

## К ВОПРОСУ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В РАЙОНАХ РАЗМЕЩЕНИЯ ОПАСНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Дмитриев А.П.<sup>1</sup>, Хотько Н.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», Пенза, e-mail: goziz59@mail.ru;

<sup>2</sup>ФБУ «Государственный научно-исследовательский институт промышленной экологии», Саратов, e-mail: info@sar-ecoinst.org

---

В статье рассматриваются вопросы мониторинга окружающей среды в районах размещения опасных промышленных объектов. Авторы анализируют применение методов биотестирования для оценки состояния окружающей среды в санитарно-защитной зоне. В статье приводится определение системы биологического мониторинга, описываются методы биоиндикации и биотестирования, дается характеристика методов, приводится преимущество использования методов в конкретных ситуациях. Дано определение тест-объекта приведены примеры тест-объектов. На примере предприятия по уничтожению химического оружия обсуждаются вопросы повышения эффективности программ лабораторного контроля опасных промышленных объектов. Авторы рассматривают целесообразность применения статистических методов контроля качества при проведении лабораторных исследований на объектах. Приводится модель управления качеством через использование контрольных карт Шухарта. Описывается возможность улучшения информативности методов изучения здоровья населения, проживающего на прилегающих к объекту территориях.

---

Ключевые слова: биологический мониторинг, опасные промышленные объекты, статистические методы контроля качества, изучение здоровья населения.

## TO THE ISSUE OF ENVIRONMENTAL MONITORING IN THE DISTRICTS OF PLACEMENT OF HAZARDOUS INDUSTRIAL OBJECTS

Dmitryev A.P.<sup>1</sup>, Khotko N.I.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Penza State University, Penza, e-mail: goziz59@mail.ru;

<sup>2</sup>State Research Institute of Industrial Ecology, Saratov, e-mail: info@sar-ecoinst.org

---

In the article the authors consider the issues of environmental monitoring in the areas where dangerous industrial facilities are located. The authors analyze the application of biotesting methods for assessing the state of the environment in the sanitary protection zone. The article defines the biological monitoring system, describes the methods of bioindication and biotesting, gives a comparative description of methods, and gives the advantage of using methods in specific situations. The definition of test objects is given; examples of test objects are given. In an article on the example of an object for the destruction of chemical weapons, the issues of increasing the effectiveness of laboratory control programs for hazardous industrial facilities are discussed. The authors consider the expediency of using statistical methods of quality control when conducting laboratory studies at sites. A description of quality management is presented through the use of control cards. The article describes, on a concrete example, the possibility of improving the informative value of methods for studying the health of the population living on the territories adjacent to the object.

---

Keywords: biological monitoring, hazardous industrial objects, statistical methods of quality control, study of public health.

Обязательным условием социально-экономического развития общества является сохранение и восстановление окружающей среды как благоприятной среды обитания человека. Особого внимания требуют территории, на которых размещены потенциально опасные для человека объекты. Так, на территории Пензенской области расположено 10 химически потенциально опасных объектов, в том числе объект по уничтожению химического оружия (УХО) в районе р.п. Леонидовка. Несмотря на то, что ликвидация химического оружия на объекте была завершена в августе 2015 года, специалисты постоянно

следят за состоянием окружающей среды в санитарно-защитной зоне. На территориях, прилегающих к объекту УХО, контролируется качество атмосферного воздуха, воды, почвы, пищевых продуктов. Для обеспечения качественного мониторинга необходимо постоянно совершенствовать методы оценки состояния окружающей среды и оценки здоровья населения контролируемой территории. В данной работе обсуждается несколько аспектов данной проблемы. Во-первых, применение методов биотестирования для оценки состояния окружающей среды в санитарно-защитной зоне. Во-вторых, использование контрольных карт при реализации программ лабораторного контроля. В-третьих, повышение информативности методов изучения здоровья населения.

На начальном этапе, согласно данным ряда авторов, анализ качества природной среды в зоне объектов УХО целесообразно осуществлять методами биотестирования [1-6]. При обнаружении признаков токсичности для живых организмов, следует проводить детальный химический анализ проб согласно разработанным программам лабораторного анализа для данного объекта. Считается, что методы биотестирования чувствительнее химических методов анализа, так как они позволяют оценить совместное действие и биологические эффекты сверхмалых концентраций загрязняющих веществ. Биотестирование проб следует проводить на нескольких тест-объектах, относящихся к разным группам живых организмов.

Для получения достоверных результатов исследования, животные, используемые для биоиндикации, должны соответствовать определенным критериям: принадлежать к разным звеньям трофической цепи – растительноядным, насекомоядным, хищным млекопитающим; быть оседлыми; иметь широкий ареал обитания, высокую численность, простоту и доступность добывания.

Биологические методы оценки состояния водоема на токсичность определяют по составу растительных и животных популяций и тестам.

В настоящее время разработано большое количество биотестов для оценки качества воды, которые используют разных обитателей водоемов.

Методом экспресс-оценки общей токсичности вод является – «бегущая улитка» [5]. В нем используется чистая линия разводимых в лабораторных «экологически чистых» условиях тропических брюхоногих моллюсков. Оценка токсичности вод производится путем количественной регистрации изменения поведенческих реакций.

Оценка состояния почв методами биоиндикации включает анализ их состава и структуры, распространения растений-индикаторов или определенных индикационных признаков у отдельных видов растений, а также процессов происходящих в местах их обитания, определение популяции различных организмов, населяющих ее [2].

Существуют методы, позволяющие оценить суммарные биологические процессы по исходным или конечным продуктам: определение дыхания почвы по поглощению кислорода или выделению углекислого газа; учет активности азотфиксации по восстановлению ацетилену; микрокалориметрические измерения для установления уровня термостойкости; аппликационные методы с применением специальных материалов (целлюлозы, хроматографической бумаги, целлофана) для оценки скорости и степени их разложения и накопления продуктов метаболизма.

Признаки повреждения растений при загрязнении атмосферы различны и зависят от характера химического вещества и вида растения. Некоторые сорта табака очень чувствительны к озону, под влиянием которого на листьях образуются некротические пятна. Индикаторным признаком нарушений, вызываемых у растений загрязнителями воздушной среды, является флуоресценция хлорофилла листьев и феллодермы.

В системе экологического мониторинга также применяют методы изучения генной токсичности [3]. Система биотестов для оценки генотоксичности должна быть многокомпонентной, оценивать генные, хромосомные и геномные классы мутаций [4].

При изучении состояния природных сред также применяют методы биологического тестирования, в которых используются культуры клеток человека и животных [5]. Этот подход связан с необходимостью тщательного изучения влияния антропогенных факторов на группы организмов и сложностями проведения исследований на животных тестовых объектах. Главное преимущество культивируемых клеток – это возможность прижизненного наблюдения. Важно, что при работе с культурами клеток в эксперименте используются здоровые клетки и что они сохраняют жизнеспособность в течение всего эксперимента.

Ни один из методов биологического тестирования не позволяет сделать достаточно обоснованное заключение о токсичности природных сред. Поэтому возникает необходимость использования нескольких биологических объектов и методов, т.е. систем тестирования [4]. Эти системы включают представителей различных систематических групп организмов и культуры клеток, что позволяет дать более точную оценку токсичности воды, почвы и воздуха. Тест-системы должны обладать повышенной чувствительностью к воздействию загрязняющих веществ и возможностью работы на уровне малых доз, быстротой и экономичностью. Полученные с помощью данной тест-системы результаты должны совпадать в пределах случайных ошибок с результатами, полученными другими специалистами соответствующего профиля. Тест-система должна обеспечить регистрацию токсических эффектов самих веществ и их метаболитов и в то же время иметь возможность экстраполяции полученных результатов.

Оценка качества природных сред имеет специфику в зависимости от целевой установки. Иногда требуется быстро и достоверно произвести оценку качества природных сред. Подобная ситуация может возникнуть, например, при авариях на химических заводах. В таких случаях очень важно в кратчайшие сроки оценить экологическую обстановку в районе опасного промышленного объекта для принятия должных мер. Для быстрой оценки качества природных сред была предложена система биотестов, которая включает в себя следующие тестовые объекты: цериодафнии, дафнии, хлореллу, инфузории и т.д. Все используемые в многокомпонентной тест-системе организмы относятся к низшим и высшим растениям, бактериям, беспозвоночным одноклеточным и многоклеточным животным. Существует экспресс-методика оценки токсичности по степени заполнения пищеварительного тракта дафний, которая основана на изменении пищевых рефлексов у дафний при нахождении в токсичной среде.

Методы биомониторинга являются незаменимыми в процессе мониторинга, так как позволяют оперативно оценить изменения в биоте, вызванные факторами антропогенного происхождения [5].

На втором этапе мониторинга за состоянием объектов уничтожения химического оружия проводится лабораторный контроль состояния окружающей среды. На примере УХО в районе р.п. Леонидовка можно рассмотреть технологию сбора данных в соответствии с существующими нормативными документами [6]. ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пензенской области» регулярно осуществляет социально-гигиенический мониторинг и лабораторный контроль состояния окружающей среды на территории зоны защитных мероприятий объекта по хранению и уничтожению химического оружия в Пензенской области.

Разработана «Программа лабораторного контроля состояния качества питьевой воды и поверхностных водоемов, почвы и атмосферного воздуха санитарным нормам». Лабораторный контроль выполняется согласно схеме, заложенной в программе. Основной целью программы является получение оперативной информации об изменении в состоянии окружающей среды на контролируемой территории и определении приоритетных загрязнителей. Ежегодно отбираются пробы атмосферного воздуха в трех точках защитных мероприятий (около трех тысяч исследований). Анализируются образцы питьевой воды из централизованных и децентрализованных источников по 12 мониторинговым точкам, ежегодно выполняется около 700 исследований, в том числе около 400 исследований на присутствие в воде специфических веществ. Анализируется состояние поверхностных водоемов в шести мониторинговых точках (проводится около 400 исследований). Контроль почвы осуществляется по шести мониторинговым точкам (около 400 исследований).

Анализируются продовольственное сырье и пищевые продукты, производимые на подсобных хозяйствах территории по шести мониторинговым точкам (около 150 исследований). Таким образом, ежегодно отслеживается около 5000 показателей. Проводится оценка показателей на соответствие гигиеническим нормативам. Для динамического контроля лабораторных исследований можно рекомендовать использовать статистические методы контроля качества, применяемые в производстве для оценки технологичности процесса (контрольные карты Шухарта, кумулятивные контрольные карты) [7]. Сложность применения метода вызвана тем фактом, что метод оценки предъявляет определенные требования к используемым показателям. Во-первых, показатель должен действительно характеризовать управляемость процесса; во-вторых, простота измерения; в-третьих, надежность. И еще одно важное условие, лицо проводящее измерение, должно быть заинтересовано в получении оперативной динамичной информации о процессе, использовании этой информации в управлении.

Управление качеством через использование контрольных карт Шухарта осуществляется по следующей схеме:

1) Измерение показателей качества. Извлекается множество малых выборок через регулярные промежутки времени, объем выборки зависит от характера используемых показателей (для количественных показателей – от 2 до 12 единиц, для качественных – от 25 до 50 единиц).

2) Установление номинала, т.е. уровня полученного при нормальном функционировании процесса, налаженного в реальных условиях настолько хорошо, насколько это возможно.

3) Управление по номиналу. Это означает постоянный контроль над тем, чтобы реальное значение процесса не вышло за пределы границ регулирования.

При построении контрольных карт используются две границы: предупреждающая и граница регулирования.

Предупреждающая граница устанавливается так, что только одна из 40 случайно выбранных точек при налаженном процессе находилась за ней. Граница регулирования устанавливается так, что только одна из 1000 случайно выбранных точек при налаженном процессе находилась за ее пределами.

При контроле по качественному признаку значение этих границ получают, используя распределение Пуассона, при контроле по количественному признаку – нормальное распределение.

При проведении лабораторного контроля состояния качества питьевой воды и поверхностных водоемов, почвы и атмосферного воздуха применение контрольных карт

может способствовать лучшему обеспечению системы мониторинга оперативной динамичной информацией о контролируемом объекте.

Третий аспект изучаемой проблемы связан с оценкой здоровья населения, проживающего вблизи потенциально опасных объектов. Официальная статистическая отчетность включает информацию в динамике о первичной и общей заболеваемости населения с учетом пола, возраста. Медицинской наукой ведется работа по созданию адекватной системы оценки экологической ситуации на территориях, прилегающих к потенциально опасным промышленным предприятиям.

На примере объекта по уничтожению химического оружия (УХО) в районе р.п. Леонидовка Пензенской области нами проведен сравнительный анализ заболеваемости населения контролируемой территории и Пензенской области в целом. Всего в зоне защитных мероприятий проживает около 4000 тысяч человек.

Сведения о заболеваемости получены из сводной годовой формы статистической отчетности № 12 «Заболеваемость, зарегистрированная у населения, проживающего в районе обслуживания ЛПУ».

Для выявления основных закономерностей изменения заболеваемости проведен анализ заболеваемости населения в период с 2008 по 2014 год с использованием методов статистического изучения динамических рядов. Математическая обработка статистических данных проведена с использованием АС «СГМ», Microsoft Excel.

При проведении исследования оценивались тип тенденции динамики, динамика колебаний показателей, устойчивость колебаний и устойчивость тенденции динамики [8].

При измерении параметров тренда был использован метод регрессионного анализа. Динамика колебаний измерялась с применением метода Кэндела. Устойчивость тенденции динамики оценивается по коэффициенту корреляции рангов Ч. Спирмэна [8].

В результате проведенного исследования выявлены следующие особенности тенденции динамики показателей заболеваемости населения. При выборе регрессионной модели, тенденция динамики на контролируемой территории и по области в целом адекватно описывалась линейной моделью первого порядка, коэффициент регрессии для контролируемой территории составил 1170, для области в целом – 1250. По коэффициенту регрессии можно судить о скорости изменения показателя заболеваемости. Установленная регрессия значима. Таким образом, тенденция динамики соответствует равномерному росту показателя. Анализ устойчивости тренда заболеваемости выявил полную устойчивость тренда показателя как для контролируемой территории (коэффициент ранговой корреляции составил 0,8), так и области в целом (коэффициент ранговой корреляции составил 0,82). Устойчивость уровней динамического ряда несколько ниже и, соответственно, составила

0,65 и 0,61. Отличия в устойчивости тренда и уровней динамического ряда объясняется колебаниями показателя заболеваемости. Для оценки динамики отклонений определяли тип колебаний, силу и устойчивость. При оценке типа колебаний рассчитывали коэффициент автокорреляции Кендала, для контролируемой территории и области в целом получены значения 0,12 и 0,25. Такие значения коэффициента соответствуют случайному характеру колебаний. Для оценки силы колебаний был рассчитан коэффициент вариации, который составил 8,04 – для контролируемой территории и для области в целом – 11,2. Оба значения характеризуют колебания как слабые [8]. Таким образом, на основании этих данных можно утверждать, что динамика заболеваемости населения контролируемой территории соответствует динамике заболеваемости населения области в целом. Используемая методика позволяет оценить тенденцию динамики, характер изменений и их устойчивость, прогнозировать уровень заболеваемости, учесть наличие, характер и силу колеблемости уровней заболеваемости.

В заключение следует отметить, что для обеспечения качественного мониторинга территорий с размещением потенциально опасных для человека объектов целесообразно применять различные методы биотестирования, обеспечить качество лабораторного контроля, в том числе за счет внедрения статистических методов контроля качества, и повышать информативность методов оценки здоровья населения, используя статистические методы оценки динамики явления.

### Список литературы

1. Система биотестов для экологического мониторинга / В.Н. Чупис [и др.] // Экология и промышленность России. – 2008. – № 1. – С.44–45.
2. Принципы диагностики состояния почвы с использованием количественных характеристик альго-микологических комплексов / Н. Кондакова [и др.] // Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. – 2008. – № 6. – С.12-15.
3. Сорочинская У.Б., Михайленко В.М. Применение метода ДНК-комет для оценки повреждений ДНК, вызванных различными агентами окружающей среды / У.Б. Сорочинская, В.М. Михайленко // Онкология. – 2008. – Т.10. – № 3. – С.303-309.
4. Биологический контроль окружающей среды (биоиндикация и биотестирование) / под ред. О.П. Мелеховой и Е.И. Егоровой. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 288 с.
5. Биомониторинг окружающей среды в районах размещения опасных промышленных объектов. Теория и практика / Н.И. Хотько. – Россия, Саратов, ГосНИИЭМП, 2015. – 184 с.

6. РД 52.18.769-2012 Порядок определения исходного фонового содержания загрязняющих веществ в компонентах природной среды в районах расположения опасных производственных объектов [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200117035> (дата обращения 9.08.2017).
7. Мердок Дж. Контрольные карты / пер. с англ. /Дж. Мердок. – М.: Финансы и статистика, 1986. – 151с.
8. Дмитриев А.П., Зубриянова Н.С. Статистическое изучение динамики первичной заболеваемости населения Пензенской области /Н.С. Зубриянова // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2008. – № 2. – С.89-98.