
Определение точек бифуркации циклических процессов

Белашев Б. З.

*Институт геологии УРАН КНЦ РАН, 11, ул. Пушкинская,
г.Петрозаводск, 185910, Россия*
e-mail: belashev@krc.karelia.ru

В основе экологического мировоззрения лежит представление о взаимосвязи различных процессов. Математическое моделирование является традиционным и эффективным инструментом экологии, помогающим проанализировать характер и особенности этих взаимосвязей.

Циклическую динамику большинства природных, техногенных и антропогенных процессов связывают с двумя и более противоборствующими факторами. Нестабильность существующих, появление новых или прекращение действия старых факторов определяют меняющийся ритм процессов. Множественность причинных факторов, нестационарность процессов осложняет их прогнозирование.

Вести анализ таких процессов привычными средствами можно в промежутках времени между точками бифуркаций. Однако, определять такие точки по временной реализации процесса весьма сложно. Это обстоятельство вызвало постановку задачи разработки способов выделения точек бифуркации.

В качестве подходов к решению задачи предложены энтропийный и вейвлет-методы. Энтропийный метод основан на возрастании энтропии в точках бифуркации, по определению характеризующихся повышенной неустойчивостью процессов, ярко проявляющейся в гигантских флуктуациях свойств материалов вблизи фазовых переходов. Современным средством аппроксимации зависимостей являются вейвлеты, способные наглядно выделять тонкие особенности процессов в виде скачков амплитуды, фазы, изменения частоты.

Работоспособность методов подтверждена при обработке симулированных и геофизических данных. В частности, на сейсмограммах с помощью вейвлетов были выделены моменты прихода различных акустических волн, что повысило их информативность.

Данные методы применены к анализу таких циклических процессов, как солнечная и сейсмическая активности, речной сток. В более записи чисел Вольфа установлены точки, маркирующие минимум Маундера, характеризующийся отсутствием 11-летнего цикла активности, коррелирующего с промежутком изменением климата, названного малым ледниковым периодом. В отличие от солнечной активности во временной зависимости числа сильных землетрясений точек бифуркации не выявлено. У исследованных рек установлены точки смены режимов стока, необходимые для поиска причинных факторов изменений. Моменты катастрофических наводнений, проявленные во временных реализациях речного стока, могут быть предсказаны по спектрограммам вейвлет коэффициентов.

Предложенные методы позволяют быстро и простыми средствами определить точки бифуркации процессов. Полученные результаты могут быть использованы при поиске связей между процессами, постановке экологических экспериментов, разработке экологических моделей.

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ № 08-01-98804.