

собой результата грехопадения, так как грехопадение изменило человека внутренне, но не оказало влияния на его физическую природу.

Говоря о Средневековье, следует отметить концепцию пола, которую создал в своем произведении «О разделении природы» Иоанн Скотт Эриген, или Эриугена. Он считал пол результатом разделения изначально единой человеческой природы. Девочка (Ева) – эмоциональная часть природы, отделившаяся от духовно-разумной природы мальчика. Мальчик и девочка – две стороны человеческой природы: разум (дух) и чувства.

В Средние века появляются и первые учебные заведения для девочек, в XIV в. во Флоренции были специальные школы, в чьи задачи входило воспитание дочерей ремесленников и обучение их ремеслу. В городской ремесленной среде девочки часто получали образование наравне с мальчиками. На данный период (XIV–XVI вв.) девочки получают возможность равного образования с мальчиками, приходящие учителя обучают как сыновей, так и дочерей.

В эпоху Просвещения Жан-Жак Руссо проанализировал подобие и различия полов и выделил различные нормы поведения для маль-

чиков и девочек. По мнению Руссо, равенство, подобие мальчиков и девочек заключается в их сходстве как биологических существ, представителей человеческого рода. В романе-трактате «Эмиль, или О воспитании» он утверждал, что человеческая природа едина и во всем, что не относится к полу, девочка равна мальчику.

Английский философ Джон Стюарт Милль одним из первых выдвинул концепцию «полного равенства полов», которая включала юридическое равенство, исключающее какие-либо внешние препятствия на пути человека к реализации собственных интересов. Он полагал, что господство мужчины над женщиной не является «естественным» и отмечал, что общество внушает людям, что «идеальный характер женщины должен быть диаметрально противоположен характеру мужчины... что назначение женщины – любить и забывать себя для любимого человека».

Таким образом, анализ работ данного исторического периода показывает неравное положение полов в обществе, преимущество мужского пола в виде привилегий, возможностей для развития, закрепленные бытующими в обществе представлениями о качествах, желательных для мужчины и женщины.

Экологические технологии

СИСТЕМНЫЙ СИНТЕЗ КАК ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КЛИМАТА

Воронцов А.А., Степаненко С.Р.

ГУ «ВНИИГМИ-МЦД»,
Обнинск

Введение. Одной из важнейших, не решенных до сих пор, задач гидрометеорологии является прогноз климата. Решение этой задачи сталкивается с двумя проблемами. Одна проблема обусловлена принятием гипотезы об эргодичности климата. Другая – состоит в том, что для прогнозирования климата используются модели общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО) [1], предназначенные для прогноза погоды, т.е. микрофлуктуаций климатической системы. Предел предсказуемости микрофлуктуаций составляет не более двух недель, в результате чего прогноз на период более двух недель представляет динамический хаос. В настоящее время считается, что применение МОЦАО для моделирования климата является магистральным направлением науки о климате и

этот подход не имеет альтернативы [2]. Однако, не следует забывать, что в середине 50-х годов XX века успешно развивался термодинамический подход, который не требует знаний о состоянии синоптических объектов (микросостояний). Академик В.В. Шулейкин [4] на основе многолетних наблюдений получил обширный материал по оценке межширотных тепловых потоков и тепловых потоков с океана на материк, объясняющий многие особенности температурного режима Северного полушария. К сожалению, эмпирические значения потоков тепла по мгновенным значениям температуры воздуха невозможно найти из-за сильного влияния флуктуаций на глобальное поле. Можно предположить, что именно по этой причине термодинамический подход не получил дальнейшего развития, и все последующие усилия были направлены на развитие статистического подхода к описанию климата с помощью МОЦАО.

Цель настоящей статьи – показать, что системный синтез можно рассматривать как термодинамический метод моделирования изменения климата. Главным принципом системного синтеза является принцип синергетики –

изменения состояния сложной системы при периодическом повторении внешних условий образуют клубок геометрически подобных траекторий [3]. Пусть $u_k[\bar{\varphi}, x_0(t)]$, $k > 1$ – значения метеорологической переменной в узлах гори-

зонтальной сетки $\bar{\varphi} = \{\varphi, \lambda\}$ в момент времени t при некоторых значениях внешней переменной \bar{x}_0 на k -м цикле. Тогда реализации $u_k[\bar{\varphi}, x_0(t)]$ можно записать в виде

$$u_k[\bar{\varphi}, x_0(t)] = b_{0k} + b_{1k}\bar{u}[\bar{\varphi}, x_0(t)] + \varepsilon_k[\bar{\varphi}, x_0(t)], \quad (1)$$

где $\bar{u}[\bar{\varphi}, x_0(t)]$ – траектория (инвариант), полученная усреднением траекторий $u_k[\bar{\varphi}, x_0(t)]$ по k .

Функция

$$\hat{u}_k[\bar{\varphi}, x_0(t)] = b_{0k} + b_{1k}\bar{u}[\bar{\varphi}, x_0(t)] \quad (2)$$

отражает процесс климатического масштаба, а $\varepsilon_k[\bar{\varphi}, x_0(t)]$ – колебания синоптического

масштаба. Связь между ними можно записать в виде

$$F(\hat{u}, S_\varepsilon) = 0, \quad (3)$$

где S_ε – статистическая характеристика ансамбля $\varepsilon_k[\bar{\varphi}, x_0(t)]$.

Поле $\bar{u}[\bar{\varphi}, x_0(t)]$ неявно характеризует направление и величину потоков, физический смысл которых зависит от переменной $u_k[\bar{\varphi}, x_0(t)]$. До тех пор, пока (2) является адекватным, направление потоков в каждой k -й реализации совпадает с направлением потоков среднего многолетнего поля, изменяется лишь величина потока в b_{1k} раз. Поскольку среднее многолетнее поле $\bar{u}[\bar{\varphi}, x_0(t)]$ является достаточно гладким, то все поля $\hat{u}_k[\bar{\varphi}, x_0(t)]$ также являются гладкими и по ним можно вычислять потоки для любой реализации. Таким образом, системный синтез [3] органически связан с термодинамическими характеристиками системы. Следовательно, применение системного синтеза для моделирования климата можно считать термодинамическим подходом.

В сохранении направлении потоков проявляется способность системы противостоять внешнему возмущению, ее внутренняя структурная гибкость, ее способность сохранять тип структуры благодаря «наличию памяти» [4]. Пока направление потоков не меняется, можно говорить о колебаниях климата. В этом случае климатическая система противостоит изменениям внешних условий «за счет внутренних ресурсов», путем изменения интенсивности потоков между внутренними элементами системы. Если же изменения внешних условий настолько велики, что «внутренних ресурсов» недостаточно, происходит коренная перестройка потоков, климатическая система переходит в новый аттрак-

тор, приобретает новый климат, новый режим колебаний погодных условий во всем объеме. В этом случае имеет смысл говорить об изменении климата. В термодинамике атмосферных процессов основными переменными являются температура, давление, объем и количество тепла, поступающего в атмосферу. В [3] показано применение системного синтеза для моделирования климата по временным рядам температуры воздуха. Применим теперь метод системного синтеза для получения климатических характеристик по значениям атмосферного давления 8-ми срочных наблюдений, полученных на десяти океанических станциях погоды в Северной Атлантике за период с 1949 по 1973 годы [5]. В соответствии с алгоритмом [5], были получены 12 переменных $q_1(t) - q_{12}(t)$, не зависящие от пространственного вектора $\bar{\varphi}$. Если переменные $q_1(t) - q_{12}(t)$ изменяются взаимосвязано, то их можно считать проекциями траектории климата в фазовом пространстве. При этом одни параметры отражают колебания полей параметров годового цикла (медленные процессы), а другие – колебания полей среднеквадратического отклонения характеристик синоптических флуктуаций (быстрые процессы). Поскольку определение нелинейной траектории фазовой точки по эмпирическим значениям $q_1(t) - q_{12}(t)$ является сложной математической задачей, ограничимся косвенным доказательством реальности траектории, используя упрощенный метод, сущность которого в следующем. Будем последовательно считать каждый из параметров $q_1(t) - q_{12}(t)$ зависимой переменной. Из оставшихся переменных сформируем все сочетания из 11 по 7 и шаговым методом определим модель с наиболь-

шим средним удельным вкладом каждой переменной в суммарную дисперсию, при условии статистической значимости всех переменных на уровне вероятности 0,95. Этим способом были получены регрессионные зависимости с коэффициентами детерминации не менее 95%. Следовательно, можно признать, что значения параметров $q_1(t) - q_{12}(t)$ действительно являются проекциями траектории в фазовом пространстве, и, как показано в [1], ее можно прогнозировать методом динамической авторегрессии. Зная положение точки в фазовом пространстве, легко вычислить любую характеристику, традиционно

используемую в классической (статистической) климатологии. Иначе говоря, все задачи климатологии можно решать без использования эргодической гипотезы и методов статистической физики. Покажем теперь, что основной принцип системного синтеза является справедливым и для равновесных процессов. Поскольку в равновесной системе потоки не зависят от времени, то характеристикой состояния системы является зависимость параметров функция распределения вероятностей (или параметров вариационных рядов) микросостояний от пространственных координат, т.е. можно записать

$$u_{ik}^0 = a_{0k} + a_{1k} \bar{u}_i^0 + \varepsilon_{ik}, \quad (4)$$

где u_{ik}^0 – вариационный ряд, полученный из временного ряда $u_k(t)$, \bar{u}_i^0 – вариационный ряд, полученный усреднением u_{ik}^0 по k , $k = 1, 2, \dots, m$, m – количество узлов пространственной сетки.

Составим десять временных рядов из значений атмосферного давления за летние месяцы с дискретностью 10 дней, используя данные [5] за период с 1901 по 2010 годы. Значения коэффициентов автокорреляции для этих рядов не превышает 0,1, т.е. эти ряды действительно можно считать случайными величинами. Следовательно, мы получили приближенно совокупность равновесных состояний при разных внешних условиях. Проверка линейной зависимости вариационных рядов от среднего вариационного ряда, показала, что она выполняется с высокой точностью, т.к. коэффициенты детерминации линейной модели (4) во всех десяти случаях оказались не менее 99,9%. Следовательно, равновесные значения атмосферного давления можно рассматривать как движение фазовой точки в области русла, при котором также наблюдается самоорганизация. Последующий анализ показал, что соотношение (4) справедливо также для рядов минимальной температуры воздуха и минимальных расходов воды за летний период в однородных условиях водосбора. Такое совпадение результатов трудно считать случайным, поэтому мы сформулировали следующую гипотезу.

Гипотеза. Функция распределения вероятностей микросостояний равновесной термодинамической системы – это есть инвариант, определяющий посредством самоорганизации стационарный режим существования в виде строгого соотношения между числом частиц с разными микросостояниями.

Соотношение (4) для равновесных состояний является справедливым лишь потому, что в каждом равновесном состоянии функции распределения вероятностей формируются одними и теми же двумя факторами (или двумя группами факторов), но в каждом случае в разных соотношениях. Эти факторы и есть параметры порядка, устанавливающие соотношение (закон, порядок) между частотами разных микросостояний. Здесь порядок понимается в широком смысле как строгое выполнение регламентированных правил поведения элементов системы, а не только как упорядоченность их в пространстве.

По эмпирическим данным невозможно установить природу переменных, отвечающих за установление порядка в термодинамической системе, но они в интегральном виде содержатся в параметрах подобия, подобно тому как в величине заряда скрыта природа электричества. Заметим, что законы математической статистики, включая нормальный закон распределения, не учитывают эффект самоорганизации, поэтому их нельзя использовать в теоретических моделях реальных процессов.

Выводы. На примере системного синтеза временных рядов гидрометеорологических переменных показано, что:

- 1) инварианты в системном синтезе неявно характеризуют направления и величину потоков тепла или плотности в атмосфере;
- 2) параметры эмпирической системы уравнений являются относительными показателями потоков в атмосфере, т.е. термодинамическими характеристиками;
- 3) при колебаниях климата направление потоков остается постоянным, изменяется лишь скалярные характеристики потоков;

4) при изменении климата изменяется направление потоков и их скалярные характеристики;

5) параметры эмпирической системы уравнений можно считать параметрами порядка нелинейной динамической системы (климата);

6) инвариантом равновесного состояния является функция распределения вероятностей микросостояний, структура которой сохраняется при изменении внешних условий;

7) метод системного синтеза развивает термодинамический подход для равновесных и неравновесных процессов и он является единственным инструментом для прогнозирования климата на ближайшую перспективу (сезон, год).

Заключение. Потенциал термодинамики огромен и отнюдь не исчерпан. В настоящей статье показаны новые возможности термодинамики, использующие принципы системного синтеза (синергетики). Мы имеем все необходимые предпосылки для разработки информационной технологии прогнозирования климата на ближайшую перспективу (сезон, год). Основной технологии является методика определения

системы эмпирических уравнений по временным рядам. Она апробирована на временных рядах температуры воздуха и атмосферного давления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дымников В.П. и др. Климат и его изменения: математическая теория и численное моделирование // Сиб. журн. вычисл. матем. – 2003. – том 6. – № 4. – С. 347–379.

2. Результаты исследований изменений климата для стратегий устойчивого развития Российской Федерации. – Росгидромет. – ООО Вива-Стар. – 2005. – 173 с.

3. Степаненко С.Р., Воронцов А.А. Принципы системного синтеза эмпирических законов сложных систем на примере моделирования климата // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – 2009. – №5. – С. 54-65.

4. Шулейкин В.В. Физика моря. – М.: Наука. – 1968. – 1083 с.

5. Tugliecher Wetterbericht. – Offenbach N.M., 1953-1974.