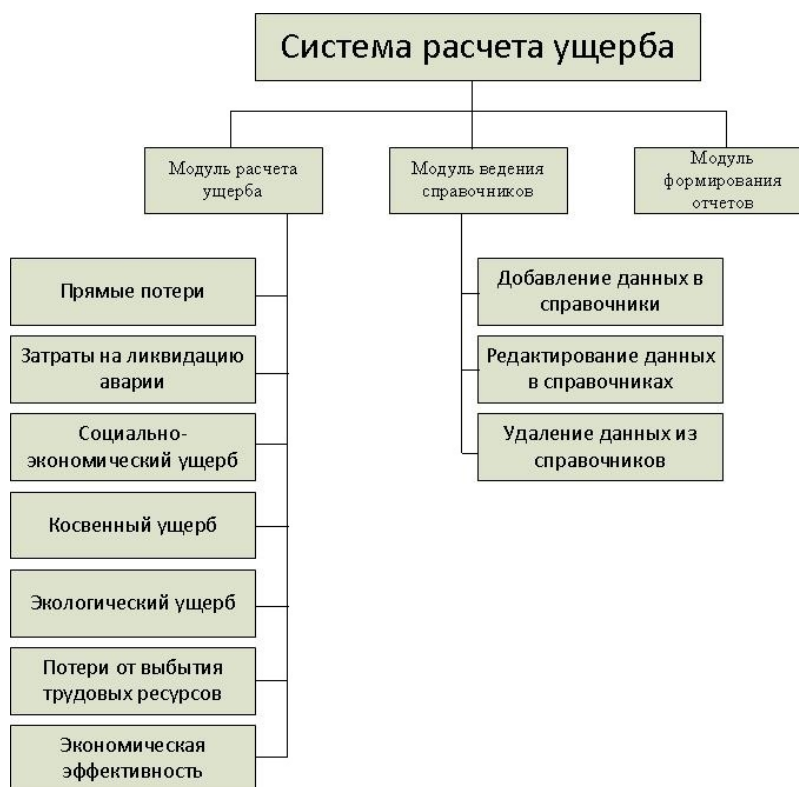


Рисунок 1 – Структурная схема

- блок хранения справочной информации (модуль ведения справочников);
- блок формирования отчетов в форме документов Word (модуль формирования отчетов).

В дополнительные сервисы системы относятся задачи по редактированию справочников, управления пользователями. На основании поставленных задач формируется список отдельных инструментов, реализация которых позволит решить каждую задачу в отдельности или в комплексе.

Основная работа пользователей программы осуществляется в двух интерфейсах. Первый интерфейс это интерфейс оценки ущерба от аварии и второй интерфейс управления базой данных. Каждый интерфейс содержит вкладки разделяющие поля ввода и прочие элементы по тематике.

Общая схема алгоритма работы программы представлена на рисунке 2. Авторизация пользователя необходима для выбора режима редактирования справочных данных или проведения расчетов на основании прав доступа.

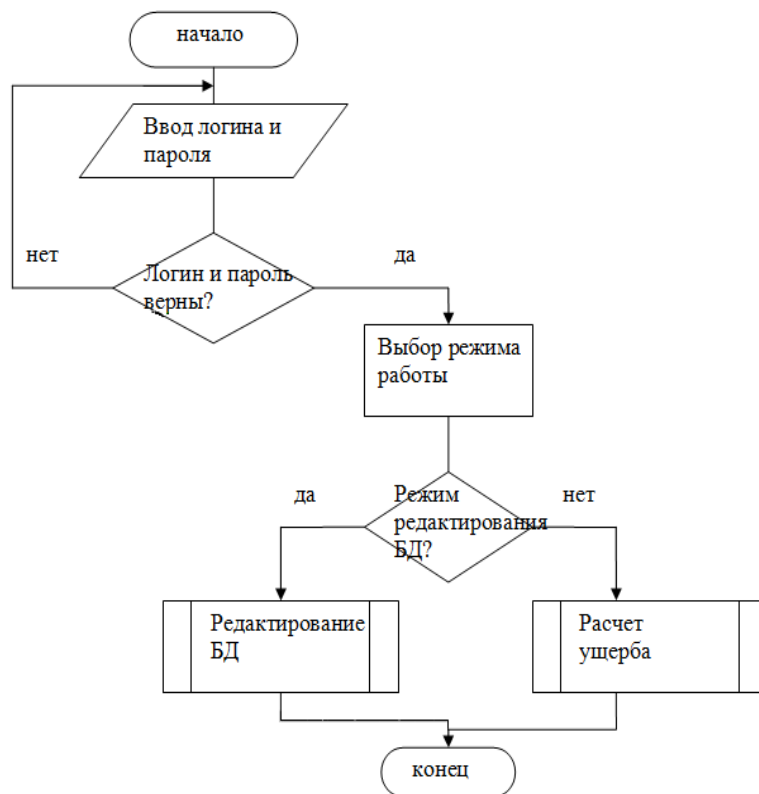


Рисунок 2 – Общая схема алгоритма

Основными исходными данными для прогнозирования являются:

- характеристика химически опасного объекта, под которым понимается любой стационарный или подвижный объект, на котором может произойти химическая авария с выбросом (выливом) в окружающую среду аварийных химических веществ. К химически опасным объектам относятся также участки магистральных трубопроводов, речные и морские танкеры и др.;

- характеристика химической аварии;

- характеристика потенциально поражаемого объекта, под которым понимается населенный пункт, промышленный, военный или другой объект, который может попасть в зону поражения при химической аварии на химически опасном объекте;

- характеристики внешних условий.

Основными характеристиками химически опасного объекта являются:

- типы емкостей, способ хранения и количество аварийных химических веществ или продуктов их деструкции;

- физико-химические и токсикологические свойства аварийных химических веществ или продуктов их деструкции (с учетом класса опасности, механизма токсикологического действия вещества, быстроты его действия, стойкости, путей воздействия на человека);

- нахождение непосредственно на территории объекта взрыво- и пожароопасных веществ;

- количество персонала.

Основными характеристиками химической аварии являются:

- место и время аварии;

- причина аварии;

- масштаб и характер аварии;

- количество аварийных химических веществ или продуктов их деструкции, выброшенных, вылитых при аварии, их агрегатное состояние; вид облака аварийных химических веществ при аварии.

Объем исходных данных, используемых при прогнозировании, определяется объемом факторов, учитываемых в методике, и наряд, с точностью и критичностью предлагаемой методики является его основной характеристикой.

Система программно реализована в среде Delphi 7. Окно расчета ущерба имеет следующие вкладки:

- Базовые нормативы (атмосфера);

- Базовые нормативы (водные объекты);

- Базовые нормативы (биовиды);

- Базовые нормативы (отходы);

- Базовые нормативы (освоение земель);
- Коэффициент индексации;
- Коэффициенты КЗ и КЭС;
- Коэффициенты КЗ и КЭС (водные объекты);
- Коэффициенты пересчета (почва);
- Социальные выплаты.

На рис. 3. показано окно расчета ущерба прямых потерь.

Расчет ущерба

Ущерб от аварий | Экономическая эффективность

Полный ущерб от аварий: $P_a = P_{п.п.} + P_{л.а.} + P_{с.э.} + P_{н.в.} + P_{а.к.о.л.} + P_{в.т.р.}$, руб.

Расчет П.п.п. | Расчет П.л.а. | Расчет П.с.э. | Расчет П.н.в. | Расчет П.а.к.о.л. | Расчет П.в.т.р. | Итого

Прямые потери организации, эксплуатирующей опасный производственный объект, руб.

П.п.п. = $P_{о.ф.} + P_{т.м.ц.} + P_{и.м.}$

Поф - потери предприятия в результате уничтожения (повреждения)* основных фондов (производственных и непроизводственных), руб.

$P_{о.ф.} = \sum_{i=1}^n (S_{o_i} - (S_{m_i} - S_{y_i}))$

№	So	Sm	Sy
1	6080000	80000	0

So - стоимость замещения или воспроизводства (а при затруднительности ее определения - остаточная стоимость) уничтоженных основных фондов, руб.;
Sm - стоимость материальных ценностей, годных для дальнейшего использования, руб.;
Sy - утилизационная стоимость уничтоженных основных фондов, руб.

П.т.м.ц. - потери предприятия в результате уничтожения (повреждения) товарно-материальных ценностей (продукции, сырья и т.п.), руб.

$P_{т.м.ц.} = \sum_{i=1}^n P_{т_i} + \sum_{i=1}^m P_{с_i}$

П.т. - число видов товара, которым причинен ущерб в результате аварии; м - число видов сырья, которым причинен ущерб в результате аварии.

№	Пт	Пс
1	0	3635000

П.т. - ущерб, причиненный продукции, изготовляемой предприятием;
П.с. - ущерб, причиненный продукции, приобретенной предприятием.

П.и.м. - потери в результате уничтожения (повреждения) имущества третьих лиц, руб.

$P_{и.м.} = \sum_{i=1}^n P_{т_i} + \sum_{i=1}^m P_{с_i}$

П.т. - число видов товара, которым причинен ущерб в результате аварии; м - число видов сырья, которым причинен ущерб в результате аварии.

П.т. - ущерб, причиненный продукции, изготовляемой третьими лицами;
П.с. - ущерб, причиненный продукции, приобретенной третьими лицами.

* Поврежденными считаются материальные ценности (здания, сооружения, оборудование, продукция, личное имущество и т.д.), которые в результате ремонтно-восстановительных работ после аварии могут быть приведены в состояние, позволяющее их использовать по первоначальному функциональному назначению. В противном случае они считаются уничтоженными.

Рисунок 3 – Расчет прямых потерь предприятия

Таким образом, разработана автоматизированная система расчета ущерба при авариях на химически опасных объектах, имеющая функции расчета прямых потерь предприятия; расчета социально-экономического ущерба; затрат на локализацию и ликвидацию аварии; расчета косвенного ущерба от аварии; расчета экологического ущерба и потерь от выбытия трудовых ресурсов.

Данная система будет использована при выполнении практических работ по курсу «Управлением рисками, системный анализ и моделирование».

Р.А. Маринин, студент

М.В. Телегина, кандидат технических наук, доцент
Ижевский государственный технический университет

РЕАЛИЗАЦИЯ ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ ДЕЙСТВИЙ ПЕРСОНАЛА ПРИ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ НА СКЛАДЕ ХЛОРА

В последнее время, подготовка персонала привлекает все больше внимания руководства организаций. От качества подготовки зависит успешность любой фирмы, соответственно разрабатываются и внедряются различные технологии, системы обучения персонала, как для оценки текущего уровня подготовки оперативного персонала, так и для его повышения.

In recent years, training has attracted more attention to management organizations. The quality of training depends on the success of any company, respectively, developed and implemented a variety of technologies, personnel training system is to assess the current level of training of operating personnel, as well as for its increase.

Ключевые слова: тренажер, чрезвычайная ситуация, авария, действия персонала.

Keywords: trainer, emergency, accident, actions of personnel.

Промышленные отрасли отличаются сложными технологическими процессами, аварии на которых приводят к значительным экономическим и экологическим потерям, не говоря о человеческих жертвах. Для работы с подобными процессами требуются специально обученные, квалифицированные операторы, на которых ложится большая ответственность за последствия принятых решений по управлению процессом производства. С бурным развитием компьютерных технологий появилась возможность моделировать сложные технологические комплексы для подготовки и повышения квалификации специалистов в различных областях хозяйственной деятельности. В этих условиях во многих странах использование компьютерных тренажеров (автоматизированных систем обучения – АСО) для обучения персонала становится законодательной нормой. Использование имитационных тренажерных комплексов позволяет повысить профессиональный уровень оперативного и технологического персонала отрасли, дать необходимый практический опыт – отрабатывать базовые навыки работы с системой управления и навыки действий в аварийных ситуациях без риска повлиять на ход реального тех-

нологического процесса и, не прибегая к экспериментам на реальных объектах. При этом одним из наиболее эффективных подходов к обучению и повышению квалификации операторов является применение компьютерных тренажеров реального времени. Основная задача таких тренажеров – формирование комплексного навыка принятия решений, который основывается на возможности смоделировать динамический отклик объекта и системы управления на произвольные управляющие воздействия оператора. Т.е. по сути, тренажеры являются теми же программами моделирования химико-технологических процессов в динамическом режиме с обязательным требованием обеспечения режима реального времени.

Предлагается разработка и программная реализация обучающей системы для обучения сотрудников работам при аварийных ситуациях на складе хлора потенциально химически опасного объекта. Потенциально опасный химический объект (ПОХО) – объект, на котором хранят, перерабатывают, используют или транспортируют опасные химические вещества, при аварии на котором или при разрушении которого может произойти гибель или химическое заражение людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также химическое заражение окружающей природной среды. На рис. 1 изображена структура системы.



Рисунок 1 – Структура тренажера

Теоретический модуль содержит теоретический материала для изучения, возможен выбор раздела теоретического материала и добавления нового.

Модуль тестирования состоит из раздела прохождения тестирования, выдачи оценки тестирования, выдачи оценки тестирования, редактирования теста.

Модуль решения практических задач предлагает решения практических задач, проверка правильности, выдача рекомендации, выбор исходных условий для решения задач.

База правил имеет функции заполнения и редактирования, использования для решения практических задач.

В системе реализованы следующие функции:

- изучения теоретического материала, сформированного на основе планов ликвидации аварийных ситуаций на объекте;
- проверки теоретических знаний в режиме тестирования с использованием тестов трех уровней сложности, оценкой результатов тестирования;
- решения практических задач с выбором исходных условий задач;
- хранения и визуализации результатов тестирования и решения задач каждым сотрудником подразделения.

Назначение обучающей системы – повышение квалификации и обученности оперативного персонала по ликвидации аварийных ситуаций. Чаще всего обучающие системы создаются в качестве тренажеров, приближенных к действующим на установках АСУ ТП [1].

Разрабатываемая система тоже будет иметь функции решения практических задач с заданием условий. В качестве условий задачи выступают следующие группы параметров: «Опознавательные признаки аварийных ситуаций», «Оптимальные способы противоаварийной защиты», «Технические средства (системы) противоаварийной защиты, применяемые при подавлении и локализации аварийной ситуации» и «Исполнители». Пользователь при решении задачи может выбрать в качестве условия либо опознавательные признаки ситуации и далее решать какая ситуация и определять действия исполнителей, либо выбрать наименование ситуации и по ней выбрать опознавательные признаки и определять действия.

Для проверки решения практических задач в системе разработана база правил в виде продукций. Фрагмент базы правил приведен в таблице 1. Продукционная модель – это модель, основанная на правилах, позволяющая представить знание в виде предложений типа: «ЕСЛИ условие, ТО действие» [2].

На рис. 2 и 3 изображены фрагменты главного окна практической части тренажера.

Таблица 1 – Фрагмент базы правил

ЕСЛИ ситуация	ТО	
	сущность	имеет признаки
1) Выход технологических параметров за регламентные значения: повышение давления в ж.-д. цистерне	1) Опознавательные признаки;	Показание манометра по месту на трубопроводе поз. Х4/2, сигнализация на АРМ оператора;
	2) Оптимальные способы противоаварийной защиты;	Прекращение подачи сжатого воздуха в ж.-д. цистерну, сброс абгазов на установку очистки абгазов от хлора;
	3) Технические средства (системы) противоаварийной защиты, применяемые при давлении и локализации аварийной ситуации;	Установка очистки абгазов;
	4) Исполнители	Аппаратчик испарения. Аппаратчик испарения действует согласно технологической и рабочей инструкции.

Вопрос 1

Текст вопроса

Ситуация

Варианты ответа

- повышение давления в ж.-д. цистерне
- Разгерметизация ж.-д. цистерны жидкой
- Разгерметизация ж.-д. цистерны не под
- Разгерметизация утечкой жидкого хлор

Рисунок 2 – Окно выбора ситуации

Вопрос 4

Текст вопроса

Действие

Варианты ответа

- Прекращение подачи сжатого воздуха в
- собирает присутствующий персонал и
- покидает помещение и докладывает об а
- Надевает фильтрующий противогаз с к

Рисунок 3 – Окно выбора действия персонала

Руководитель подразделения или ответственное лицо может проконтролировать прохождение обучения персоналом, зайдя в систему в режиме Администратора и просмотрев результаты решения задач и тестирования в динамике за анализируемый период. Результаты отображаются в виде столбчатых диаграмм.

Таким образом, при разработке и реализации системы-тренажера было выполнено:

- исследованы системы и методы обучения и решения задач по ликвидации аварийных ситуаций, выбран и обоснован метод реализации тренажера;
- разработана база правил действий в ситуациях;
- проведен сбор, структурирование теоретического материала, разработаны тесты различного уровня сложности;
- разработан модуль решения практических задач с использованием базы правил.

Разработанный тренажер для действий персонала на складе хлора способствует повышению уровня подготовки персонала объекта работе на опасном объекте, в том числе действиям при аварийных ситуациях.

Список литературы

1. *Меньшиков В.В., Швыряев А.А.* Опасные химические объекты и техногенный риск: Учебное пособие. М.: Изд-во "Химия", 2003. 254 с.
2. Продукционная модель знаний. Портал искусственного интеллекта. URL: <http://www.aiportal.ru/articles/knowledge-models/production-model.html>. Дата обращения: 18.12.2013.

П.М. Кургузкин, магистр техники и технологий
Управление природопользования и охраны окружающей среды
Минприроды Удмуртской Республики (Ижевск)

**МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
БИОТЕСТИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ
В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕКТОВ ПО УНИЧТОЖЕНИЮ
ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ**

В структуре комплексного экологического мониторинга в зоне влияния объектов по уничтожению химического оружия, содержатся два основных элемента: мониторинг загрязнения объектов окружающей природной среды, основанный на количественном химическом анализе и биологический мониторинг. Как показали проведенные исследования, они характеризуются малой интенсивностью и значительной продолжительностью воздействия на экологию республики.

The structure of the integrated environmental monitoring in the area of influence of objects on destruction of chemical weapons, contained two key elements: monitoring of pollution of the environment, based on a quantitative chemical analysis and biological monitoring. As studies have shown, they are characterized by low intensity and long duration of effects on the environment of the country.

Ключевые слова: экологический мониторинг, загрязнение почв, химическое оружие, биологическое тестирование.

Keywords: environmental monitoring, soil pollution, chemical weapons, biological testing.

В структуре комплексного экологического мониторинга в зоне влияния объектов по уничтожению химического оружия (ОУХО), содержатся два основных элемента: мониторинг загрязнения объектов окружающей природной среды, основанный на количественном химическом анализе (КХА) и биологический мониторинг [1-4]. Первый из них предназначен для оценки уровня загрязнения территории и выявления "доли" ОУХО в этом загрязнении. Биомониторинг реализуется в виде экотоксикологических исследований, включая биотестирование, и мониторинг растительного и животного мира, включая биоиндикацию. Задача биоиндикации – определение текущего состояния растительного мира и оценка его реакции на воздействие со стороны ОУХО. Задача биотестирования заключается в опреде-

лении уровня загрязнения среды по ее токсичности относительно живых организмов, выбранных в качестве тест-объектов.

В силу простоты, оперативности и наглядности методов биотестирования им отводится особая роль источника первичной информации о возможном "неблагополучном" состоянии окружающей среды. Именно в этом качестве предлагается использовать биотестирование в рамках экологического мониторинга территории вокруг ОУХО [1, 3, 4,].

Установление факта токсичности пробы в определенной точке исследуемой территории является решающим аргументом для проведения в данной точке серии комплексных полномасштабных исследований. Очевидно, что в основе такого утверждения лежит предположение о наличии корреляции между уровнем химического загрязнения окружающей среды и реакцией тест-объектов, в соответствии с которым отсутствие токсичности также должно свидетельствовать о низком уровне или отсутствии загрязнения. Безусловно, в условиях влияния на результаты мониторинговых исследований большого количества факторов стохастической и систематической природы, как прямое, так и обратное предположения нуждаются в экспериментальной проверке.

Анализ связи между химическим загрязнением и токсичностью проб приведен в работе [5] применительно к ОУХО в г. Камбарка Удмуртской Республики. Используются результаты КХА и биоиндикации почвенных проб, отобранных с территории в пределах санитарно-защитной зоны (СЗЗ) объекта и зоны защитных мероприятий (ЗЗМ) в 2005, 2006 гг.

Как показал анализ, применение методов статистики не выявило корреляции между интегральным показателем химического загрязнения и токсичностью образцов почвы. Использование метода "деревьев решений" [5] позволило выявить лишь частичную корреляцию для таких тест-объектов, как инфузории и биOLUMИ-несцентные бактерии. При этом зависимая переменная была представлена в дихотомическом виде: "токсично - нетоксично".

С учетом того, что указанные выше исследования проведены на начальном этапе эксплуатации ОУХО в г. Камбарка, определенный интерес, прежде всего в методическом аспекте, представляет анализ связи загрязнения и реакции тест-объектов на завершающей стадии функционирования объекта.

Рассмотрены результаты мониторинговой деятельности в СЗЗ и ЗЗМ ОУХО в г. Камбарка во втором полугодии 2009 года. В качестве исходной информации для анализа выбраны значения концентрации мышьяка (As) в почве и результаты определения ее токсичности в тех же точках (рис. 1) методом биотестирования с использованием четырех тест-объектов.

В таблице приведены концентрации мышьяка в точках пробоотбора и соответствующие им уровни токсичности по изменению интенсивности размножения водоросли Хлорелла(вид *Clorellavulgaris* Beijer) в почвенной вытяжке [4, 6]. Интенсивность размножения определялась по изменению плотности суспензии.

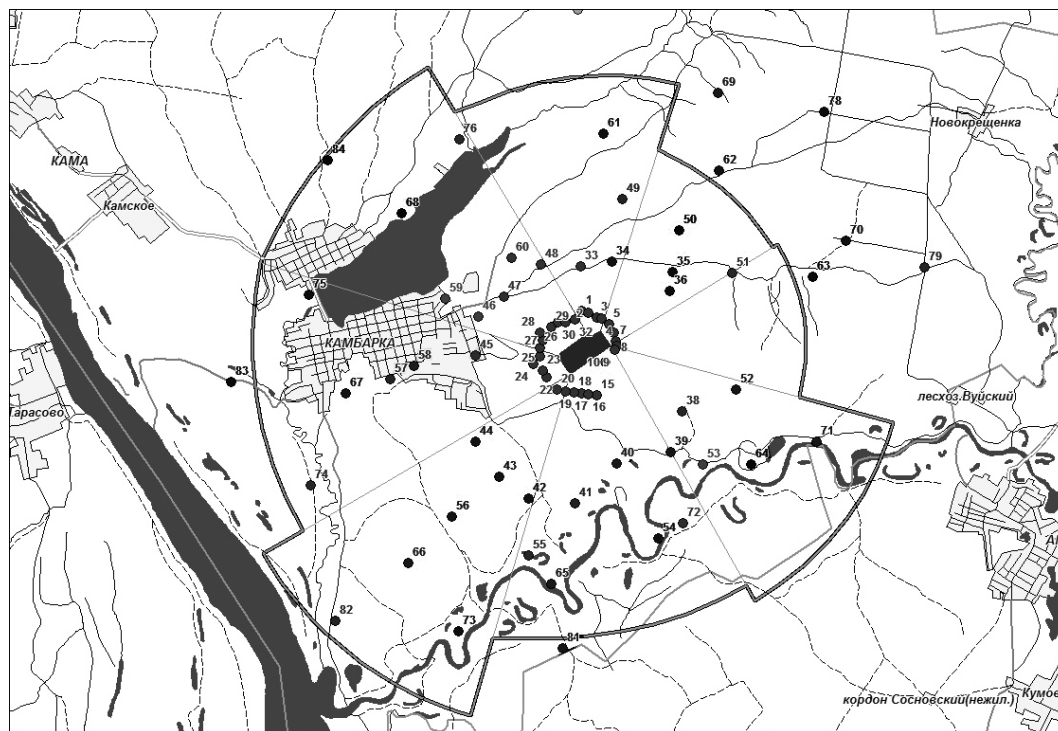


Рисунок 1 – Точки отбора проб почвы и границы зоны защитных мероприятий ОУХО в г. Камбарка

С учетом непрерывного характера переменной A_s и изменения уровня токсичности как порядковой переменной, для оценки связи между ними можно воспользоваться коэффициентом ранговой корреляции Спирмена[7,8].

$$R_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2 + T_g}{n^3 - n}, \quad (1)$$

где d_i – разность между рангами переменных в i -й строке таблицы; n – объем выборки.

$$T_e = \frac{\sum_{j=1}^m (k^3 - k)_j}{12}.$$

Поправка T_e учитывает наличие одинаковых рангов токсичности для ряда точек: k – число повторяющихся рангов одного уровня, а m – число уровней.

С учетом значительного числа одинаковых рангов (таблица) формулу (1) можно применять лишь для грубой оценки. Тем не менее отличие расчетной величины коэффициента Спирмена, равной 0,254, и критического значения, равного 0,54, для уровня значимости $1 - \alpha = 0,05$ [8], свидетельствует о том, что предположение о корреляции между уровнем загрязнения и реакцией тест-объекта не находит статистического подтверждения.

Концентрация мышьяка и уровень токсичности проб

№ точки	As, мг/кг	Ранг	Уровень токсичности	Ранг
79	6,0	1	слаботоксично	6,5
61	6,9	2	токсично	13,5
78	7	3	слаботоксично	6,5
36	6	4	слаботоксично	6,5
6	7,7	5	слаботоксично	6,5
3	8,2	6	слаботоксично	6,5
55	8,6	7	слаботоксично	6,5
7	8,7	8	слаботоксично	6,5
65	8,8	9	среднетоксично	11,5
60	9,2	10	токсично	13,5
73	9,4	11	слаботоксично	6,5
18	9,7	12	среднетоксично	11,5
71	10,3	13	нетоксично	1,5
28	59,0	14	нетоксично	1,5

Косвенным образом предположение о прямой связи концентрации мышьяка и токсичности не подтверждает и знак расчетного коэффициента Спирмена. Обращает на себя внимание также отсутствие реакции тест объекта на аномально высокую концентрацию мышьяка в точке №28. Следует отметить, что значительное превышение концентрации в указанной точке по сравнению с другими точками пробоотбора наблюдается практически во все периоды наблюдения. Этот факт не позволяет считать это значение статистическим "выбросом".

Подобное поведение тест-объекта "Хлорелла" является объектом специального исследования. Можно предположить, например, что в почвенной вытяжке, на-

ряду с токсичными содержатся и питательные вещества, способствующие размножению этого вида водорослей [6]. Вместе с тем полученные результаты дают основания для вывода о низкой эффективности использования данного тест-объекта с целью оценки загрязнения почвенного покрова при эксплуатации ОУХО в штатном режиме при малых и умеренных уровнях загрязнения.

К аналогичному выводу приводит рассмотрение поведения другого тест-объекта, в именно дафний вида *Daphnia magna* Straus [4, 6]. Реакция этих организмов на наличие в водной вытяжке почвенной пробы токсических веществ оценивается по изменению показателя выживаемости (острая токсичность) или плодовитости (хроническая токсичность).

Сравнение концентрации мышьяка в почве и токсичности почвенных проб (второе полугодие 2009 г.) исключает корректное использования каких-либо статистических оценок наличия связи между указанными параметрами по следующей причине. Для обследованных 23 точек территории изменение концентрации мышьяка находится в пределах диапазона 6,0 - 12,0 мг/кг, что не сильно отличается от ПДК в почве (10 мг/кг). Реакция тест-объекта на изменение концентраций в рассматриваемом диапазоне практически отсутствует. Во всех точках за исключением точки №36 результаты биотестирования показывают отсутствие токсичности проб. В точке №36 наблюдается острое токсическое воздействие, однако с учетом весьма низкой концентрации мышьяка в этой точке (7,7 мг/кг) причину такого результата скорее всего следует искать в соблюдении процедуры биотестирования. Кроме описанных выше биотестов в рамках мониторинга территории СЗЗ и ЗЗМ были использованы еще два тест-объекта. Первый из них – люминисцентные бактерии, уровень биолюминисценции которых изменяется в зависимости от токсичности среды, второй – инфузории вида *Paramecium caudatum*, для которых токсичность среды влияет на показатели их подвижности [4, 6].

Для определения концентрации мышьяка и токсичности почвы во втором полугодии 2009 года пробы были отобраны в 60 точках территории СЗЗ и ЗЗМ. Результаты анализов показали, что во всем диапазоне изменения концентрации мышьяка (от 6,0 до 14,7 мг/кг и 59,0 мг/кг в точке № 28) допустимую степень токсичности показывают 92% тестов с использованием люминисцентных бактерий и 77% – с использованием инфузорий. Столь значительная повторяемость исключает корректное использование методов ранговой корреляции, тем не менее определенные качественные выводы могут быть сделаны на основе визуализации результатов мониторинга.

На рис. 2 показано распределение концентраций мышьяка в почве на территории пробоотбора. Условный центр объекта по уничтожению химоружия соответствует точке с координатами $x = 0$ и $y = 0$.

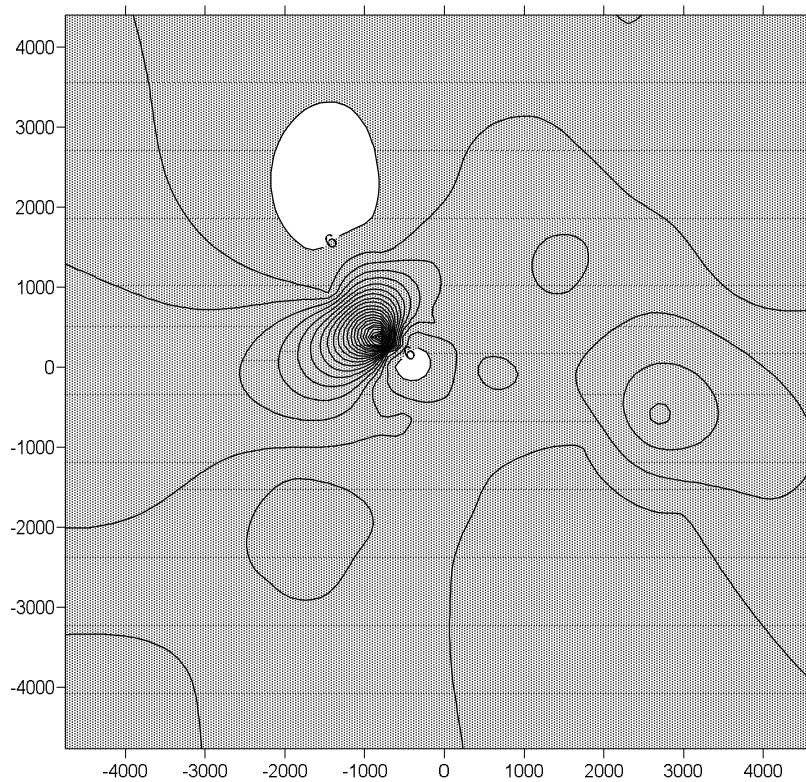


Рисунок 2 – Распределение концентраций мышьяка в почве на территории пробоотбора

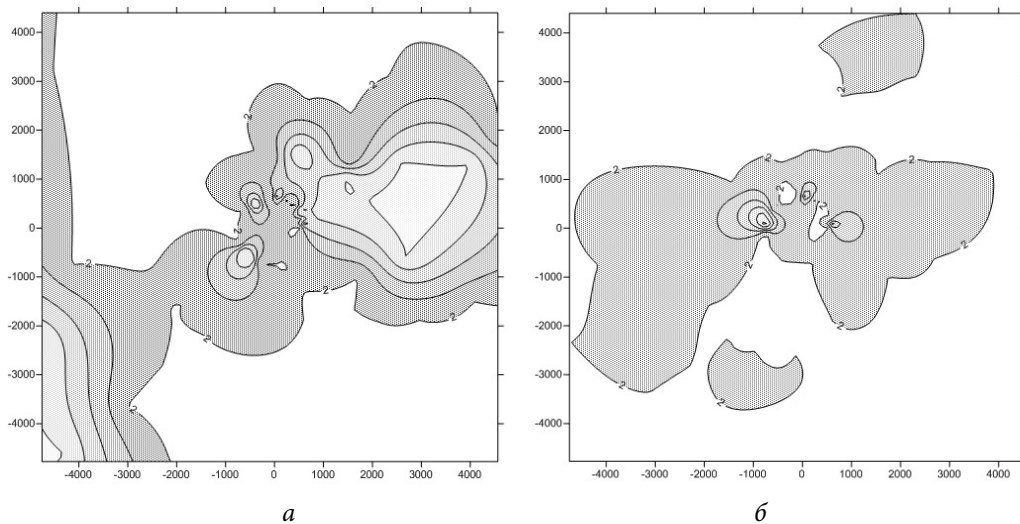


Рисунок 3 – Токсичность по тест-объектам: а – Инфузории; б – Бактерии

Для расчета изолиний токсичности по аналогии с таблицей каждому уровню реакции тест-объектов присвоен свой уровень. Так, например, тест-объект инфузории для всех 60 точек показал всего два уровня токсичности: допустимая с уровнем 2 и умеренная – 4. Реакция люминисцирующих бактерий для различных точек наблюдается в более широком диапазоне: от допустимой до сильной степени токсичности. При этом уровень токсичности изменяется в диапазоне от 2 до 6.

Для повышения наглядности при построении изолиний токсичности введены условные промежуточные уровни, что позволяет более четко выявить зоны повышенной токсичности. Карты токсичности, показанные на рис. 3 для инфузорий и бактерий, имеют качественный характер. Тем не менее, сравнение рис. 3, а и 3, б и рис. 2 и 3 позволяет установить, что расположение зон повышенной токсичности для обоих тест-объектов в целом соответствуют зонам повышенной концентрации мышьяка в почве. Этот факт подтверждает адекватную реакцию рассматриваемых тест-объектов на изменение концентраций загрязнителей в почве, выявленную ранее.

В целом проведенный анализ позволяет сформулировать следующие выводы.

1. В условиях штатного функционирования ОУХО его негативное воздействие на окружающую среду в пределах СЗЗ и ЗЗМ характеризуется малой интенсивностью и значительной продолжительностью. При низких уровнях и незначительных изменениях концентрации загрязнителей для обнаружения негативных тенденций должны использоваться лишь тест-объекты, которые адекватно реагируют на величину и направление указанных изменений. Выбор таких тест-объектов и методов может быть осуществлен лишь на основе опыта мониторинговой деятельности.

2. Результаты биотестирования, особенно в случае низкой токсичности или ее отсутствия, не могут служить основанием для отказа от проведения количественного химического анализа и, тем более, исключения такой точки из системы пробоотбора. В условиях длительного техногенного воздействия малой интенсивности результаты биотестирования и КХА следует признать равноправными, взаимодополняющими, совместный учет и анализ которых в рамках экологического мониторинга может повысить информативность последнего.

Список литературы

1. ГОСТ Р 53009-2008. Системы экологического контроля и мониторинга. Общие руководящие указания по созданию, внедрению и обеспечению функционирования на объектах по уничтожению химического оружия. М.: Стандартинформ, 2008. 32с.

2. Ашихмина Т.Я. Комплексный экологический мониторинг объектов хранения и уничтожения химического оружия. Киров: Вятка, 2002. 544 с.

3. Капашин В.П., Кутьин Н.Г., Мартынов В.В., Ферезанова М.В., Чупис В.Н. Экологический мониторинг опасных производственных объектов: опыт создания и перспективы развития (на примере систем экологического контроля и мониторинга объектов по уничтожению химического оружия). М.: Научная книга, 2010. 526 с.

4. Чупис В.Н., Бахрах П.Л. Комплексный экологический мониторинг в районах расположения опасных промышленных объектов, системы экологического мониторинга объектов по уничтожению химического оружия и атомных электростанций. М.: Научная книга, 2014. 528 с.

5. Кургузкин М.Г., Корепанов М.А., Тененев В.А. Использование методов многомерного анализа для обработки результатов экологического мониторинга объекта по уничтожению химического оружия // Экология урбанизированных территорий. 2009. № 3. С. 96–101.

6. Терехова В.А. Биотестирование почв: подходы и проблемы // Почвоведение. 2011. № 2. С. 190–198.

7. Гланц С. Медико-биологическая статистика: пер. с англ. М.: Практика, 1998. 459 с.

8. Степнов М.Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний: Справочник. М.: Машиностроение, 1985. 232с.

УДК:623.459:504.054:661.718

М.А.Шумилова, кандидат химических наук, доцент
Институт механики УрО РАН
Камский институт гуманитарных и инженерных технологий

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ КАМБАРМСКОГО РАЙОНА

Проведен анализ данных по содержанию ряда тяжелых металлов в почвах Камбарского района до начала работы объекта УХО и после прекращения его функционирования. Установлено, что существенных различий в валовом количестве исследуемых катионов тяжелых металлов за рассматриваемый период не зафиксировано. Отмечено отличие в динамике содержания ионов мышьяка в почве по сравнению с другими металлами.

Data analysis was performed on the content of some heavy metals in soils Kambarisky District prior to the CWD facility and after the termination of its operation. It was found that significant differences in the gross amount of the studied heavy metal cations during the study period were not fixed. It was noted the difference in the dynamics of the arsenic ions content in the soil as compared with other metals.

Ключевые слова: тяжелые металлы, почва, мониторинг

Keywords: heavy metals, soil monitoring

В соответствии с реализацией Международной конвенции о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении в Удмуртской республике в г. Камбарке в период с 2006 г. по 2009 г. проводились работы по уничтожению боевого отравляющего вещества люизита и до 2012г. – с реакционными массами после его уничтожения. Для оценки техногенного воздействия процесса уничтожения химического оружия (УХО) очевидна необходимость проведения исследования фонового состояния окружающей среды в месте хранения отравляющих веществ и в 30-километровой зоне до начала функционирования объекта. На момент отбора проб в конце 1992г. в г.Камбарке отсутствовали крупные предприятия металлургической, металлообрабатывающей и химической промышленности, за исключением Камбарского машиностроительного завода. Основными источниками техногенного загрязнения окружающей среды, кроме машзавода, являлись завод газового оборудования, нефтебаза, войсковые части 42727 и 30953, завод «Металлист», хлебокомбинат, автопредприятие и порт Камбарка.

По заказу министерства обороны и Госкомприроды УР в октябре-ноябре 1992 года перед началом строительства объекта УХО в г. Камбарке в лаборатории природоохранных и ресурсосберегающих технологий Института механики УрО РАН был произведён анализ 93 почвенных и водных образцов, отобранных совместно с сотрудниками УдГУ в 30 км радиусе от объекта хранения ОВ, на содержании в них тяжёлых металлов. Отбор проб в пределах городской черты [1] производили на посадках деревьев вдоль улиц, на газонах, в садах и дворах. В пригородной зоне места пробоотбора выбирались с учетом расположения мусорохранилищ, неорганизованных свалок бытового мусора и др. Задача, стоявшая перед сотрудниками лаборатории, заключалась в установлении основных факторов негативного антропогенного и техногенного воздействия данных соединений, сложившихся исторически на этой территории до начала работы завода.

На основании Федерального закона № 76-ФЗ от 2 мая 1997 года «Об уничтожении химического оружия» важным общим требованием по обеспечению безопасности граждан и защите окружающей среды в районах расположения объектов по хранению и объектов по уничтожению химического оружия является осуществление систематического контроля и мониторинга состояния воздушного бассейна, почвы, поверхностных и подземных вод, снежного покрова (статья 14). Поскольку сам мышьяк, его оксиды и неорганические соединения в соответствии с ГОСТ 17.4.1.02-83 «Охрана природы. Почвы» относятся к первому классу опасности, то очевидна необходимость в определении существования территорий, загрязненных специфическими веществами и продуктами их деструкции, а также в создании системы регулярных наблюдений за состоянием этих территорий, чтобы исключить возможность негативного воздействия поллютантов на здоровье населения и состояние окружающей среды. Государственный экологический контроль и мониторинг в пределах санитарно-защитной зоны (СЗЗ) и зоны защитных мероприятий (ЗЗМ) осуществлялся лабораториями Регионального центра Государственного экологического контроля и мониторинга (РЦ СГЭК и М) объектов хранения и утилизации ХО по УР в соответствии с Программами (порядками) и нормативно-методическими документами на выполнение этих работ, разработанными Федеральным государственным учреждением «Государственный научно-исследовательский институт промышленной экологии» (ФГУ ГосНИИЭНП, г. Саратов), НПО «Тайфун», ФГУП ГНТЦ «Инверсия» и другими научными институтами РФ.

Материалы и методы исследования

Хорошо известно, что почва является объективным и стабильным индикатором загрязнения окружающей среды. Источником загрязнения почв и грунтов могут являться атмосферные осадки, твердые осадения в виде пыли и аэрозолей, непосредственное поглощение почвой газообразных соединений, растительный опад. Почвы могут выполнять протекторную роль по отношению к природным водам, атмосфере и растительности, и в то же время они сами могут стать основным источником поступления загрязняющих веществ в другие природные среды и растения. Поэтому проведение мероприятий по контролю и мониторингу загрязнения почв является важнейшей задачей.

Среди современных методов и средств, которыми располагает аналитическая химия, значительное место по диапазону и частоте применения занимают электрохимические методы анализа. И если раньше они изучали преимущественно неорганические объекты, то в последние годы их всё чаще используют при решении экологических вопросов, анализе биологических и медицинских образцов. В вольтамперометрии в качестве аналитического сигнала используют электрические параметры – разность потенциалов и сила тока, величина которых зависит от природы определяемого компонента и его концентрации. Природа сигнала, определяемого прибором, и дала название метода. В зависимости от формы налагаемого переменного напряжения и способа регистрации тока различают несколько вариантов вольтамперометрии. В вольтамперометрии переменного тока (ВПТ) на постоянное напряжение поляризации налагают переменное напряжение малой амплитуды различной формы, регистрируя зависимость переменной составляющей тока электрохимической системы от постоянной составляющей напряжения поляризации. В методе ВПТ с прямоугольной формой переменного напряжения нижний предел определяемых концентраций веществ составляет $10^{-7} \div 5 \cdot 10^{-8} \text{ М}$, при этом ВПТ отличается более высокой разрешающей способностью по сравнению с постоянно-токовой вольтамперометрией, что позволяет снимать вольтамперограммы нескольких элементов одновременно. Хорошая воспроизводимость пиков обеспечивается при использовании ртутных каплюющих электродов с большим периодом капания и правильным подбором режима работы, т.е. временем задержки импульса напряжения, начальным потенциалом поляризации, амплитуды развёртки напряжения.

Методом ВПТ в лаборатории института были исследованы 81 почвенный и 12 водных образцов района г.Камбарки на содержание в них ионов тяжёлых металлов, таких как свинец, хром, кадмий, никель, железо. Вскрытие проб на определение в них подвижных форм катионов металлов проводили с помощью разложения почвенного образца водного раствора азотной кислоты – при испарении по известным схемам. Вольтамперограммы снимали на полярографе ПУ – 1 в режиме переменного - токовой вольтамперометрии с прямоугольной формой налагаемого напряжения со

скоростью сканирования 3 мВ/с. Рабочим электродом служил ртутный капающий электрод (РКЭ) с периодом капания не менее 10 с. Фоновыми электролитами для определения ионов свинца служил раствор гидроксида калия, хрома – раствор щавелевой кислоты, кадмия и никеля – аммиачный буферный раствор, железа – раствор тартратов калия, натрия. Необходимую величину рН анализируемых растворов устанавливали с помощью иономера И-120М. Все используемые реактивы имели квалификацию «хч»; температуру поддерживали постоянной и равной $25 \pm 0,1^\circ\text{C}$. Деаэрировали исследуемые вытяжки с помощью сульфита натрия. Данные по содержанию катионов тяжелых металлов в некоторых из исследованных почвенных образцах представлены в табл.1.

С 2005 г. в центральной эколого-аналитической лаборатории (ЦЭАЛ) РЦ СГЭКиМ по Удмуртской Республике регулярно проводились анализы образцов природных сред в районе объекта УХО в г.Камбарке. После окончания работ по уничтожению люизита на объекте в г.Камбарке результаты мониторинга РЦ СГЭКиМ в виде таблиц были переданы в ИМ УрО РАН для исследования поведения и механизма адсорбционных процессов ряда загрязняющих веществ (ЗВ) в объектах окружающей среды [2-5].

Отбор, консервация, хранение и транспортировка почвенных образцов для проведения экоаналитических исследований осуществлялись в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-83 и ГОСТ 28168-89. Точки отбора проб располагались по 16 секторам на расстояниях, приблизительно в 2, 3 и 5 км от источника загрязнения (объекта УХО). В пункте отбора проб почвы выбирался наиболее типичный по ландшафту участок. Отбор производился методом «конверта» с почвенного горизонта глубиной в 10 см. Пять точечных проб, отобранных при помощи лопаты из нержавеющей стали, высыпались на полиэтиленовую пленку для получения смешанной пробы. Смешанная проба тщательно перемешивалась пластиковым совком, из нее удалялись корни, камни и другие посторонние включения, после чего в полиэтиленовый пакет отбиралась средняя проба массой около 1 кг. Пакет маркировался, оформлялся акт отбора пробы.

Перед проведением химического анализа почвенные образцы сушили до воздушно-сухого состояния и измельчались до 0,71 микрона.

Природные воды исследовались как по общим показателям, по которым оценивается состояние природных вод, так и по специфическим загрязняющим веществам, которые потенциально могут попадать в природные водные источники при функционировании объекта УХО. Отбор проб проводился в соответствии с действующими методиками выполнения измерений и ГОСТ 17.1.5.05-85 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков, ГОСТ 17.1.5.04-81 «Гидросфера. Приборы и устрой-

ства для отбора, первичной обработки и хранения проб природных вод», ГОСТ Р 51592 – 2000 «Вода. Общие требования к отбору проб». Исследование химического состава проводилось по соответствующим методикам выполнения измерений.

Анализ проб почвы и водных образцов на тяжелые металлы осуществляли на рентгено-флуоресцентных Спектросканах «МАКС GFIE (S)» и «МАКС GFIE (P)».

Результаты и обсуждение

Содержание мышьяка в почвах, определенное «по Гутцейту» и спектрофотометрически до начала строительства объекта по УХО в конце 1992 г., составляло в среднем $10^{-1} - 10^{-2}$ мг/кг, при условии, что ПДК для почвы соответствует уровню 2,0 мг/кг [1]. Другие исследователи [6], проводившие в те же годы изучение загрязнения почв Камбарки соединениями мышьяка, установили, что его содержание в городской почве составляет в среднем 2,09 мг/кг, а в его окрестностях – 3,27 мг/кг. В этой связи создается впечатление повышенного загрязнения почвы изучаемого района мышьяком, поскольку практически во всех зонах (в г. Камбарке, за его пределами и в пределах площадки хранения люизита) содержание мышьяка в почве выше допустимого норматива.

По данным авторов [7], фоновое содержание мышьяка в подзолистых почвах (в изучаемом районе преобладают подзолистые почвы) составляет 3,0 мг/кг.

Таким образом, в изучаемом районе содержание мышьяка в пробах почвы, отобранных в г. Камбарке и за его пределами, следует принимать как фоновое (в связи с отсутствием вблизи источников антропогенного загрязнения), что согласуется с имеющимися литературными данными. С учетом изложенного авторы [6] полагают, что фоновое загрязнение почвы мышьяком в районе г. Камбарки (включая окрестности в радиусе 5 км) можно принять равным на уровне 3,0 мг/кг. Среднее содержание мышьяка в местах отбора проб вблизи складских корпусов № 105 и 106 составляет 10,6 мг/кг, то есть более 3 фоновых уровней. В то время как содержание мышьяка в пробе, отобранной рядом с корпусом № 109, — 158 мг/кг, что можно расценивать как интенсивное, поскольку содержание данного элемента в почве значительно (более чем в 50 раз) превышает фоновое.

Содержание хрома в почвах согласно полученным нами экспериментальным данным [8] (табл. 1) варьировалось в широком диапазоне от 0 до 932 мг/кг, ПДК по данному элементу для почв составляет 6,0 мг/кг. Содержание никеля в различных точках пробоотбора также колеблется в достаточно широком диапазоне от 0 до 58 мг/кг при условии, что ПДК по данному элементу соответствует 4,0 мг/кг.

Содержание соединений свинца находится в диапазоне 0 – 132 мг/кг (ПДК 6,0 мг/кг), при этом в большинстве точек пробоотбора его количество находится на уровне и ниже фонового значения. Максимальные величины приходятся на зоны,

расположенные в непосредственной близости к автодорогам, что можно объяснить использованием в течение длительного периода этилированного бензина, содержащего в качестве присадки свинцовые компоненты.

Количество соединений кадмия также весьма значительно различаются в разных зонах от полного отсутствия до максимальной величины в 82 мг/кг (ОДК 0,5 мг/кг). Повышенное содержание катионов металла обнаружено в северной части района и носят, вероятнее всего, антропогенный характер.

Для соединений железа, являющимся одним из основных элементов почвы, ПДК в почвах отсутствует, а в сравнении с фоновыми показателями, превышение данного элемента не обнаружено.

Создается впечатление повышенного загрязнения почвы изучаемого района тяжелыми металлами, поскольку во многих зонах (в г. Камбарке, за его пределами) их содержание в почве выше допустимого норматива. Однако согласно литературным данным [9], оценку загрязнения почвы неорганическими веществами рекомендуется проводить с учетом их кларков (среднего содержания вещества в незагрязненных почвах). Исследователи считают, что свидетельством загрязнения почвы неорганическим веществом является превышение его в почве 3–4 кларков. Поэтому, как следует из табл. 1, количество катионов ТМ в почвах по сравнению с их фоновым содержанием, за исключением отдельных точек, не превышает единицы, т.е. находится в пределах нормы для данной местности.

В табл. 2 представлены результаты мониторинга, полученные в РЦ СГЭКиМ, по содержанию ТМ в почве г. Камбарки после проведения работ по уничтожению химического оружия. Согласно табличным данным, содержание валовой формы мышьяка в почве находится на уровне фоновых показателей и только в отдельных точках пробоотбора его количество достигает величины в 1,4 ПДК [10]. Следует отметить, что количество мышьяка в одной и той же точке пробоотбора с течением времени подвержено разносторонним колебаниям, например, № 8, 47, а не стремится к закономерному уменьшению, как логически следовало бы после прекращения функционирования объекта УХО. Полученные данные свидетельствуют о том, что на содержание соединений мышьяка в почве влияет ряд внешних факторов, например, количество выпавших осадков, которые необходимо учитывать при рассмотрении динамики накопления данного элемента в почвенном покрове. В целом же, данные мониторинга ЦЭАЛ РЦ СГЭКиМ по количеству мышьяка в почве после окончания работ объекта УХО близки к данным, представленным авторами [6], до начала функционирования этого объекта.

Абсолютное содержание в почвах свинца осталось практически неизменным в течение последних 17 лет, как видно из сопоставления данных таблиц 1 и 2. Максимальные цифры табл.1 (образцы № 4, 13, 17) соответствуют автодорогам с доста-

точно интенсивным движением транспорта, который в тот период использовал этилированный бензин, следовательно, на протяжении нескольких десятилетий соединения свинца с выхлопами автотранспорта попадали и закреплялись в почвах вблизи дорог. В таком аккумулятивном виде, как нами было установлено [11], катионы ТМ содержатся в почве в течение сотен лет.

Таблица 1 – Содержание тяжёлых металлов в почвах Камбарского района до начала работы объекта УХО (ПВ – полученная величина, ФП – фоновый показатель)

№ образца	Содержание, мг/кг почвы								
	Cr ³⁺			Pb ²⁺			Cd ²⁺		
	ПВ	ПДК	ФП	ПВ	ПДК	ФП	ПВ	ОДК	ФП
		6,0	80,0		6,0	25,0		0,5	-
	ПВ/ПДК	ПВ/ФП		ПВ/ПДК	ПВ/ФП		ПВ/ОДК	ПВ/ФП	
4	33,08	5,51	0,42	114,34	19,06	4,57	0,64	1,28	
6	47,27	7,88	0,59	н/о	-	-	3,77	7,54	
7	548,34	91,33	6,85	41,84	6,97	1,67	3,92	7,84	
11	519,98	86,66	6,50	49,41	8,24	1,98	37,87	75,74	
13	5,88	0,98	0,07	66,65	11,11	2,67	7,08	14,16	
17	23,62	3,94	0,30	61,32	10,22	2,45	2,75	5,50	
№ образца	Содержание, мг/кг почвы								
	Ni ²⁺			Fe ³⁺					
	ПВ	ПДК	ФП	ПВ	ПДК -	ФП			
		4,0	30,0				19784,10		
	ПВ/ПДК	ПВ/ФП		ПВ/ПДК	ПВ/ФП				
4	4,89	1,22	0,16	1101,91		0,06			
6	3,56	0,89	0,12	367,45		0,02			
7	10,68	2,67	0,36	2718,96		0,14			
11	н/о	-	-	2571,98		0,13			
13	7,08	1,77	0,24	3512,16		0,18			
17	8,00	2,00	0,27	2019,39		0,10			

Поскольку нижний предел обнаружения методом рентгено-флуоресцентного анализа для хрома составляет 80 мг/кг почвы согласно табличным данным (табл.2), то содержание соединений хрома в течение рассматриваемого периода существенных изменений не претерпело. Максимальные данные по хрому за 1992г. у образцов №7,

11 обусловлены техногенным воздействием автотранспорта и промышленных предприятий, поскольку эти точки располагались у КПП пос. Кама и рядом с г. Амзя.

Таблица 2 – Содержание тяжелых металлов в почвенных образцах зоны защитных мероприятий после окончания работы объекта УХО в г. Камбарке [2-3]

№ контрольной точки	дата	Содержание, мг/кг								
		As			Pb			Cr		
		ПВ	ПВ/ПДК	ПВ/ФП	ПВ	ПВ/ПДК	ПВ/ФП	ПВ	ПВ/ПДК	ПВ/ФП
5	15.04.2009	7,4	0,74	0,70	<25	-	-	<80	-	-
	30.06.2009	8,6	0,86	0,82	<25	-	-	<80	-	-
	26.04.2010	8,0	0,80	0,76	<25	-	-	80	-	-
8	15.04.2009	9,8	0,98	0,88	<25	-	-	<80	-	-
	30.06.2009	10,8	1,08	0,96	29	0,22	-	<80	-	-
	26.04.2010	9,20	0,92	0,82	<25	-	-	89	-	-
9	15.04.2009	8,0	0,80	0,63	<25	-	-	<80	-	-
	30.06.2009	11,0	1,10	0,87	<25	-	-	85	-	0,65
	26.04.2010	9,2	0,84	0,66	<25	-	-	141	-	1,03
24	21.04.2009	11,0	1,10	1,07	33	0,25	-	94	-	1,02
	22.07.2009	9,7	0,97	0,94	<25	-	-	<80	-	-
	27.04.2010	7,0	0,70	0,68	<25	-	-	100	-	1,09
33	22.04.2009	14,1	1,41	1,10	38	0,29	-	<80	-	-
	09.06.2009	10,3	1,03	0,80	<25	-	-	107	-	-
	06.10.2009	8,9	0,89	0,70	<25	-	-	<80	-	-
	27.04.2010	9,1	0,91	0,71	<25	-	-	122	-	-
47	22.04.2009	14,1	1,41	0,97	40	0,31	-	<80	-	-
	06.10.2009	7,9	0,79	0,54	<25	-	-	<80	-	-
	27.04.2010	10,1	1,01	0,70	27	0,21	-	<80	-	-

№ контрольной точки	дата	Содержание, мг/кг				
		Fe		Ni		
		ПВ	ПВ/ФП	ПВ	ПВ/ПДК	ПВ/ФП
5	15.04.2009	172000	0,74	28	0,35	1,00
	30.06.2009	23100	1,00	33	0,41	1,18
	26.04.2010	23700	1,02	33	0,41	1,18
8	15.04.2009	24000	0,89	35	0,44	4,35
	30.06.2009	17500	0,65	29	0,36	1,12
	26.04.2010	22000	0,81	33	0,41	1,27

9	15.04.2009	21100	0,65	40	0,5	0,33
	30.06.2009	19200	0,59	28	0,35	0,83
	26.04.2010	23300	0,72	34	0,43	1,13
24	21.04.2009	23800	0,59	36	0,45	1,09
	22.07.2009	31300	0,77	33	0,41	1,00
	27.04.2010	25700	0,63	34	0,43	1,03
33	22.04.2009	19700	0,82	31	0,39	1,15
	09.06.2009	28100	1,31	30	0,38	1,11
	06.10.2009	22000	1,02	31	0,39	1,15
	27.04.2010	29400	1,37	33	0,41	1,22
47	22.04.2009	33200	1,44	34	0,43	1,10
	06.10.2009	21200	0,92	22,3	0,28	0,72
	27.04.2010	26600	1,15	34	0,43	1,10

При сравнении данных мониторинга (табл. 1 и 2) по количеству катионов никеля в почве видно, что наблюдается незначительное повышение его содержания, при этом согласно нормативным данным, ПДК не превышена; количество данных ионы находится на фоновом уровне и немного выше 1,10-1,27.

Наблюдаемый разброс данных по содержанию катионов железа в почве согласно нашим данным и данным мониторинга ЦЭАЛ РЦ СГЭКиМ обусловлен тем, что железо относится к почвообразующим элементам, поэтому его количество в разных почвах различно и для него отсутствует такой нормативный показатель как ПДК. Тем не менее, количество железа в исследуемых образцах не превышает фоновый уровень.

Выводы

Проведенное сопоставление данных по содержанию ряда ТМ в почве г. Камбарки до начала функционирования объекта УХО и после его окончания показало, что в абсолютном выражении количество исследуемых катионов не претерпело существенных изменений. Зафиксированные отдельные существенные превышения норм содержания некоторых металлов объясняются близким расположением к непосредственным источникам поступления техногенных выбросов. Отмечено также неоднозначное колебание содержания мышьяка в почве после прекращения работы объекта УХО, что можно объяснить влиянием внешних воздействий (например, осадки) на его соединения, находящегося в отличие от остальных металлов в анионной форме.

Список литературы

1. Решетников С.М., Макарова Л.Л., Корнев В.И., Ионов Л.Б., Плетнев М.А. Результаты исследования почв и водоемов в 30-километровой зоне г. Камбарки на содержание в них мышьяка и некоторых тяжелых металлов // Вестник УдГУ. 1994. Спецвыпуск. Вып. 3. С. 109-121.
2. Кургузкин М.Г., Фризоргер Г.Г. Специфические особенности и объем выполняемых работ РЦ СГЭК и М по УР в рамках обеспечения ведения системы государственного экологического контроля и мониторинга деятельности объектов по хранению и уничтожению химического оружия УР // Химическое разоружение-2009: итоги и аспекты технологических решений, экоаналитического контроля и медицинского мониторинга «СНЕМДЕТ-2009»: Сб. тр. III Всеросс. конф. с международным участием (Ижевск, 7-11 сентября 2009 г.). Ижевск: ИПМ УрО РАН, 2009. С. 142-149.
3. Набокова О.С. Исследования содержания мышьяка в почве и донных отложениях района расположения объекта по ХХО и строящегося объекта по УХО в п.Кизнер Удмуртской Республики // Химическое разоружение-2009: итоги и аспекты технологических решений, экоаналитического контроля и медицинского мониторинга «СНЕМДЕТ-2009»: Сб. тр. III Всеросс. конф. с международным участием (Ижевск, 7-11 сентября 2009 г.). Ижевск: ИПМ УрО РАН, 2009. С. 169-175.
4. Набокова О.С., Фризоргер Г.Г., Петров В.Г., Шуилова М.А. Мониторинг содержания загрязнителей в почвах района расположения объекта по уничтожению люизита // Экология-2011: Тез. докл. IV Междунар. молодежн. научн. конф. (Архангельск, 6-11 июня 2011 г.). Архангельск, 2011. С. 107-108.
5. Шуилова М.А., Набокова О.С., Петров В.Г. Особенности поведения техногенного мышьяка в природных объектах // Химическая физика и мезоскопия. 2011. Т. 13. № 2. С. 262-270.
6. Шкодич П.Е., Желтобрюхов В.Ф., Клаучек В.В. Эколого-гигиенические аспекты проблемы уничтожения химического оружия. Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2004. 236 с.
7. Саст Ю.Е. и др. Геохимия окружающей среды М.: Недра, 1990. 335 с.
8. Шуилова М.А., Трубачёв А.В. Вольтамперометрическое определение тяжёлых металлов в почвах и воде Камбарского района // Химическое разоружение-2009: итоги и аспекты технологических решений, экоаналитического контроля и медицинского мониторинга «СНЕМДЕТ-2009»: Сб. тр. III Всеросс. конф. с международным участием (Ижевск, 7-11 сентября 2009 г.). Ижевск: ИПМ УрО РАН, 2009. С. 277-279.
9. Акулов К.И., Буштуева К.А. Коммунальная гигиена. М.: Медицина, 1986. 406 с.
10. Набокова О.С. Совершенствование экологического мониторинга почв при техногенном воздействии соединений мышьяка для объектов УХО // Вестник УдГУ. Сер. "Физика, химия". 2012. Вып. 4. С. 59-62.
11. Петров В.Г., Шуилова М.А., Харалдина Е.А., Сергеев А.А. Определение параметров подвижности в почве для оксидов некоторых тяжелых металлов // Химическая физика и мезоскопия. 2012. Т. 14. № 3. С. 430-270.

УДК: 628.4.045

В.Г. Петров¹, доктор химических наук
М.А. Шумилова^{1,2}, кандидат химических наук, доцент
В.В. Столов³, инженер
А.В. Марков^{1,4}, студент

¹ФГБУН Институт механики УрО РАН

²Камский институт гуманитарных и инженерных технологий

³ООО «Молпром» (Ижевск)

⁴Удмуртский государственный университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОАГУЛЯНТОВ ДЛЯ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ВОДНО-МАСЛЯНЫХ, ВОДНО-НЕФТЯНЫХ И ВОДНО-ЖИРОВЫХ ЭМУЛЬСИЙ В ОТХОДАХ ПРОИЗВОДСТВА

Разработан способ обезвреживания водно-масляных, водно-нефтяных и водно-жировых эмульсий с использованием коагулянтов в отходах производственной деятельности. Наблюдается разложение устойчивых эмульсий и высокая степень очистки от загрязняющих веществ. Метод может быть использован для очистки сточных вод предприятий от нефтепродуктов и органических загрязнителей.

A method of disposal of water-oil, water-petroleum and water-fat emulsions in waste products with the use of coagulants is developed. There decomposition stable emulsions and high degree of purification of pollutants. The method can be used for wastewater treatment from oil and organic pollutants.

Ключевые слова: отходы производства, эмульсии, обезвреживание

Keywords: waste products, emulsions, neutralization

Проблема обезвреживания различных видов промышленных эмульсий, являющихся отходами производственной деятельности, в настоящее время является актуальной. Попадание таких эмульсий в окружающую среду является причиной загрязнения природных объектов нефтепродуктами для промышленных предприятий и предприятий нефтяной отрасли [1–4], а также такими органическими отходами, как жиры, например для предприятий молочной отрасли [5, 6].

Нефтепродукты в сточные воды промышленных предприятий попадают из-за того, что не обезвреживаются или плохо обезвреживаются отходы, в состав которых входят эти загрязняющие вещества. Одной из проблем удаления нефтепродук-

тов из сточных вод предприятий является обезвреживание и утилизация различных видов водно-масляных и водно-нефтяных эмульсий, которые применяются в производстве и утрачивают свои свойства или являются отходами каких-либо процессов. Примером таких эмульсий могут быть отработанные смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ), широко используемые в производстве [7]. Другим видом являются водно-нефтяные эмульсии, образующиеся при добыче нефти, бурении, при авариях и ЧС, связанных с разливом нефтепродуктов [8].

Создаваемые в настоящее время предприятия молочной промышленности, зачастую, представляют собой небольшие цеха и производства, находящиеся в удалении от муниципальной инфраструктуры, связанной с обезвреживанием сточных вод, и приближены к сельскохозяйственным животноводческим комплексам. Поэтому таким предприятиям необходимо решать вопросы, связанные с обезвреживанием стоков до природоохранных норм, что, зачастую, бывает сложно сделать, из-за специфических особенностей образующихся стоков. Одной из проблем таких стоков является то, что они представляют собой устойчивую водно-жировую эмульсию, в состав которой входят смывы с оборудования, специального автотранспорта, рабочих помещений, хозяйственно-бытовые стоки. Удельный расход стоков составляет 5-7 м³ на тонну перерабатываемого молока [9].

Нами рассмотрена возможность разложения водно-масляных, водно-нефтяных промышленных эмульсий и водно-жировых эмульсий молочного производства с использованием недефицитных и недорогих коагулянтов [1-6].

Материал и методика исследований

Образцы отработанных СОЖ были получены с предприятия ОАО «Ижевский радиозавод» (ИРЗ), образец водно-нефтяной эмульсии был отобран в отходах бурения при добыче нефти на одной из скважин АО «Удмуртнефть» (Игринский район Удмуртской Республики). Было изучено разложение водно-жировых эмульсий ООО «Молпром» (г. Ижевск). Были проведены исследования для различных видов эмульсий: смывы с оборудования утренних и вечерних смен молочного цеха, образцы из усреднителя сточных вод и др. Были проведены лабораторные и производственные исследования способа разложения эмульсий.

Для разложения эмульсий применялись коагулянты: FeSO₄·7H₂O, ГОСТ 4148-78; FeCl₃·6H₂O, ГОСТ 4147-74; Al₂(SO₄)₃·18H₂O, ГОСТ 3758-80. В ходе работы использовались растворы отдельных веществ, а также их смесей в соотношении 1:1, что расширяет диапазон рН для работы растворов коагулянтов [10]. Значение рН в системе регулировалось добавлением различных кислотных и щелочных реагентов.

Содержание нефтепродуктов в растворе до и после обработки коагулянтами проводили по методике [11]. Анализ содержания загрязняющих веществ в стоках

ООО «Молпром» до и после обработки проводился в сертифицированной лаборатории физико-химических исследований АУ «Управление охраны окружающей среды и природопользования Минприроды Удмуртской Республики».

Результаты и обсуждение

В ходе эксперимента удалось подобрать условия, при которых наблюдается эффективное разложение водно-масляных, водно-нефтяных и водно-жировых эмульсий. Схемы обработки отходов нефтедобычи и стоков молочного производства с использованием коагулянтов представлены на рис. 1, 2.

Результаты разложения отработанных СОЖ ИРЗ и водно-нефтяной эмульсии приведены в табл. 1. Из нее видно, что предложенный метод можно признать перспективным, т.к. содержание нефтепродуктов после обработки снижается в 500-3500 раз. Однако после предварительных испытаний значения ПДК по нефтепродуктам (ПДК в воде = 0,3 мг/л [11]) достигнуты не были, что требует дальнейшего совершенствования этого метода. Полученный осадок состоит из стигтившихся масло-, нефте- продуктов, $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ и $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, может быть использован в качестве добавок при производстве асфальтобетонов. Кроме этого можно провести его обжиг. В результате обжига нефтепродукты выгорают с образованием тепла, которое можно утилизировать, и получением шлака, который применим в строительстве [12].

В табл. 2 приведены показатели по загрязнению в сточных водах молочного производства до и после обработки коагулянтами. Из табл. 2 видно, что в результате обработки коагулянтами значительно снизились такие показатели, как содержание жиров, БПК₅, ХПК, содержание фосфатов и взвешенных веществ. Увеличение содержания хлоридов и сульфатов связано с тем, что они входят в состав вносимых коагулянтов.

Таким образом, можно сделать заключение, что после обработки коагулянтами сточных вод молочного производства из них удаляются нежелательные примеси, которые блокируют работу системы биологической очистки предприятия – это, прежде всего, жиры, фосфаты и взвешенные вещества. Наличие повышенного количества растворимых органических соединений, а также вносимых с коагулянтами хлоридов и сульфатов может сказаться на эффективности биологической очистки от этого вида загрязняющих веществ, но блокирования системы биологической очистки не произойдет.

Полученная после коагуляции и отделения осадка жидкость, несмотря на повышенное количество растворенной органики, имеет хорошие органолептические показатели. Она прозрачна, не имеет неприятного запаха. Для сокращения количества сточных вод производства, ее можно использовать, на наш взгляд, для каких-

то хозяйственно-бытовых нужд производства: мойки автотранспорта, мойки помещений. Использование для производственных целей вряд ли возможно, так как содержание примесей в такой воде жестко регламентируется [9]. Полученный после фильтрации осадок, вероятно, может быть утилизирован, так как в нем содержатся животные жиры, что требует дальнейшего изучения.

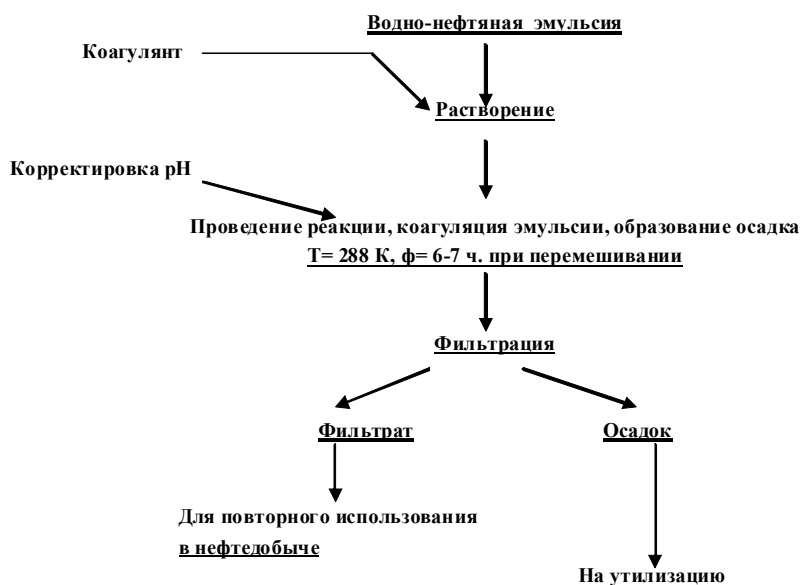


Рисунок 1 – Схема разложения и утилизации водно-нефтяной эмульсии

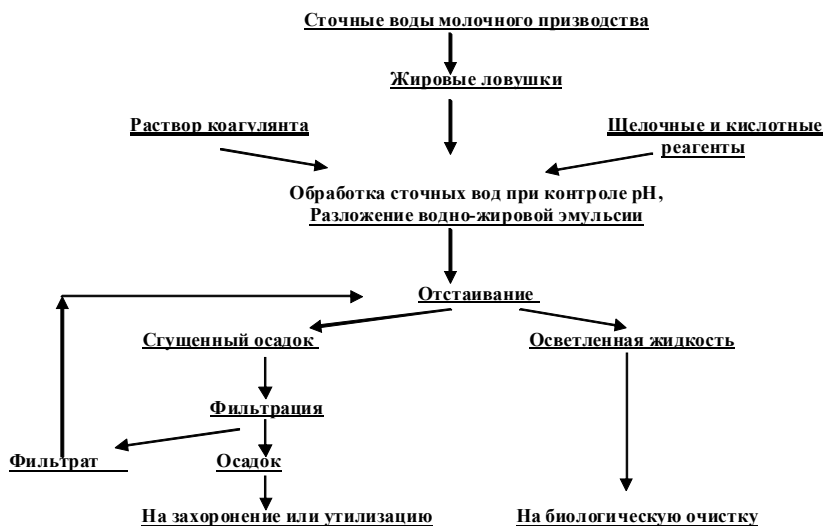


Рисунок 2 – Схема обработки сточных вод молочного производства с использованием коагулянтов

Таблица 1 – Состав и содержание нефтепродуктов до и после разложения водно-масляных и водно-нефтяных эмульсий

Состав эмульсий	Содержание нефтепродуктов	
	до обработки г/л	после обработки, мг/л
Отработанные СОЖ ИРЗ: Моющее средство «Лабомид-203»; промышленное масло И-12А, И-20А; смазочно-охлаждающая жид- кость «Конвекс», нитрит натрия технический	141,0	38,2
Отработанные СОЖ ИРЗ: Моющее средство МЛ-51, МЛ-52; промышленное масло И-12А, И-20А; смазочно-охлаждающая жид- кость «ВЭЛС-1»	7,0	5,8
Отработанные СОЖ ИРЗ: Моющее средство МЛ-51, МЛ-52; промышленное масло И-12А, И-20А; смазочно-охлаждающая жид- кость состава: триэтаноламин, борная кислота	8,5	16,3
Водно-нефтяная эмульсия АО «Удмуртнефть» (Иг- ринский район УР)	76,9	25,4

Таблица 2 – Содержание загрязнителей в сточных водах ООО «Молпром» до и после обработки коагулянтами

Показатели	До обработки, мг/дм ³	После обработки, мг/дм ³
БПК ₅	2471	509
ХПК	3430	1270
Взвешенные вещества	4170	260,0
Нитрит-ион	1,01	-
Нитрат-ион	0,58	-
Аммоний-ион	23,6	19,0
Хлориды	49,8	472
Сульфаты	74,0	1760
Железо	1,36	0,370
Фосфаты	50,5	0,061
Жиры	не менее 12,0	0,61

Выводы

Разработан метод разложения водно-масляных, водно-нефтяных и водно-жировых эмульсий с использованием коагулянтов в отходах производства. Метод

позволяет существенно снизить сброс загрязняющих веществ в окружающую среду и может быть использован на промышленных предприятиях при обезвреживании старых СОЖ, а также в случае попадания нефтепродуктов в окружающую среду в результате производственных аварий и производственной деятельности при нефтедобыче, при обработке стоков молочного производства.

Список литературы

1. Чечина А.А., Петров В.Г., Меркушев Ю.Н. Разложение и утилизация водомасляных и водонефтяных эмульсий // Интеллектуальные системы в производстве. 2008. № 1. С. 122-124.
2. Шумилова М.А., Петров В.Г., Харалдина Е.А. Комплексный метод обезвреживания и утилизации отходов бурения // Технадзор. 2011. № 7. С. 30-31.
3. Петров В.Г., Харалдина Е.А., Шумилова М.А. Комплексное обезвреживание и утилизация отходов бурения // Вестник УдГУ. Сер. "Физика и Химия". 2011. № 2. С. 77-79.
4. Харалдина Е.А., Петров В.Г., Шумилова М.А. Вопросы обезвреживания отходов бурения // Безопасность критических инфраструктур и территорий: Мат. IV Всеросс. конф. и XIV школы молодых ученых. Екатеринбург: УрО РАН, 2011. С. 229-230.
5. Петров В.Г., Шумилова М.А., Столов В.В. Разложение водно-жировых эмульсий в сточных водах молочного производства с использованием коагулянтов // Вестник УдГУ. Сер. "Физика и Химия". 2013. № 4. С. 27-32.
6. Петров В. Г., Шумилова М. А., Столов В. В., Марков А. В. Применение коагулянтов для разложения водно-жировых эмульсий в сточных водах молочного производства // Безопасность критических инфраструктур и территорий: Мат. VI Всеросс. научн.-техн. конф. (Абзаково, 8 сентября 2014 г.). Екатеринбург: Изд-во АМБ, 2014. С. 168-169.
7. Политехнический словарь / Под ред. И.И. Артоболевского. М.: Советская энциклопедия, 1977. 608 с.
8. Шорникова Е.А. Некоторые возможные способы утилизации отходов бурения и нефтедобычи // Биологические ресурсы и природопользование. Вып. 5. Сургут: Дефис, 2002. С. 99-109.
9. Шифрин С.М., Иванов Г.В., Мишуков Б.Г., Феофанов Ю.А. Очистка сточных вод предприятий мясной и молочной промышленности. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. 272 с.
10. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. М.: Химия, 1989. 448 с.
11. Дмитриев Н.И., Казнина Н.И., Пинигина И.А. Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде. М.: Химия, 1989. 368 с.
12. Комар А.Г., Баженов Ю.М., Сулименко Л.М. Технология производства строительных материалов. М.: Высшая школа, 1990. 446 с.

Подписано в печать 25.11.2013. Формат 60×84/16.
Гарнитура Minion Pro. Усл. печ. л. 2,9. Уч.-изд. л. 2,7.
Тираж 300 экз. Заказ № 551.

Редакционно-издательский отдел
Камского института гуманитарных и инженерных технологий
426003, г. Ижевск, ул. Вадима Сивкова, 12 А.