

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЦИФРОВЫХ СИСТЕМАХ
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА**

Борисова Е.А.

В статье анализируются принципы построения компьютерных систем экологического мониторинга, а также рассматриваются различные типы математических моделей экологических систем с позиции их применения в задачах мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды.

***Ключевые слова:** экологическое моделирование, экологический мониторинг, загрязнение окружающей среды, оценка экологического состояния, системный экологический анализ.*

Проблема охраны окружающей среды в современных условиях приобретает особую значимость для промышленно развитых государств. В этих условиях возрастает необходимость организации эффективной системы экологического контроля и управления природоохранной деятельностью.

Экологическая система представляет собой сложную многоуровневую структуру, характеризующуюся наличием взаимосвязанных элементов, множественностью целей, взаимодействием подсистем, управлением потоками информации, энергии и вещества, а также влиянием внешней среды. Дополнительную сложность создаёт случайный и нередко трудно формализуемый характер изменения факторов.

Экологический мониторинг следует рассматривать как организованную систему наблюдения за состоянием окружающей среды, промышленных объектов и экосистем, включающую оценку их текущего состояния и динамики изменений.

Процесс создания системы мониторинга включает определение

объекта наблюдения, его обследование, формирование информационной модели, планирование измерений, оценку состояния, идентификацию параметров модели, прогнозирование дальнейших изменений и представление результатов пользователю в удобной форме.

Основные задачи экологического мониторинга заключаются в обеспечении органов управления достоверной и своевременной информацией, оценке состояния и устойчивости экосистем, выявлении причин изменений и их последствий, а также обеспечении экологической безопасности.

При выборе математических моделей необходимо учитывать территориальную распределённость объектов. В зависимости от масштаба можно выделить модели мирового, государственного, регионального и локального уровней.

Адекватная математическая модель позволяет корректно описать экологическую ситуацию и повысить эффективность прогнозирования. Методы математического моделирования обеспечивают формализацию процессов экологической безопасности и способствуют принятию обоснованных решений.

Математическое моделирование экологических процессов представляет собой научное направление, направленное на углублённое изучение закономерностей функционирования экосистем. Экспериментальные исследования и моделирование взаимно дополняют друг друга, расширяя возможности анализа и управления.

Системный экологический анализ применяется для изучения структуры и динамики экологических связей, оценки устойчивости и адаптационных возможностей систем. Для этого используются методы физического и математического моделирования, оптимизации, теории множеств и преобразований.

Модели первого типа основываются на фундаментальных законах сохранения и переноса вещества и энергии. Они формализуются в виде

дифференциальных, интегральных и балансовых уравнений, параметры которых уточняются экспериментально. Такие модели позволяют получать количественные характеристики процессов, однако могут усложняться из-за многофакторности и неопределённости граничных условий.

Второй тип моделей базируется на статистическом анализе данных и выявлении эмпирических закономерностей функционирования экосистем. При этом учитываются многомерность, нелинейность, погрешности измерений, влияние неучтённых факторов и пространственно-временная динамика.

Для долгосрочного прогнозирования разработаны имитационные модели, объединяющие элементы физических и статистических подходов. Их сущность заключается в проведении компьютерных экспериментов и анализе полученных результатов, что позволяет моделировать причинно-следственные связи и оценивать различные сценарии развития.

Особое значение приобретают модели, основанные на теории нечётких множеств и нечёткой логике. Они позволяют учитывать неопределённость и качественные параметры, формировать базы знаний и экспертные системы нового поколения, а также повышать надёжность принимаемых решений при недостатке точной информации.

Для ускорения вычислений в сложных моделях целесообразно применение нейронных сетей. Нейросетевые системы мониторинга способны формировать многоуровневую структуру управления — от локального до регионального уровня — и обеспечивать решение задач экологической безопасности в режиме реального времени.

Комплексное использование рационально выбранных математических моделей и современных информационных технологий, обеспечивающих сбор, хранение и обработку данных, создаёт основу для эффективного контроля и управления экологической ситуацией.

Библиографический список

1. Борисова Е.А. Сложные системы моделирования экологических систем // Экологические системы и приборы. – 2017. – №11. – С. 15–19.
2. Геловани В.А. и др. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в нештатных ситуациях с использованием информации о состоянии природной среды. – М.: Лаборатория знаний, 2001. – 304 с.
3. Пушилина Ю.Н. Применение современных информационных технологий в экологии // Автоматизация и современные технологии. – 2011. – №7. – С. 28–30.