

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ С ПОМОЩЬЮ СПЕКТРАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ С МОДУЛИРУЕМОЙ АМПЛИТУДОЙ ГАРМОНИК

А.Н. Жуков

Морской гидрофизический институт
НАН Украины
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2
E-mail : ocean@alpha.mhi.iuf.net,
sa@alpha.mhi.iuf.net

В статье рассматриваются вопросы использования устойчивых групп периодичностей (гармоник – доминант) внутриспектральных характеристик ряда природных процессов при решении задач прогнозирования состояния элементов экосистем с помощью спектральных моделей с изменяемой амплитудой гармоник.

В пределах сегодняшних представлений процесс моделирования можно рассматривать как специфическую форму такого свойства сложных систем как способности к отражению или, в более широком смысле, к взаимодействию, к средству, связанную с наличием двух других свойств сложных систем - памяти и прогнозирования (предвидения) [1]. Существует множество различных определений понятий "модель", "моделирование" и связанных с ними понятий "формализации" и "абстрагирования", в том числе достаточно строгих, например, с использованием понятий изоморфизма и гомоморфизма. Однако, в данном случае будет достаточно определить модель объекта исследований как описание этого объекта на каком-либо языке [2]. Таким образом, выбор модели для конкретного объекта, осуществляемый с конкретной целью, сводится к выбору соответствующего языка.

Поскольку выбор должен производиться из некоторого множества (хотя бы из двух), попробуем представить себе все множество языков, известных человечеству. Для этого воспользуемся общеизвестным срезом спирали познания: "наблюдение - гипотеза - теория - эксперимент - наблюдение" в виде нетрадиционной геометрической интерпретации (рис. 1). Эта схема соответствует существующим представлениям о движении

(развитии) материи от будущего (надсознание) (1) как совокупности всех возможностей к проявлению посредством ограничений в настоящем (сознание) (3) их устойчивых форм и сохранению (фиксации) этих форм в прошлом (подсознание) (5) [3]. Далее будем опираться на два постулата:

1-й - материализация возможного в существующее происходит только путем ограничений, иначе говоря упорядочения, реализуемого посредством "вложенности" спиралей как траекторий движения в общем смысле этого слова, т.е. любых перемен; (Понятие "вложенности" в данном случае трактуется как модуляция или навивка больших, например, по периоду спиралей меньшими, меньших еще меньшими и т. д. (Рис. 2). Постигаемые человечеством в процессе познания наиболее общие такие ограничения принято называть "законами природы".

2-й - любой процесс взаимодействия вообще и моделирования в частности происходит аналогичным образом.

Тогда движение от первой к пятой вершине пентаграммы можно истолковать как развитие процесса моделирования у исследователя в направлении роста оформленности. Для семиотических систем это соответствует росту степени формализации, т.е. однозначности и неинтерпретируемости структуры и морфологии языков как средств моделирования [4].

Таким образом, кольцо на рис. 1 отображает в себе все множество возможных языков моделирования действительности, классифицированных по признаку степени их формализованности. Естественно, что могут быть предложены и другие варианты упорядочения языков как классов моделей или групп моделей внутри этих классов по другим признакам. К числу таких других классификаций относится и традиционное разделение моделей на объяснительные и прогностические.

Пусть под прогностическими возможностями понимается способность отдельных моделей или их совокупностей предсказывать состояние объекта исследований на какое-то время вперед с точностью до образа, понятия, нечеткого числа или четкого числа как меры адекватности, а выбор такой меры определяется целями моделирования. Понятие "нечеткого числа" в данном

случае является аналогом понятия "лингвистической переменной", которую нельзя определить одним значением, но которая может принимать различные значения из

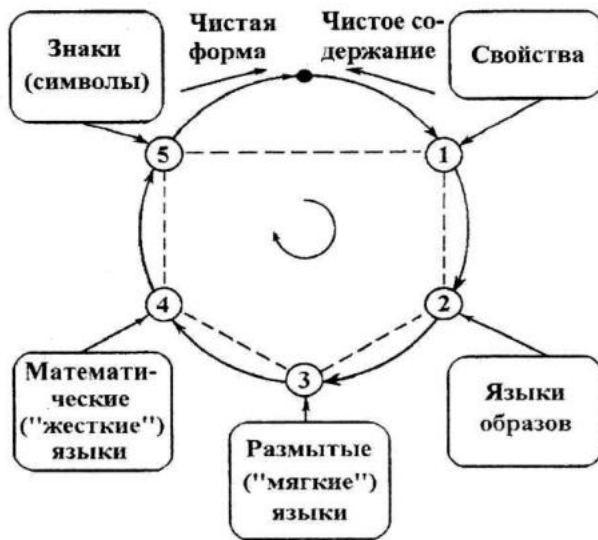


Рис. 1- Множество языков моделирования действительности по степени их формализованности.

Тогда модели, которые принято называть объяснительными или качественными, можно считать прогнозирующими с точностью до образа или понятия. Следовательно, получается, что, степень формализованности языка одновременно характеризует в целом и прогностические возможности создаваемых на его основе моделей. Нетрудно заметить, что процесс моделирования при его движении в сторону большей формализации, т.е. детерминированности можно представить как процесс фильтрации, когда с помощью "фильтров" (узкополосных, широкополосных, верхних частот, нижних частот и т.п.), т.е. различных ограничений выделяются те или иные составляющие - свойства объекта исследований как симметрии, законы, теоремы и т.п., а остальные составляющие подавляются, отбрасываются как ненужные с точки зрения целей моделирования частности.

Любая детерминированная, т.е. сильно формализованная до соотношения один знак = одно число, модель - это результат использования "узкополосного фильтра", который из всего множества составляющих в исследуемом объекте оставляет лишь несколько или даже одну (одно колебание). Но создание такой детерминированной мо-

некоторого интервала с границами, изменяющимися в зависимости от обстоятельств [5].



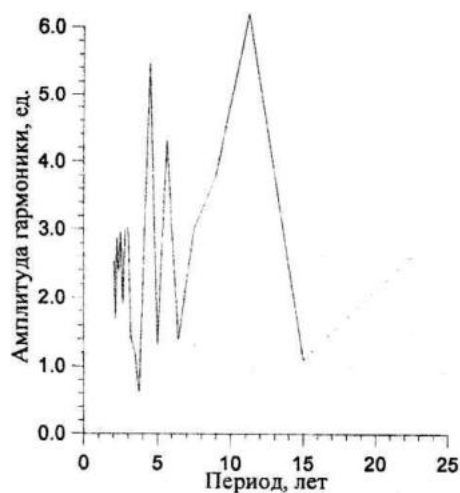
Рис. 2 - Спирально – вихревое (волновое) движение перемен.

дели неизбежно приводит к тому, что и прогноз по этой модели также будет детерминированным и будет не совпадать с реальным значением прогнозируемого параметра на величину влияния как раз тех отфильтрованных составляющих. Именно таким или примерно таким косвенным образом и реализуются в большинстве создаваемых на сегодняшний день моделей, в том числе и в науках о Земле, принципы двух вышеприведенных постулатов.

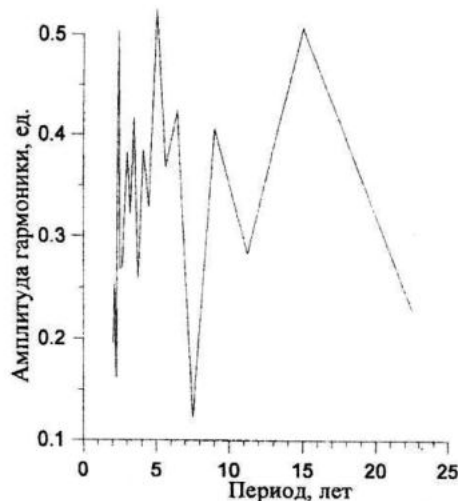
Однако, возможен и другой, прямой (относительно постулатов) подход к решению этой задачи, основанный на существовании у ряда природных процессов практически одних и тех же групп периодичностей спектральной и внутриспектральной изменчивости их характеристик [6]. Принято считать, что изменение положения точки, соответствующей текущему состоянию системы или процесса в пространстве ее состояний есть функциональная траектория системы или закон ее функционирования. По полученным результатам можно предположить, что по крайней мере для исследованных процессов такой функциональной траекторией может быть круг, состоящий из меньших кругов, каждый из которых устроен также.

Следовательно, по истечении периода полного колебания основной по амплитуде гармоники в пределах выбранного спектрального "окна" система должна возвратиться в то же самое или, с учетом наличия в "окне" других гармоник, почти в то же самое состояние. С одной стороны, это частично подтверждает существование в Природе той "вложенности", о которой было сказано в первом постулате, с другой, дает возможность построения как реализации

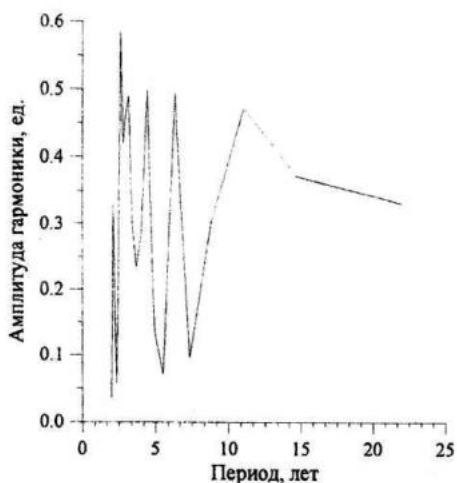
этого общего принципа нетрадиционных спектральных моделей с модулируемой амплитудой гармоник, в которых из всех возможных уровней вложенности представлены два. При этом особенность таких моделей состоит в том, что при осуществлении обратного преобразования Фурье задаются закономерности изменения по времени амплитуды каждой гармоники спектра исходного ряда наблюдений.



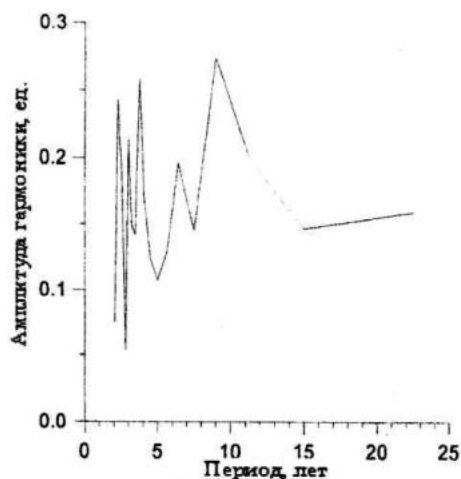
а)



б)



в)



г)

Рис. 3 - "Вторичный" спектр динамики 1-й гармоники (365 сут.) ряда : а) чисел Вольфа; б) индекса геомагнитной активности Кр; в) температуры воздуха в Архангельске; г) уровня воды в Потю.

Для получения этих закономерностей многолетний ряд измерений какого - либо параметра исследуемого процесса разбивается на равные временные отрезки и каждый такой отрезок ряда измерений подвер-

гается традиционной процедуре полного преобразования Фурье. Величина выбранного временного отрезка в данном случае определяет спектральное "окно", т.е. верхнюю и нижнюю границы частот, в пределах

которых модель может считаться адекватной. Далее для каждой гармоник последовательности полученных спектров строится временной ряд изменчивости ее амплитуды. Для каждого из таких полученных рядов еще раз выполняется процедура полного преобразования Фурье. Наличие в получаемом "вторичном" спектре гармоник - доминант и позволяет делать выводы об основных закономерностях изменения по времени амплитуд гармоник "первичного" спектра.

Описанный метод был использован для анализа многолетних рядов среднесуточных значений отдельных параметров пяти разнородных процессов, таких как числа Вольфа, геомагнитные индексы Ар и Кр, температура воздуха (в Архангельске, Владивостоке, Иркутске, Севастополе, С.-Петербурге), уровень моря (в Севастополе, Потти) и температура воды (в Ялте). Выбор рядов в данном случае определялся прежде всего их доступностью и длиной ряда по времени. В основном были использованы данные, полученные по сети Internet [7, 8].

Кроме того, при выборе рядов температуры воздуха по конкретным городам учитывалась пространственная удаленность одного города от другого таким образом, чтобы она была больше средних размеров циклонических образований, а сами города находились бы в разных климатических зонах. Все ряды были разделены на равные годовые временные отрезки. Анализ результатов, полученных при обработке данных за 45 лет с 1943 по 1987 годы, показал, что во всех "вторичных" спектрах исследуемых процессов присутствуют три группы гармоник - доминант с периодами 2 - 3, 5 - 6 и 9 - 15 лет (рис.3). Таким образом, это дает возможность одним и тем же способом строить вышеописанные прогностические спектральные модели с изменяемой амплитудой гармоник для всех исследованных процессов.

Основной набор гармоник в этих группах периодичностей является общим для всех исследованных процессов, что косвенно указывает на возможность существования таких же групп периодичностей и у

других солярных и геофизических процессов. Выявление таких групп периодичностей для как можно большего числа различных природных процессов и возможное объединение этих групп в единую ритмическую систему, с одновременным развитием новых классов прогностических моделей, например, подобных вышеописанной спектральной модели, могло бы существенно способствовать не только более глубокому пониманию сущности изменчивости этих процессов, но и созданию математических средств по крайней мере среднесрочного прогнозирования их состояний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Флейшман Б.С. Технический прогресс и теория сложных систем. - В кн. : Проблемы методологии системного исследования. - М. : Мысль, 1970, С. 289 - 299.
2. Растринин Л.А. Современные принципы управления сложными системами. - М. : Сов. радио, 1980, 232 с.
3. Симонов П.В. Неосознаваемое психическое : подсознание и сверхсознание. - В кн. : Кибернетика живого : человек в разных аспектах. - М. : Наука, 1985, С. 107 - 121.
4. Мельников Г.П. Системология и языковые аспекты кибернетики. - М. : Сов. радио, 1978, 368 с.
5. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств : Пер. с англ. - М. : Радио и связь, 1982, 432 с.
6. Жуков А.Н., Пантелеева Г.Г., Пустовойтенко В.В. О возможности существования квазипериодической внутриспектральной изменчивости геофизических процессов. - В кн. : Современные методы и средства океанологических исследований. Материалы VI международной научно - технической конференции "МСОИ - 2000". Ч. 2. - М. : ЗАО "Диалог - Реклама", 2000, С. 22 - 23.
7. NGDC. URL : <ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/stp/>
8. WDC. URL : <http://www.ngdc.noaa.gov/wdc/wdcmain.html>