

И. М. Янников, кандидат технических наук, доцент
Ижевский государственный технический университет

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ БИОМОНИТОРИНГА

Подчеркнута необходимость оценки экологической ситуации в зоне влияния потенциально опасных химических объектов с применением расчета удельного фонового содержания загрязняющих веществ в биоиндикаторах. Проанализированы разработанные с участием автора методы обработки данных биомониторинга. Показаны достоинства и недостатки каждого метода, определены направления развития этих методов.

Ключевые слова: биомониторинг, идентификационные экологические полигоны, обработка данных, решетчатые функции, многомерный анализ, интерполяция

Одной из важнейших задач комплексного экологического мониторинга потенциально опасных объектов, оказывающих влияние на окружающую среду, является выявление характера развития ситуации на объекте по имеющейся информации.

Целью биомониторинга как части комплексного экологического мониторинга потенциально опасного объекта является оценка и контроль воздействия объекта на окружающую природную среду в зоне его влияния с использованием биологических объектов-индикаторов.

Проблема автоматизации обработки полученных в ходе биомониторинга данных является весьма сложной в связи с большим количеством имеющихся параметров, отличающихся по виду, структуре и информативности. Применяемые в настоящее время методы контроля загрязнений в зоне влияния потенциально химически опасных объектов (ПХОО) заключаются в отборе проб и анализе сред на содержание каких-либо загрязняющих веществ (ЗВ) и использовании методов популяционной экологии. Это требует сбора большого массива разнообразных данных, что, естественно, увеличивает финансовые и временные затраты. Собранные данные не учитывают последствий воздействия малых доз загрязнителя в отдаленной перспективе, не имеют поправок на адаптивные и компенсационные механизмы биообъектов.

Основное требование к проектируемым системам мониторинга ПХОО состоит в обеспечении требуемой достоверности контроля (вероятности обнаружения) загрязняющих веществ в зонах техногенного влияния объектов, выявления объективной (выраженной в количественных показателях) оценки окружающей среды [1, 2]. Кроме того, для мониторинга химически опасного объекта оперативность получения данных имеет первостепенное значение, что исключает проведение подробного анализа биообъектов на всей территории.

Исходя из анализа применяемых методов, можно констатировать, что традиционные методы сбора и обработки всего массива данных систем наблюдения и контроля потенциально опасных объектов не позволяют без применения новых методологических подходов к организации мониторинга и современных компьютерных информационных технологий для обработки информации получать достоверные сведения о состоянии окружающей природной среды.

В целях сокращения указанных затрат, повышения достоверности результатов измерений предложен новый методологический подход к организации биомониторинга, заключающийся в экспериментальной отработке сценариев развития воз-

можных нештатных ситуаций на ПОО на опытных площадках – идентификационных экологических полигонах в зонах влияния данных объектов [3]. Это позволяет моделировать различные сценарии на объекте в реальных условиях с определением зависимостей «доза – эффект» и «время – реакция». На полигоне возможно изучение трансформации экологических и эколого-социальных систем, разработка схем, систем и конкретных технологий ремедиации и рекультивации земель, подвергшихся трансформации по каждому конкретному поллютанту [4–6].

В связи с вышеизложенным принятие обоснованных и оптимальных решений при угрозе и возникновении аварий на потенциально опасных объектах, оказывающих влияние на окружающую среду, должно быть максимально формализованным. Чем сложнее обстановка и масштабнее возможные последствия аварийных ситуаций, тем менее допустимы интуитивные решения по их предупреждению, локализации и ликвидации и, как следствие, тем важнее становятся научные методы, позволяющие заранее оценить последствия каждого решения.

Основной задачей систем поддержки принятия решений (СППР) при анализе данных экологического мониторинга потенциально опасных химических объектов является анализ полученных данных и выявление взаимосвязи между большим количеством разнородных показателей.

На сегодняшний день обработка данных биомониторинга в системах экологического мониторинга и при обработке результатов экспериментов производится с использованием таких программ как Statistic, Excel, MatLab и др. Именно при помощи этих программ строятся диаграммы, графики, зависимости и производится статистический анализ результатов измерений параметров биообъектов.

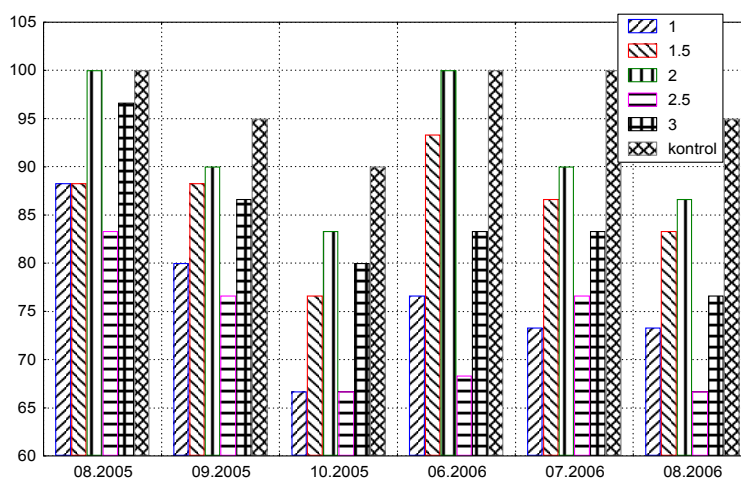


Рис. 1. Динамика ОП, %, на экологическом полигоне в зависимости от дозы внесенного раствора

В частности при обработке результатов измерений на экологических идентификационных полигонах для графической визуализации выявленных зависимостей «доза – эффект» и «время – реакция» использовалась программы STATISTICA 95 и Excel. На рис. 1 и 2 приведены примеры построения графиков указанных зависимостей [6, 7].

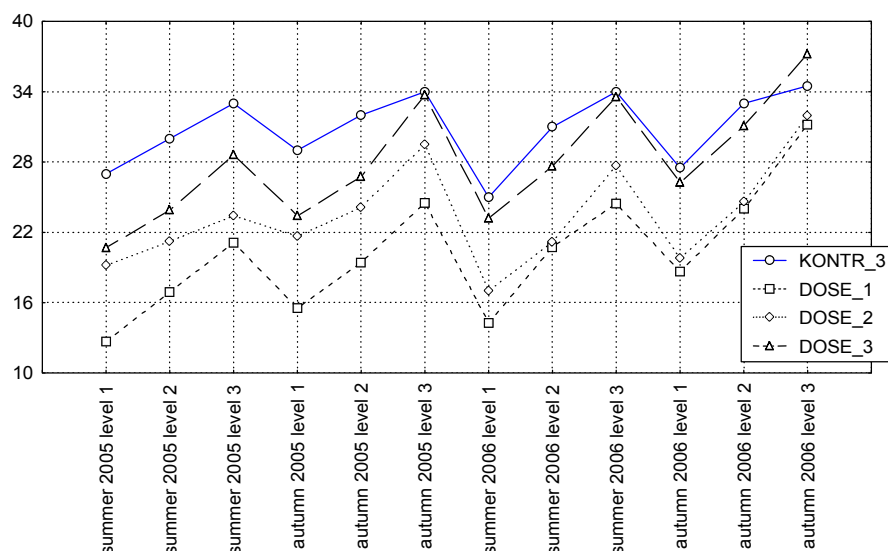


Рис. 2. Динамика прироста сосны в зависимости от количества внесенного раствора загрязнителя

Так как конечной целью всех проводимых измерений и экспериментов является определение степени влияния ПХОО на окружающую среду, то для достоверного определения уровня загрязнения территории необходима дальнейшая разработка методов обработки данных биомониторинга с тем, чтобы учесть выявленные зависимости на полигонах.

В связи с несостоятельностью предельно допустимой концентрации (ПДК) как опорного значения для определения качества среды для проведения исследований в качестве опорных использованы фоновые значения [8, 9]. Фон – определенный уровень содержания отравляющего вещества в биоиндикаторе вне действия потенциально опасного объекта. Уровень фонового содержания (УФС) отравляющего вещества – коэффициент изменения фона.

Таким образом, на экологическом идентификационном полигоне формируются эталоны биообъектов с известным значением УФС и выявленными параметрами. Зависимости «доза – эффект» «время – реакция» индивидуальны и не линейны для каждого исследуемого биоиндикатора.

Для определения степени влияния объекта требуется сравнение эталонов биоиндикаторов и измерений, т. е. расчет уровня содержания мышьяка в биологическом объекте в зоне влияния ПХОО. Входными данными системы обработки биомониторинга должны являться значения параметров определенных видов биоиндикаторов, расположенных на территории потенциально опасного объекта, и эталоны значений параметров всех видов биоиндикаторов при разных уровнях фонового содержания отравляющих веществ, полученные в результате проводимых на экологическом полигоне исследований. На сегодняшний день коллективом авторов разработаны два метода.

Первый метод заключается в определении ближайшего эталона биообъекта по значениям параметров. Предлагается использовать описание эксперимен-

тальных данных экологического мониторинга, поступающих с некоторой периодичностью, в виде решетчатой функции [10, 11].

Под решетчатой функцией $\{S(i)\}$, $i = 1, \dots, n$, на решетке $\alpha \times n$ предполагается последовательность значений параметров биоиндикатора $S(i)$, где α – значение параметра биоиндикатора, n – количество параметров, т. е. число составляющих РФ. Классификация данных биомониторинга, представленных в виде решетчатых функций, представляет собой определение уровня фонового содержания (УФС) отравляющего вещества в биоиндикаторе по набору измеренных параметров. Так как зависимость параметров биообъектов от дозы ЗВ нелинейная, поэтому в базе данных хранится информация о различных эталонах, с которыми сравнивается проведенное измерение. Алгоритм классификации решетчатых функций по матрице отношений содержит операции построения разностей компонент РФ i -го порядка, построения матрицы отношения $[R]_i$ – сравнение $[R]_i$ с матрицей отношения разностей i -го порядка компонент РФ эталона и построение разности $(i - 1)$ -го порядка.

В качестве примера расчетов приведем результаты сравнения эталонов липы мелколистной 1 УФС, 5 УФС, 7 УФС, 10 УФС, 20 УФС. После статистической обработки результатов измерений у лип, расположенных в зоне влияния объекта, получены значения параметров: морфологические аномалии, площадь некроза листа, значение веса сырой биомассы, численность, содержание мышьяка в тканях растения. На рис. 3 показано, что наиболее близки параметры группы измеренных биообъектов к эталону со значением удельного фонового содержания загрязняющих веществ 7. При этом процент совпадения с эталоном составил 75,5 %.

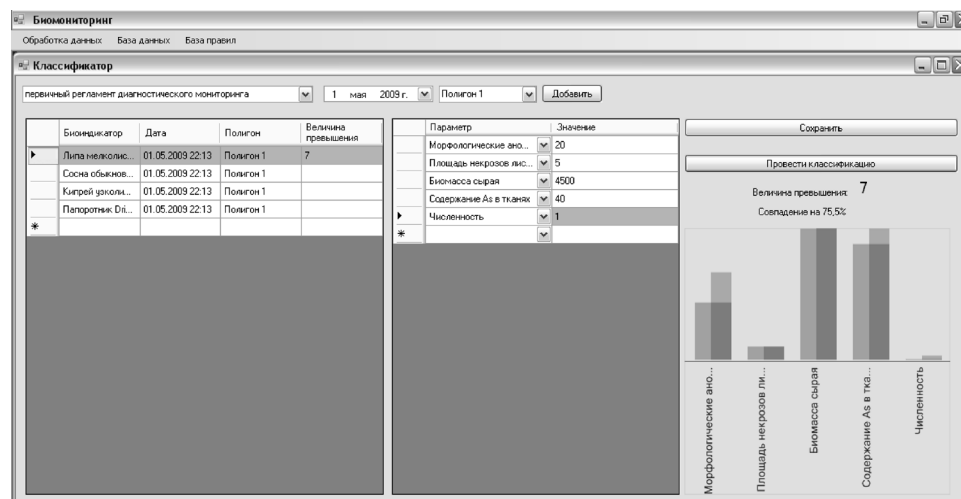


Рис. 3. Определения УФС ЗВ по биообъекту «Липа мелколистная»

Итак, эталон выбран методом сравнения матриц отношений и определения погрешности отклонения.

Второй метод предполагает применение методов интерполяции для расчета значения уровня фонового содержания ЗВ в многомерном пространстве параметров.

Предполагается создать многомерное пространство параметров биообъектов. Тогда точки с координатами-параметрами в этом пространстве для определенного типа

биообъекта будут определять эталоны этого биообъекта. Расстояние от точки, соответствующей параметрам измерений, до эталона в пространстве признаков – мера соответствия эталону. Так как анализируемые данные (параметры биообъекта в зоне влияния ПХО) могут иметь промежуточное значение фонового уровня, то предлагается процедура интерполяции для точного определения значения УФС ЗВ [12].

В качестве примера расчетов также использованы эталоны липы мелколистной 1 УФС, 5 УФС, 7 УФС, 10 УФС, 20 УФС, полученные в результате экспериментов на идентификационном экологическом полигоне. Применялись значения трех параметров: морфологические аномалии, площадь некроза листа, значение содержание мышьяка в тканях растения. На рис. 4 показаны результаты расчета удельного фонового содержания загрязняющих веществ (значение 6,44). На рис. 5 визуализация расчетов в графическом виде (X, Y, Z – значения параметров, 5, 6, 7 – эталоны со значениями УФС, x – точка, соответствующая параметрам измерения в зоне влияния объекта).

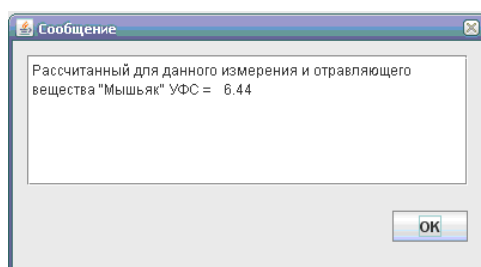


Рис. 4. Окно результатов расчета

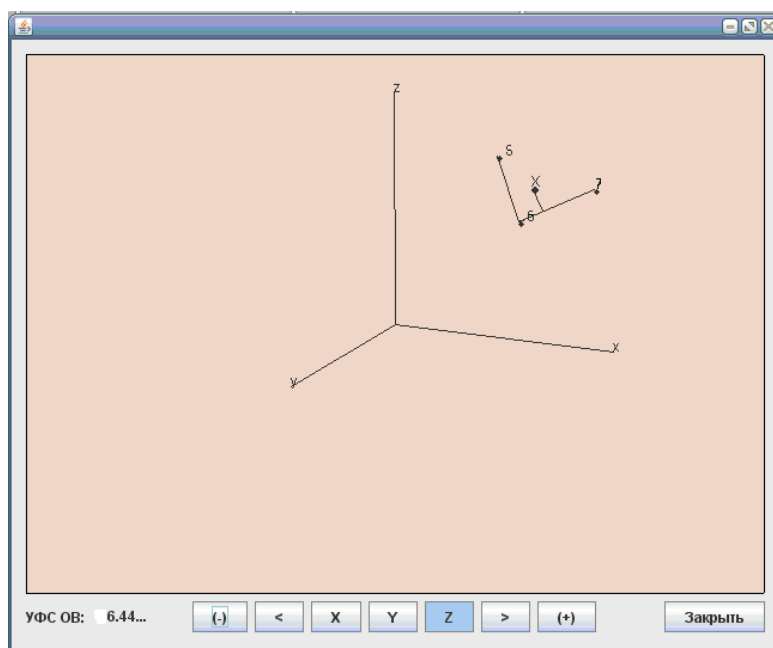


Рис. 5. Графическая визуализация интерполяции

Таким образом, при выполнении одинаковых функций – расчета значений УФС ЗВ, как степени влияния ПХОО, оба метода показали свою эффективность. Недостатком первого метода можно назвать неточный характер результатов расчетов. В случае, когда эталонов биообъектов будет малое количество, недостоверность метода будет очевидна.

При малом количестве эталонов второй метод может быть также недостоверен, но в меньшей степени. Однако второй метод на сегодня реализован как прототип экспертной системы обработки результатов биомониторинга лишь с использованием трех значений параметров биообъектов. Хотя в некоторых случаях, при определенных исследуемых биообъектах, таких, например, как сосна обыкновенная, липа мелколиственная, ель колючая, трех параметров может быть достаточно [13].

Исходя из анализа программ обработки данных биомониторинга, можно с уверенностью сказать, что формирование эталонов на идентификационных экологических полигонах играет главную роль. Чем больше будет эталонов с различным уровнем ФС, тем достовернее будут расчеты в обеих программах.

Исходя из вышеизложенного делаем вывод, что программы обработки данных биомониторинга необходимо и далее совершенствовать с целью повышения уровня достоверности результатов измерений и оценки степени влияния потенциально опасных объектов на окружающую среду.

Список литературы

1. Габричидзе Т. Г., Янников И. М., Зубко Т. Л. Когда в регионе химически опасный объект // Гражд. защита. – 2007. – № 2. – С. 28–29.
2. Янников И. М., Габричидзе Т. Г. Структура и принцип построения комплексной системы безопасности критически важного, потенциально опасного объекта // Теорет. и прикладная экология. – 2007. – № 2. – С. 55–69.
3. Янников И. М., Козловская Н. В. Экологический полигон как база оперативного мониторинга объектов по хранению и уничтожению химического оружия // Вестн. М-ва по делам ГО и ЧС Удмурт. Респ. – 2007. – № 4. – С. 37–38.
4. Янников И. М. Анализ методов организации флористического мониторинга вокруг химически опасных объектов // Вестн. ИжГТУ. – 2007. – № 2. – С. 135–138.
5. Выявление спектра травянистых растений перспективных в качестве фитомелиорантов при загрязнении почвы мышьяковистыми соединениями / И. М. Янников, Т. Г. Габричидзе, Т. Л. Зубко и др. // Вестн. ИжГТУ. – 2007. – № 2. – С. 138–140.
6. Трансформация почвенно-растительного покрова под влиянием мышьяксодержащих соединений и возможность мониторинга / И. М. Янников, Т. Г. Габричидзе, Т. Л. Зубко и др. // Интеллектуал. системы в пр-ве. – 2006. – № 2. – С. 203–207.
7. Янников И. М., Габричидзе Т. Г., Зубко Т. Л. Изучение влияния мышьяксодержащих соединений и возможность организации прогнозирования чрезвычайных ситуаций на химически опасных объектах // Интеллектуал. системы в пр-ве. – 2007. – № 1. – С. 113–118.
8. Алексеев В. А., Телегина М. В., Янников И. М. К вопросу об автоматизации процессов распознавания для решения задач биомониторинга // Вопр. соврем. науки и практики. Ун-т им. В. И. Вернадского. – 2007. – № 4, т. 1. – С. 28–35.
9. Алексеев В. А., Телегина М. В., Янников И. М. Создание базы данных биомониторинга потенциально опасных объектов // Вест. ИжГТУ. – 2008. – № 4. – С. 138–143.
10. Алексеев В. А., Заболотских В. И. Автоматизация регистрации и обработки измерительной информации при испытаниях техники на ударное воздействие : моногр. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2006. – 184 с.
11. Алексеев В. А. Классификаторы с использованием матрицы отношений составляющих решетчатой функции // Дискретные системы обработки информации : межвуз. сб. Вып. 1. – Ижевск : [б. и.], 1978. – С. 17–21.

12. Модуль логического вывода для поддержки принятия решений по данным биомониторинга / В. А. Алексеев, И. М. Янников, М. В. Телегина и др. // Интеллектуал. системы в пр-ве. – 2008. – № 2. – С. 127–137.

13. Баранов М. А., Янников И. М. Особенности разработки базы данных биомониторинга объекта уничтожения химического оружия // Молодежь и современные информационные технологии : сб. тр. 7-й Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 25–27 февр. 2009 г. – Томск : СПБ Графикс, 2009. – Ч. 1. – С. 237–238.

* * *

I. M. Yannikov, Candidate of Technical Sciences, Associated Professor, Izhevsk State Technical University

Analysis of Methods of Biomonitoring Data Processing

The necessity of ecological situation estimation for a zone of influence of potentially dangerous chemical objects with application of calculation of the specific background content of polluting substances in bioindicators is emphasized. The developed of data processing methods of biomonitoring are analyzed. Advantages and drawbacks of each method and directions of development of these methods are shown.

Keywords: biomonitoring, identification ecological ranges, data processing, trellis functions, multivariate analysis, interpolation

Получено 12.05.10