

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

В.В. КОВАЛЕНКО, Е.В. ГАЙДУКОВА, В.А. ХАУСТОВ,
В.С. ДЕВЯТОВ, Н.В. ВИКТОРОВА

**ЧАСТИЧНО ИНФИНИТНОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИВАЮЩИХСЯ
ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Монография

Санкт-Петербург
РГГМУ
2021

УДК 556.072:[001.891
+101.8] ББК 26.220
Ч-25

Авторы:

Коваленко В.В., Гайдукова Е.В., Хаустов В.А., Девятков В.С.,
Викторова Н.В.

Частично инфинитное моделирование развивающихся гидрологических систем. Монография / Коваленко В.В., Гайдукова Е.В., Хаустов В.А., Девятков В.С., Викторова Н.В. – Санкт-Петербург : РГГМУ, 2021. – 120 с.

Рецензент: д-р техн. наук Хамиду Диавара, Региональный центр Агримет Республики Нигер.

Монография посвящена выявлению параллелей частично инфинитного моделирования и современных нестандартных взглядов на окружающую реальность. Показывается, как появилось частично инфинитное моделирование, почему так называется, как связана с современными научными направлениями и куда ему идти дальше. Затрагивается широкий спектр мироощущений и философские аспекты методологии науки.

Предназначена магистрантам, аспирантам и гидрологам, интересующимся моделированием и методологией научных исследований.

Kovalenko V.V., Gaidukova E.V., Khaustov V.A., Deviatov V.S., Victorova N.V. Partially infinite modeling of developing hydrological systems. Monograph. – St. Petersburg, RSHU Publishers, 2021. – 120 pp.

The monograph is devoted to identifying parallels between partially infinite modeling and modern non-standard views on the surrounding reality. It shows how partially infinite modeling appeared, why it is called so, how it is connected with modern scientific directions and where to go next. A wide range of attitudes and philosophical aspects of the methodology of science are touched upon.

This monograph is intended for undergraduates, graduate students and hydrologists interested in modeling and research methodology.

© Е.В. Гайдукова, В.А. Хаустов,
В.С. Девятков, Н.В. Викторова, 2021

© Российский государственный гидрометеорологический
университет (РГГМУ), 2021

ISBN 978-5-86813-538-5

ВВЕДЕНИЕ

Монография посвящена выявлению параллелей частично инфинитного моделирования, появившегося в Российском государственном гидрометеорологическом университете (РГГМУ) в последние десятилетия, и современных нестандартных взглядов на окружающую нас реальность. Они затрагивают широкий спектр мироощущений и философские аспекты методологии науки.

Может ли философия помогать ученым в их деятельности? По своей природе (как одна из форм общественного сознания, наряду с наукой и искусством) философия дает «размытое» представление о действительности, но эта «размытость» отличается от таковой, присущей деятелям искусства. Философские учения обычно представляются категориями, т. е. наиболее общими понятиями за которыми скрываются единичные явления и которые укладываются в определенную систему. Философия не указывает на конкретные шаги решения научной задачи, но формирует возможные направления научного поиска.

Наука – это добывание новых знаний, «делание» открытий. А тот, кто их делает (особенно прорывные открытия) волей-неволей начинает философствовать. Этого не удалось избежать ни одному великому ученому. Потому что он идет по новой дороге и перед ним всегда стоит вопрос, куда повернуть при очередном тупике? Таких вопросов не возникает у ученых, действующих по шаблону, а то и вообще без него, на уровне деятеля искусства.

Частично инфинитное моделирование (ЧИМ) – это моделирование путей выхода из тупиков, т. е. моделирование качественных изменений либо в самой действительности, либо (чаще всего) – изменений в нашем восприятии окружающего мира. Это всегда выход на новую дорогу. Естественно, на новой дороге возникает желание, чтобы она была правильной, т. е. вела бы в очередной тупик, т. е., то, что делаешь было бы опровержимо. Тут нет никакого парадокса: истина (в отличие от глупости) всегда заменяется более глубокой (более правильной) истиной. Глупость («настоящая») не опровержима, так как нет логики для ее опровержения.

Содержание монографии видно по оглавлению. Показывается как появилось ЧИМ, почему так называется, как связана с современными научными направлениями и куда идти дальше. Рассматривается довольно широкий спектр научных, философско-методологических,

религиозных и эзотерических направлений современных взглядов на окружающую нас действительность, выходящих за узкие рамки общепринятой рациональности.

При подготовке монографии частично использовались финансовые ресурсы, предоставленные Министерством науки и высшего образования для выполнения гранта по теме: «Исследование физических, химических и биологических процессов в атмосфере и гидросфере в условиях изменения климата и антропогенных воздействий» (№ 0763-2020-0009).

1. ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ ПОЯВЛЕНИЯ ЧАСТИЧНО ИНФИНИТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

1.1. Гидравлические сопротивления, низкочастотные колебания в реках

Рассмотрим влияние неустановившегося характера движения водного потока на пропускную его способность (от которой зависит назначение проектных отметок инженерных водопропускных сооружений). Вопрос о возможной зависимости гидравлических сопротивлений от ускорения (торможения) потока возник в конце 60-х годов, и им занимались ведущие специалисты в области неустановившегося движения напорных и безнапорных потоков (см. работы [Картвелишвили, 1968; Васильев, Квон, 1966; Попов, 1977; Розовский, Еременко и др., 1967] и др.). На тот момент не было понятно, влияет ли вообще инерционность на сопротивления, не говоря уже о каких-либо расчетных зависимостях на этот счет.

Формализовано эта проблема выглядит так. Существует модель одномерного (осредненного по площади живого сечения) неустановившегося течения безнапорных потоков (система уравнений Сен-Венана):

$$\left\{ \begin{array}{l} i_0 - \frac{\partial h}{\partial x} = \frac{Q^2}{C^2 R F^2} + \frac{1}{g F} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{2 \alpha Q}{g F^2} \frac{\partial Q}{\partial x}; \\ \frac{\partial F}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0, \end{array} \right. \quad (1.1.1)$$

где i_0 – уклон дна (свободной поверхности при установившемся равномерном режиме); h – глубина; R – гидравлический радиус; F – площадь живого сечения; g – ускорение свободного падения; α – коэффициент Кориолиса; x – продольная координата; t – время; C – коэффициент Шези, связанный с коэффициентом трения формулой $C = \sqrt{2g/\lambda}$. Система (1.1.1) может быть записана в разных вариантах. В представленном виде в ней две неизвестные функции: $Q(x, t)$ и $F(x, t)$. Коэффициент C задается как функция глубины и шероховато-

1. Предпосылки для появления частично инфинитного моделирования

сти русла. Вопрос, который обсуждается ниже: зависит ли λ от полного ускорения потока ($dU/dt = \dot{U}$, здесь U – осредненная по сечению скорость) и, если такая зависимость существует, то каков знак производной $\partial\lambda/\partial\dot{U}$?

Теоретическое исследование этого вопроса (см. [Коваленко, 1984; Коваленко, 2013]) показало, что $\partial\lambda/\partial\dot{U} < 0$, рис. 1.1, табл.1.1.

Для эмпирической проверки этого результата были использованы материалы уникальных натурных экспериментов на реках Тверце и Свири [Исследование неустановившегося движения воды на реках Тверце и Оредеж, 1961; Исследование неустановившегося движения на р. Свири..., 1963]. На Новотверецкой ГЭС создавались волны неустановившегося движения, а внизу по течению реки на протяжении нескольких десятков километров в ряде створов проводились наблюдения за гидравлическими характеристиками (в ближайшем к ГЭС створе – непрерывные измерения вертушками с использованием самописцев на протяжении всей продолжительности эксперимента, т. е. порядка двух недель).

Для вычисления гидравлических сопротивлений система (1.1.1) была преобразована к одному уравнению (путем подстановки $\partial Q/\partial x = -\partial F/\partial t$ из второго в первое уравнение):

$$dQ/dt = f_1(x_0, t)Q^2 + f_2(x_0, t)Q + f_3(x_0, t), \quad (1.1.2)$$

где $f_1(x_0, t) = -g/(C^2 RF)$; $f_2(x_0, t) = (2\alpha/F)\partial F/\partial t$; $f_3(x_0, t) = gIF$; x_0 – координата фиксированного гидрометрического створа, в котором морфометрические характеристики известны, а уровень H и его производные $\partial H/\partial x = -I$ и $\partial H/\partial t$ непрерывно измеряются.

Решить уравнение (1.1.2) – значит найти для фиксированного створа зависимость $Q = f(t)$ при известных начальном расходе воды, коэффициентах $f_1(x_0, t)$ и $f_2(x_0, t)$ и свободном члене $f_3(x_0, t)$. Так как $F = f(H)$, $C = f(H)$ и $R = f(H)$, то при измеренных значениях уровня H и уклона I имеем $Q = f(H, \partial H/\partial x, \partial H/\partial t)$. Таким образом, если при равномерном режиме зависимость $Q = f(H)$ однозначна и определяется формулой Шези, то при плавноизменяющемся движении она определяется нелинейным дифференциальным

1.1. Гидравлические сопротивления, низкочастотные колебания в реках

уравнением первого порядка с переменными коэффициентами, которое, по существу, является уравнением петлеобразной зависимости $Q = f(H)$. Формально-математически – это так называемое уравнение Риккати. Можно показать, что в более общем случае неплавно-изменяющегося движения имеет место зависимость $Q = f(H, \partial H / \partial x, \partial H / \partial t, \partial^2 H / \partial x^2, \partial^2 H / \partial x \partial t, \dots)$, т. е. расход воды зависит не только от уровня и уклона, но и от кривизны свободной поверхности.

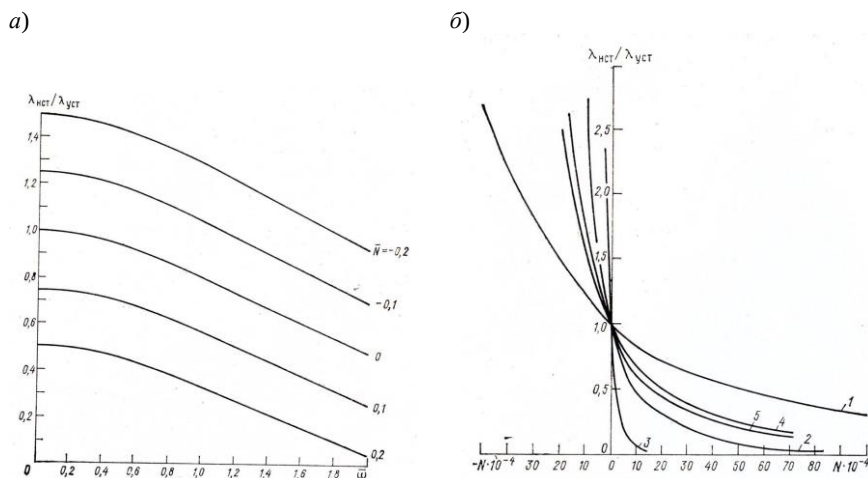


Рис. 1.1. Изменение $\lambda_{\text{нет}}/\lambda_{\text{уст}}$ в зависимости от $\bar{\omega}$ и $\bar{N}$ (а) и результаты обработки данных натурных наблюдений (б): 1–3 р. Тверца, гидростворы 1, 2, 5 соответственно; 4, 5 – р. Свирь, гидростворы 1 и 4 (здесь $\lambda_{\text{нет}}$ и $\lambda_{\text{уст}}$ – коэффициенты для неустановившегося и установившихся потоков; $\bar{\omega}$ и $\bar{N}$ безразмерные частота и ускорение – подробнее см. [Коваленко, 1984; Коваленко, 2013]).

При известном (из измерений, как это было на реках Тверце и Свири) расходе $Q(t)$ уравнение (1.1.2) можно использовать для решения обратной задачи – нахождения C (или λ) в условиях влияния на сопротивления инерционности потока, характеризуемой производными $\partial U / \partial t$ и $\partial U / \partial x$. Результаты именно подобных вычислений представлены на рис. 1.1, б и в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Сводка корреляционных уровней [Исследование неустойчивого движения воды на реках Тверце и Ордеж, 1961]

Река	Тип уравнения	
	линейное	нелинейное
Тверца:		
гидроствор 1	$C = 2,12 \cdot 10^3 N + 19,1 + 1,85R$	$C = \frac{10^3 N + 17,03 - 1,87R}{0,767 - 0,112R}$
гидроствор 2	$C = 16,7 \cdot 10^3 N + 21,9 + 7,17R$	$C = \frac{10^3 N - 4,1 + 2,8R}{0,057R - 0,072}$
гидроствор 5	$C = 1,09 \cdot 10^5 N + 32,2 + 1,71R$	$C = \frac{10^5 N - 92,9 + 85,3R}{2,49R - 2,7}$
Свирь:		
гидроствор 1	$C = 6,13 \cdot 10^3 N + 19,8 + 3,38R$	$C = \frac{10^3 N - 3,95 + 2,68R}{0,128 + 0,011R}$
гидроствор 4	$C = 10,5 \cdot 10^3 N + 4,35 + 9,6R$	$C = \frac{10^3 N + 1,968 + 0,494R}{0,151 - 0,0119R}$

Таким образом, в условиях неустойчивого движения коэффициент λ изменяется и влияет не только на режим потока (U), но и сам становится функцией его ускорения (замедления) ($\partial\lambda/\partial U \neq 0, \dot{U} = \partial U/\partial t + U \partial U/\partial x$). Система (1.1.1) должна быть дополнена еще одним уравнением для коэффициента λ . В упрощенном варианте она может быть записана следующим образом (для иско- мых функций U, h и λ) [Коваленко, 2010]:

$$\left\{ \begin{array}{l} (j(\overline{\omega})\lambda - 1)\frac{\partial U}{\partial t} + U(j(\overline{\omega})\lambda - 1)\frac{\partial U}{\partial x} - g\frac{\partial h}{\partial x} = \lambda\frac{U^2}{h} - gi_0; \\ \frac{\partial h}{\partial t} + h\frac{\partial U}{\partial x} + U\frac{\partial h}{\partial x} = 0; \\ \frac{\partial \lambda}{\partial t} + U\frac{\partial \lambda}{\partial x} = \left(-\lambda + \frac{2g}{C^2}\right)/\tau, \end{array} \right. \quad (1.1.3)$$

где $j(\overline{\omega})$ – коэффициент, зависящий от безразмерной частоты; τ – параметр релаксации.

В векторном виде $(\vec{U} = (U, h, \lambda))$ система (1.1.3) будет

$$\frac{\partial \vec{U}}{\partial t} + A \frac{\partial \vec{U}}{\partial x} = \vec{b}, \quad (1.1.4)$$

$$\text{где } A = \begin{vmatrix} U & -g/a & 0 \\ h & U & 0 \\ 0 & 0 & U \end{vmatrix}; \quad \vec{b} = \begin{vmatrix} \lambda \frac{U^2}{ha} - \frac{gi_0}{a} \\ \left(-\lambda + \frac{2g}{C^2}\right)/\tau \\ \end{vmatrix}.$$

(здесь $a = j(\overline{\omega})\lambda - 1$).

Тип подобных систем определяется собственными значениями матрицы A [Рождественский, Яненко, 1978; Уизем, 1977; Эббот, 1983], которые находятся из уравнения

$$(U - \dots) \left[(U - \dots)^2 + \frac{gh}{a} \right] = 0$$

и имеют следующий вид:

$$\dots_1 = U - \sqrt{-gh/a}; \quad \dots_2 = U + \sqrt{-gh/a}; \quad \dots_3 = U.$$

Для классической гидравлики $[\vec{U} = (U, h), a = -1]$ собственные значения $\dots_1$ и $\dots_2$ вещественны и различны. Формально это означает, что (1.1.4) имеет гиперболический тип, а физически – возможность локальных пошаговых вычислений, когда решение определяется ближайшими точками. При $a > 0$ классический тип переходит в эллиптический (характеристики мнимы), а с учетом того, что $A = f(U, h, \lambda)$ тип уравнения в разных точках фазового пространства может меняться.

В этих преобразованиях было сделано два шага, которые позже привели к появлению частично инфинитного моделирования:

1. Предпосылки для появления частично инфинитного моделирования

1. Путем манипуляции (предположению об известности H , $\partial H / \partial x$, $\partial H / \partial t$ из измерений) были спроецированы уравнения системы (1.1.1) с плоскости (Q, F) на одну ось расходов, т. е. искусственно уменьшили размерность фазового пространства модели;

2. Задаваемый коэффициент λ был переведен из разряда задаваемых параметров в искомую функцию, произошло расширение размерность фазового пространства модели (1.1.1);

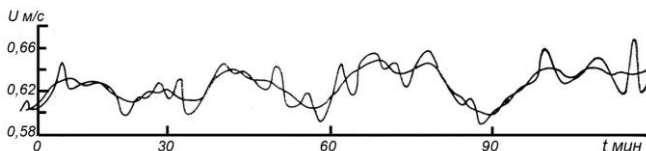
3. При теоретическом выводе зависимостей для гидравлических сопротивлений от характеристик режима ускорений/замедления было проведено сопряжение двух предметных областей: гидромеханической (в которой понятия гидравлического сопротивления не существует) и гидравлической (которая «держится» именно на этом понятии). Это сопряжение проведено через понятие глубина (уровень), которое присутствует в обеих предметных областях и представляет частично инфинитную границу между ними.

В тот момент эти манипуляции рассматривались как чисто технические, никаких выводов о зарождении новой методологии и новых понятий (или, по крайней мере, терминологии не характерной для гидрологии, например, «фазовое пространство») тогда сделано не было.

Примерно в это же время был сделан еще один шаг в направлении формирования понятия ЧИМ, связанный с «академической» задачей. За два десятилетия до этого (в 60-х годах XX в.) было обнаружено явление низко частотных колебаний скорости/расхода в реках (рис. 1.2). Оказалось, что если проводить непрерывные измерения скорости вертушкой на протяжении часа и более, то в потоке явно прослеживаются колебания скорости (а соответственно, и расхода) с периодом от нескольких минут до двух–трех десятков минут. Выдвигались разные гипотезы их происхождения (влияние атмосферы – Д. И. Гринвальд [Гринвальд, 1974], турбулентность – К. В. Гришанин [Гришанин, 1979] и др.). Н. А. Картвелишвили попытался найти их причину в свойствах решений уравнений одномерной гидравлической идеализации, но пришел к выводу, что система Сен-Венана таких решений не имеет [Картвелишвили, Галактионов, 1976].

Примерно в это же время в ГГИ разрабатывались методы ускоренных измерений расходов воды (в основном, для удешевления измерений). Заведующий отделом гидрометрии И. Ф. Карасёв обратил внимание на то, что продолжительность ускоренных измерений (T_u),

а)



б)

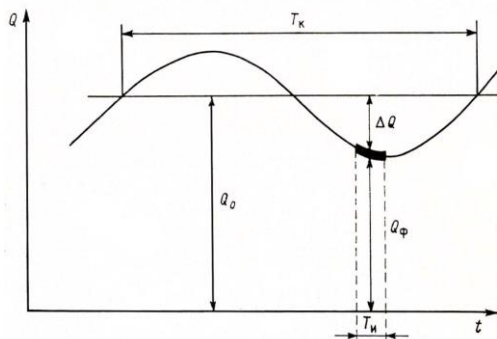


Рис. 1.2. Скорости, измеренные на вертикали № 5 в гидростворе 1 р. Тверцы 8/VIII 1959 г. с 12 ч 34 мин до 14 ч 34 мин до и после осреднения (а) и пояснение происхождения погрешностей измерения ΔQ расхода воды при колебательных явлениях (б): Q_0 – изменение расхода за счет изменения водности; Q_{ϕ} – фактическое (мгновенное) изменение расхода; T_k – период колебаний; $T_{и}$ – продолжительность измерения.

в том числе и ультразвуковых, имеет предел, связанный как раз с низкочастотными колебаниями (рис. 1.2, б). Значение величины $T_{и}$ должно быть таким, чтобы осреднялись данные измерений за несколько периодов (несколько периодов требуется из-за того, что низкочастотные колебания носят стохастический характер и период колебаний имеет вероятностное одномодальное распределение). Поэтому надо было уметь оценивать, если и не всю функцию распределения плотности вероятности $p(T_k)$, то хотя бы ее математическое ожидание. Для этого требовалось выявить закономерность появления обсуждаемых колебаний, чего нельзя было сделать без соответствующей математической модели. На помощь пришло уравнение (1.1.2), которое относится к обобщенным уравнениям Риккати. С одной стороны, оно отражает многие свойства системы Сен-Венана, а с другой – намного проще последней. В частности, колебательный характер решения и формула для периода T_k можно выявить, опираясь на теорию Штурма [Матвеев, 1974]. Путем ряда подстановок и замен пере-

1. Предпосылки для появления частично инфинитного моделирования

менных (подробности см. [Коваленко, 1984]) уравнение (1.1.2) сводится к линейному:

$$d^2y/dt^2 - R(t)y = 0, \quad (1.1.5)$$

где переменная y связана рядом преобразований с расходом, а $R(t)$ – сложный коэффициент, зависящий от функции $f_1(t)$, $f_2(t)$, $f_3(t)$, входящих в уравнение (1.1.2).

Для классического случая системы Сен-Венана $R > 0$, что исключает появление колеблющихся решений. Если же используется ее модернизированный вариант (за счет ввода зависимости $\lambda(\dot{U})$), то имеет место колебание с периодом

$$T_k = \pi CR^{0.5} / [g(I - i_0)^{0.5}] \quad (1.1.6)$$

(здесь R – гидравлический радиус).

Формула (1.1.6) была проверена на многих реках, а также в лабораторных условиях (см. [Коваленко, 1984]) и с достоверностью 80–90 % подтверждается экспериментальными данными. Она вошла в методические рекомендации по ускоренным измерениям расхода, разработанные в ГГИ [Методы ускоренных измерений расходов воды, 1983], а установленная закономерность (не путать с самим явлением как таковым, обнаруженным десятилетиями ранее) возникновения низкочастотных колебаний признана научным открытием проф. В. В. Коваленко [Коваленко В. В. Закономерная связь между параметрами низкочастотных колебаний скорости открытых потоков и гидравлическими характеристиками русла потока, 2013].

Это открытие указало не только на неизвестную ранее гидравлическую закономерность, но и на то, что коэффициенты модели реализуют скрытую потенциальную фазовую переменную, простираются в инфинитную реальность. В чем заключается «физика», приводящая к тому, что $\partial\lambda/\partial\dot{U} < 0$, пока неизвестно (одна из гипотез – влияние структурированности воды на ее свойства, в том числе, вязкость; хотя более правдоподобным выглядит предположение о том, что «правильно завихряемая вода в состоянии компенсировать силу трения» [Бурдыкин, 2007], подробнее см. [Коваленко, 2013]). Феноменология же явления снижения сопротивлений при ускорении

($\partial\lambda/\partial\dot{U} < 0$) приводит к выводу, что свойства моделируемого объекта зависят от «скорости его поведения». Оставаясь в финитной реальности (т. е. в предметной области, зафиксированной новым рациональным понятием: изменение λ зависит от $\dot{U}$), узнали что-то новое по сравнению с тем, чем оперировала гидравлика до тех пор, но появились новые коэффициенты (задаваемые параметры, например, $j(\overline{\omega})$ в уравнении (1.1.3)), которые затрагивают инфинитную реальность, осуществляя интерфейс познанного и непознанного. Возможно за ними стоит тайна возникновения турбулентности.

1.2. Гидрологические последствия изменения климата

Другим, не менее важным, источником зарождения частично инфинитного моделирования явилась проблема долгосрочных оценок гидрологических последствий изменения климата. Тупиковая ситуация заключалась в том, что долгосрочные оценки обеспеченных расходов воды всех видов многолетнего стока делаются на основе фактических рядов наблюдений [СП 33-101-2003, 2004]. По ним строят эмпирические гистограммы, которые аппроксимируются аналитическими распределениями из класса К. Пирсона. Для этого пользуются решениями одноименного уравнения

$$\frac{dp}{dQ} = \frac{Q - a}{b_0 + b_1 Q + b_2 Q^2} p, \quad (1.2.1)$$

где p – плотность вероятности; a, b_0, b_1, b_2 – коэффициенты.

Аналитическая аппроксимация эмпирических распределений необходима из-за того, что ряды наблюдений относительно непродолжительные и для определения расходов малой обеспеченности (на которые проектируются гидротехнические сооружения) требуется экстраполяция кривых обеспеченности. Эта методология с небольшими вариациями практикуется уже много десятилетий и закреплена в действующем нормативном документе СП 33-101-2003 [СП 33-101-2003, 2004]. При этом коэффициентам a, b_0, b_1, b_2 не придается никакого физического смысла, они рассматриваются как «подгоночные» для лучшего соответствия аналитического и эмпири-

1. Предпосылки для появления частично инфинитного моделирования

ческого распределений. По существу, при таком подходе значение расхода заданной обеспеченности, соответствующего текущему климату, просто экстраполируется на период эксплуатации.

Подобная методология не может решить обозначенную проблему. Нужны ряды стока для будущего, которых нет. Понятие климатического сценария подобному подходу чуждо: климатические нормы осадков и температуры просто некуда «вставить». Выход из тупика был найден проф. В. В. Коваленко в теории марковских случайных процессов, к которым принадлежит и многолетний речной сток. Формирование вероятностных распределений Пирсона описывается уравнением Фоккера–Планка–Колмогорова (ФПК):

$$\frac{\partial p(Q,t)}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial Q} [A(Q,t)p(Q,t)] + 0,5 \frac{\partial^2}{\partial Q^2} [B(Q,t)p(Q,t)], \quad (1.2.2)$$

где коэффициенты сноса $A(Q, t)$ и диффузии $B(Q, t)$ определяются выражениями:

$$A(Q,t) = -(\bar{c} - 0,5G_{\tilde{c}})Q - 0,5G_{\tilde{c}\tilde{N}} + \bar{N}; \quad (1.2.3)$$

$$B(Q,t) = G_{\tilde{c}}Q^2 - 2G_{\tilde{c}\tilde{N}}Q + G_{\tilde{N}}. \quad (1.2.4)$$

Его решение статистически эквивалентно вероятностным распределениям линейного формирующего фильтра

$$dQ = [-(\bar{c} + \tilde{c})Q + \bar{N} + \tilde{N}]dt, \quad (1.2.5)$$

где $c = \frac{1}{k\tau} = \bar{c} + \tilde{c}$; $N = \frac{\dot{X}}{\tau} = \bar{N} + \tilde{N}$ (здесь $\bar{c}$, $\bar{N}$ – математические ожидания; $\tilde{c}$, $\tilde{N}$ – коррелированные друг с другом белые шумы с интенсивностями $G_{\tilde{c}}$, $G_{\tilde{N}}$ и взаимной интенсивностью $G_{\tilde{c}\tilde{N}}$, $\dot{X}$ – осадки, k – коэффициент стока; τ – время релаксации речного бассейна).

В статистически стационарном случае решение (1.2.5) эквивалентно решению уравнения (1.2.1). Однако, при выводе уравнения Пирсона из уравнения ФПК коэффициентам придается четкий физи-

ческий смысл, так как они связываются с физико-географическими характеристиками речного бассейна и климатическими воздействиями на него:

$$\begin{aligned} a &= \frac{G_{\tilde{c}\tilde{N}} + 2\bar{N}}{2\bar{c} + G_{\tilde{c}}}; & b_0 &= \frac{-G_{\tilde{N}}}{2\bar{c} + G_{\tilde{c}}}; \\ b_1 &= \frac{G_{\tilde{c}\tilde{N}}}{2\bar{c} + G_{\tilde{c}}}; & b_2 &= \frac{-G_{\tilde{c}}}{2\bar{c} + G_{\tilde{c}}}. \end{aligned} \quad (1.2.6)$$

Уравнение ФПК аппроксимируется системой дифференциальных уравнений для начальных статистических моментов m_i :

$$\begin{aligned} dm_1/dt &= -(\bar{c} - 0,5G_{\tilde{c}})m_1 - 0,5G_{\tilde{c}\tilde{N}} + \bar{N}; \\ dm_2/dt &= -2(\bar{c} - G_{\tilde{c}})m_2 + 2\bar{N}m_1 - 3G_{\tilde{c}\tilde{N}}m_1 + G_{\tilde{N}}; \\ dm_3/dt &= -3(\bar{c} - 1,5G_{\tilde{c}})m_3 + 3\bar{N}m_2 - 7,5G_{\tilde{c}\tilde{N}}m_2 + 3G_{\tilde{N}}m_1; \\ dm_4/dt &= -4(\bar{c} - 2G_{\tilde{c}})m_4 + 4\bar{N}m_3 - 14G_{\tilde{c}\tilde{N}}m_3 + 6G_{\tilde{N}}m_2. \end{aligned} \quad (1.2.7)$$

Сценарная оценка сводится к решению обратной и прямой задач для системы (1.2.7). Сначала по существующим рядам стока (вычисленным начальным моментам) находят параметры (интенсивности шумов и $\bar{c}$). Затем, подставляя в $\bar{c}$ (используя полуэмпирические зависимости $k(\bar{X}, \bar{T}^0C)$) и $\bar{N}$ сценарные климатические характеристики (норму осадков $\bar{X}$ и температуры воздуха $\bar{T}^0C$), решают прямую задачу: находят прогнозные моменты $m_i^{\text{пр}}$ и расчетные гидрологические характеристики (норму $\bar{Q}$, коэффициенты вариации C_v , асимметрии C_s и, возможно, коэффициент эксцесса E_h). Остается построить прогнозные карты этих характеристик и сравнить их с существующими картами, чтобы выделить зоны статистически значимых отклонений. В этих «аномальных» зонах водозависимые отрасли экономики могут «почувствовать» сценарные изменения характеристик стока (последние выступают как входное воздействие – природный ресурс – в производственные функции, наряду с трудовыми ресурсами и капиталовложениями).

1. Предпосылки для появления частично инфинитного моделирования

Подобная работа была проделана для всех видов многолетнего стока. Сразу обнаружились тупиковые ситуации. Основная заключалась в неустойчивости решений системы (1.2.7). При $\bar{c} < 0,5nG_{\bar{c}}$ (т. е. при $\beta = G_{\bar{c}}0,5n/\bar{c} > 1$) моменты m_i стремятся к бесконечности (сначала старшие, затем младшие, т. е. старшие моменты теряют устойчивость при меньшей относительной интенсивности шума). Были найдены практические пути вычисления критерия устойчивости β и получена географическая карта его распределения, в основном, для Северного полушария, рис 1.2.1.

В связи с тем, что старшие моменты менее устойчивы, то можно последовательно их убирать из системы (1.2.7). Если эти моменты рассматривать как фазовые, то происходит манипулирование размерностью фазового пространства. На языке ЧИМ это означает расширение или сужение финитной реальности, т. е. того, что мы «твердо» знаем об изучаемой предметной области. Ведь неустойчивость решений означает, что модель (1.2.7) не достаточно «жестко» фиксирует (моделирует) процесс формирования речного стока в географических областях, где старшие моменты теряют устойчивость. Для того, чтобы все-таки как-то моделировать ситуацию, отбрасываются «нюансы», учитываемые, например, коэффициентами эксцесса и асимметрии (см. рис. 1.2.2, на котором показана эволюция кривых К. Пирсона в сторону их упрощения от 1.2.2, а к 1.2.2, з). Чтобы сохранить асимметрию (это важно при расчете обеспеченных значений расхода) можно использовать в новом климате соотношение C_s/C_v , соответствующее существующему климату.

Более радикальная возможность обеспечения устойчивости решений – модернизировать исходное динамическое ядро линейного формирующего фильтра (1.2.5), чтобы мультипликативные шумы (именно они вызывают неустойчивость) существенно уменьшились или вообще «исчезли». Так как $c \sim 1/k$, то эта величина (как и $G_{\bar{c}}$) отражает потери стока за счет испарения. Если эти потери ввести в задаваемое внешнее воздействие ($k\ddot{X}$), то модель фильтра примет вид (при $\tau = 1$)

$$dQ = [-Q + \bar{N} + \tilde{N}]dt \quad (1.2.8)$$

и проблема с неустойчивостью практически исчезает, если нет других источников мультипликативного шума. Но ведь испарение (как и сток) – это реакция бассейна на внешнее воздействие осадков. А мы перебросили следствие во внешнее воздействие. И тем не менее, такой вариант вполне возможен, если изучаются стационарные случайные процессы, при которых во времени статистические моменты не меняются (где «нет» причинно-следственных связей), например, при равновесных климатических сценариях.

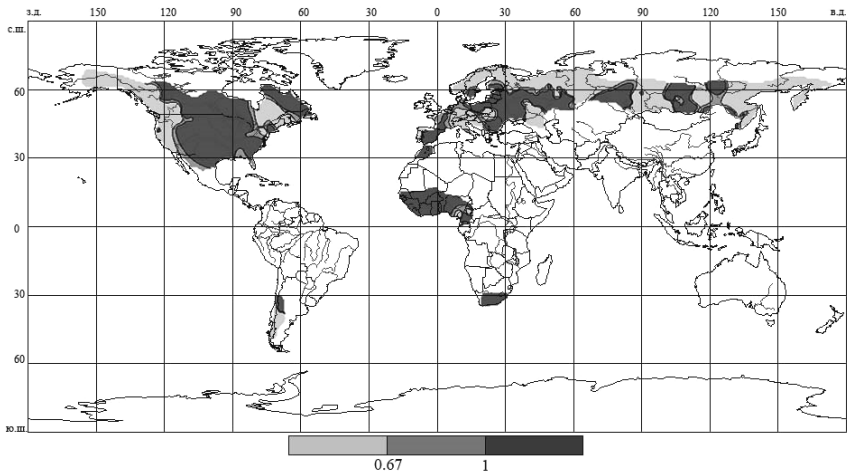


Рис. 1.2.1. Карта зон неустойчивого формирования начальных моментов годового стока.

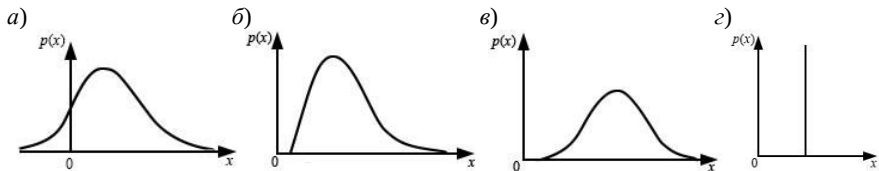


Рис. 1.2.2. Качественное изменение формы распределений в зависимости от численных значений критерия β , ведущих к необходимости игнорирования неустойчивых моментов: а – IV тип; б – III тип; в – нормальное распределение; г – δ -функция.

Однако, есть еще один путь разгрузки мультипликативного шума (без нарушения причинно-следственных связей): шумящий параметр из разряда задаваемого коэффициента можно перевести в разряд исковой функции (в динамической модели, а в уравнении ФПК – в раз-

ряд независимых аргументов), т. е. можно перейти к многомерным распределениям плотности вероятности, расширив размерность фазового пространства. Возникает вопрос: как найти пределы этого расширения, сколько надо вводить новых переменных? И тут появляется еще одно новое (для ЧИМ) понятие *фрактальная диагностика*. Не будем рассматривать ее технологию, она достаточно сложная и представлена в работах авторов [Коваленко, 2005; Коваленко, 2007; Коваленко, Викторова, Гайдукова, 2006; Гайдукова, 2017]. Ее смысл заключается в том, что можно, анализируя только ряд расходов воды (которые измеряются), определить сколько еще фазовых переменных участвуют в его формировании. Фрактальная размерность – дробная и ближайшее, превосходящее ее целое число, является размерностью пространства вложения для модели. С ее помощью нельзя определить, какие это фазовые переменные, но, например, можно сказать какова размерность плотности вероятности. Для многолетних рядов среднегодовых расходов подсказкой является и уравнение водного баланса $\dot{X} = Q + E \pm \Delta U$, хотя и не всегда: встречается фрактальная размерность как больше, так и меньше трех (дело не только в числе слагаемых, но и в типе взаимодействия между стоком, испарением (E) и изменением влагозапасов (ΔU)).

На этом пути (фрактального диагностирования) установлена закономерность, характеризующая зависимость фрактальной размерности (ξ) (рядов речного стока) от нормы температуры воздуха ($T^{\circ}\text{C}$), рис. 1.2.3. Наибольшее число взаимодействующих переменных наблюдается в умеренном климатическом поясе, где в полной мере задействованы влагозапасы [Коваленко, 2012; Коваленко, Гайдукова, 2011]. Было открыто явление ненулевой многолетней нормы $\overline{\Delta U} \neq 0$, связанное с эффектом детектирования [Коваленко, Гайдукова, 2014; Kovalenko, Gaidukova, 2015.; Гайдукова и др., 2019] (рис. 1.2.4) и опровергающее устоявшееся мнение гидрологов о ее нулевом значении. Эти результаты показывают, что дальнейшее развитие в области моделирования речного стока должно идти по пути перехода от одномерных распределений $p(Q)$ к многомерным $p(Q, E, \Delta U)$. Это тоже эволюция, но относящаяся к процессу познания (а не к изменению гидрологических объектов), т. е. гносеологическая.

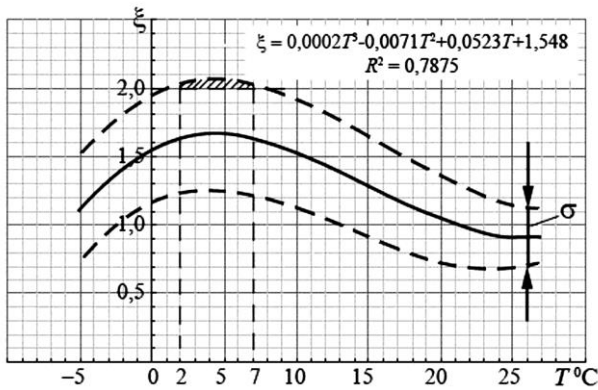


Рис. 1.2.3. Зависимость фрактальной размерности рядов среднегодового многолетнего стока от климатической нормы приземной температуры воздуха (использовано 756 рядов стока Земного шара; σ – среднееквадратическое отклонение).

По результатам, полученным при моделировании руслового и многолетнего речного стока, были сформулированы основные положения частично инфинитного моделирования, рассмотренные в следующем разделе.

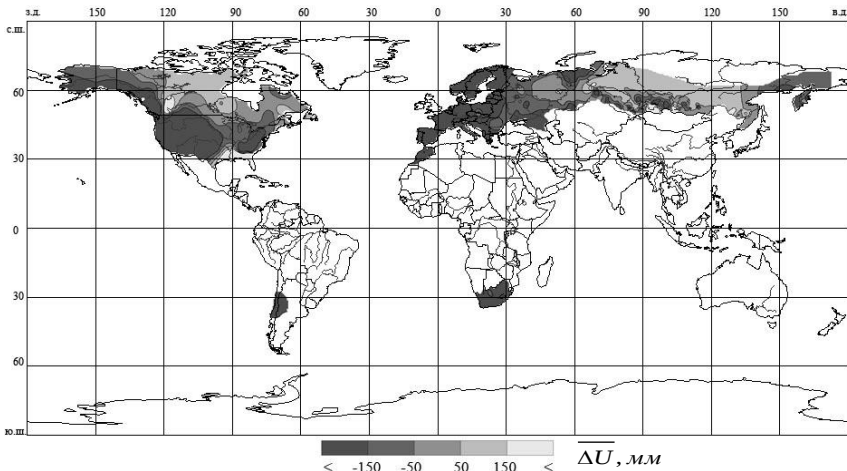


Рис. 1.2.4. Распределение среднего многолетнего значения величины изменения суммарных влагозапасов.

2. ВВЕДЕНИЕ В ЧАСТИЧНО ИНФИНИТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Дать исчерпывающее описание ЧИМ в пределах одного раздела невозможно. В многочисленных монографиях основателя направления проф. В. В. Коваленко [Коваленко, 2005; Коваленко, 2007; Коваленко, 2009; Коваленко, 2015 и др.] представлены разные аспекты этого подхода к моделированию, начиная от религиозно-философского и заканчивая примерами практических применений, включая историю, географию, гидравлику и др. Ниже представлены основные фрагменты ЧИМ, в которых фигурируют понятия, в определенном смысле пересекающиеся с понятиями последней главы, посвященной «квантовой магии». Под этой метафорой в данной работе понимается довольно широкий (и, одновременно в каком-то смысле, узкий) спектр научных, философско-методологических, религиозных и эзотерических направлений современных взглядов на окружающую нас действительность, выходящих за узкие рамки общепринятой рациональности. Именно эти аспекты представлены в обзоре ЧИМ. За основу материала по «квантовой магии» и смежным вопросам, которые излагаются в разд. 2, взята официальная серия книг издательской группы «Весь», использованы работы С. И. Доронина [Доронин, 2007], М. Б. Менского [Менский, 2011], В. В. Налимова [Налимов, 2007; Налимов, 2013], А. П. Ксендзюк [Ксендзюк, 1995] и др.

2.1. Философско-методологические основы частично инфинитного моделирования

Основные понятия

Запишем модель водосбора, стохастическое обобщение которой приводит к линейному формирующему фильтру (1.2.5):

$$\frac{dQ}{dt} = -\frac{1}{k\tau}Q + \frac{\dot{X}}{\tau}. \quad (2.1.1)$$

Основываясь на уравнении (2.1.1), выделили (зафиксировали) с помощью коэффициентов k и τ такие свойства речного бассейна, как проницаемость почвогрунтов, потери на испарение, инерционность. Однако бассейн, как материальный объект, гораздо сложнее по своему информационному содержанию, чем мы его представили (там и люди, и города, и растительность, и т. п.). Но гидрологам важны только те стороны этого объекта, которые:

– отражают реальный объективный процесс формирования речного стока, его информационные характеристики;

– уже нами «освоены», т. е. для которых были введены понятия в виде словестно-символьного обозначения характеристик рассматриваемого явления в наше субъективное восприятие.

Информация из внешнего мира (впрочем, и из внутреннего тоже) воспринимается нашими органами чувств, запоминается бессознательно и хотя бы частично доходит до осознания, становясь неотъемлемым достоянием личности человека. Для восприятия информации (не только человеком) на любом этапе распространения информации необходимо:

а) чтобы уровень сигнала был выше порога чувствительности приемника;

б) чтобы была совместимость приемника, передатчика и среды между ними по способности к взаимодействию друг с другом, то есть необходима совместимость по материальному носителю;

в) чтобы была совместимость по системе кодирования, частотному диапазону и т. п.;

г) чтобы прохождение информации как-то фиксировалось в приемнике, т. е. изменяло его информационное состояние – упорядоченность каких-то свойственных приемнику элементов.

Если изложить это в терминах наиболее общих философских категорий, то: есть нечто, что воздействует на подобное ему нечто, изменяя его состояние, его образ – это материя (или образ материального объекта); есть нечто, объективно существующее, но не материальное, что передается в процессе этого взаимодействия, изменяющего состояние материи – отображения – от одного материального носителя к другому и не утрачивает своего объективного качества при смене материального носителя – это информация, по-русски: образы; «Нет вещи без образа» – Словарь В. И. Даля; и присутствует еще нечто, также нематериальное, что определяет различные

качества отображения информации – порог чувствительности, система кодирования, частотный диапазон, поляризация несущей волны и т. п. – это все частные меры различения параметров. И эта троица: материя, информация, мера (через *ъ* – «ять»: *мъра*) – существуют в неразрывной связи друг с другом, образуя триединство [ВП СССР, 2003].

Соединив информацию о явлении нами воспринятую в наше субъективное мировоззрение с языковой формой мы получаем понятие, которым уже пользуемся (например: расход воды, время релаксации и т. д.).

Под языком понимается наиболее общее явление. Язык – система кодирования и передачи информации: точный язык математики, алфавитные языки, фонетические языки, жестикуляция, музыка, рисунки и прочие формы кодирования и передачи информации.

Понятие – это определенность взаимного соответствия в психике индивида: слова, словосочетания, фразы, символа, группы или последовательности символов того или иного языка, употребляемого обществом, – с одной стороны, и с другой стороны – субъективного образа (с англ. информации), видения (и также и других понятий) [ВП СССР, 2004].

Можно сказать, что выделена изучаемая предметная область. В нашем конкретном случае – гидрологическая предметная область; причем только то в ней, что нам интересно и «под силу» изучать (вне поля зрения остались ледовые явления, деформация русел и многое другое). В этом смысле мы интересуемся не объектами вообще, а конкретными предметными областями.

Таким образом, можно дать следующее определение: предметная область – это субъективно (т. е. нами самими) формализованная (закодированная) в различные языковые формы информация о «куске» объективной реальности, используемая для описания происходящих в ней процессов [Коваленко, 2006]. Поэтому и любая модель предназначена для описания только конкретных предметных областей. Причем для описания только сущности. Явлений никакой моделью описать невозможно, так как любое явление – это совокупность множества самых различных информационных граней. Парадоксальность ситуации заключается в том, что в зафиксированной предметной области ее сущность ненаблюдаема (не может «взаимодействовать» с органами чувств и приборами).

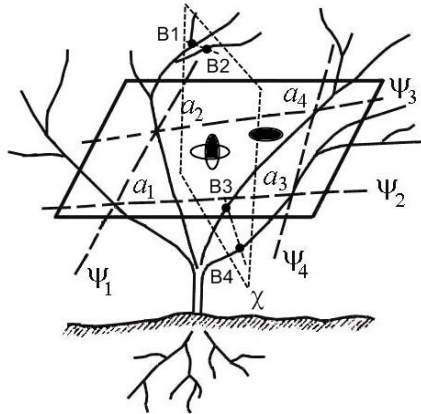


Рис. 2.1.1. К метафоре «иррационального шаблона».

Черные точки – «жители». χ – неформализованная, нерационализованная информация об иррациональном шаблоне появившаяся у «жителя».

Рассмотрим рис. 2.1.1. Пусть двумерные существа [Коваленко, 2006] (жители плоскости), наблюдая, как ветер качает ветки, установили для единичных восприятий – единичных понятий (точек a_i) общность их информационных характеристик перемещения, т. е. сформулировали обобщенные (расширенные) понятия ψ_i . Пусть подрастающая ветка протыкает плоскость. В рамках логики, основанной на двумерных понятиях ψ_i , это событие не объяснить, т. е. не выразить в языковых формах, не рационализировать для своего мировосприятия, в итоге это воспринимается, как «чудо». Но если некоторые двумерные существа («творческие») обладают (бессознательно) интуицией, то «видят» дерево целиком (объективность информации подразумевает, что они каким-то образом должны получать информацию о всем дереве). Интуиция при таком взгляде выступает как канал связи между жителем двумерной плоскости и какой-то информационной базой трехмерного пространства (возможно жителем этого самого пространства). Они попадают в такие условия из-за внутренних или внешних воздействий, в которых считывают какие-то куски новой для них «реальности дерева». Таким образом, они могут сформировать умозрительное (для себя и остальных жителей плоскости) понятие третьего измерения и все прекрасно объяснить. Это дерево можно считать неким иррациональным шаблоном, в котором слились рациональность и иррациональность.

Когда полученное представление о новой плоскости χ формализуется (рационализируется) в любом существующем языке (будь то русский язык, математика, язык музыки), то появляется расширенная предметная область и ее практическое «освоение» уже дело техники и времени. Но тут нельзя забывать о том, что любая формализация расширенной предметной области должна не только быть взаимосвязанной системой представлений о своих финитных и частично инфинитных параметрах, но и подтверждаться практикой – в нашем примере жители плоскости ψ должны расширить свои способности предсказания поведения иррационального шаблона «дерева», а в перспективе стать способными «перемещаться» и по плоскости χ . Хотя это больше относится к развитым интеллектуальным системам.

Теперь можно ввести ряд важных понятий [Коваленко, 2006; Кудряшов, 1993]. Любые объекты (и связи между ними) на «плоскости» называются финитными, т. е. выразимыми в рациональных структурах (понятиях ψ), а объекты (и связи) на всем «дереве» (т. е. невыразимые в рациональных понятиях ψ) – инфинитными. Инфинитная реальность – это все «дерево», т. е. иррациональный шаблон. Поэтому, можно сказать, что зафиксированная предметная область является финитной реальностью (самим фактом фиксации). Эта фиксация может осуществляться как практической деятельностью (на уровне явлений), так и умозрительными понятиями, основанными на интуитивном и творческом восприятии иррационального шаблона в целом (на уровне сущности). Следовательно, вся окружающая нас реальность – это иррациональный шаблон, который в субъективном мировосприятии отражается как взаимосвязанная система предметных областей. Выделение конкретной предметной области означает, что все другие предметные области частично или полностью инфинитны (т. е. невыразимы в ее рациональных структурах). Таким образом, финитная реальность («плоскость») задается при помощи реальности инфинитной («дерева»). Граница между ними всегда частично инфинитна (только частично выразима в рациональных структурах). Например, для «плоскости, пересекающей дерево», частично инфинитным понятием будет «расширение дырки» («перемещение существующей» – финитным, «появление новой» – инфинитным).

Наглядный образ частично инфинитного моделирования

Имеет место такое достаточно общее определение: частично инфинитное моделирование – это переходной гносеологический процесс из возможности в действительность с затратой энергии [Коваленко, 2006].

(Из словаря. Теория познания (гносеология) – раздел философии, в котором изучаются проблемы природы познания и его возможностей, отношение знания к реальности, исследуются всеобщие предпосылки познания, выявляются условия его достоверности и истинности, границы и принципы познания. Теория познания анализирует всеобщие основания, дающие возможность рассматривать познавательный результат как знание, выражающее реальное, истинное положение вещей.)

Новая действительность – это расширенная предметная область (новая «плоскость» на «дереве»). Но она не может возникнуть из ничего. Должны быть предпосылки этой новой действительности, т. е. ее возможность. Эти предпосылки заложены как в самой инфинитной реальности («дереве», иначе откуда вообще возьмется что-то новое), так и в существующей актуальной (фактической) действительности. Только опираясь на эти предпосылки, познающий субъект может действовать, т. е. фиксировать инфинитную реальность. Таким образом возможность новой действительности заложена в действительности существующей.

Рассмотрим пример. Пусть мальчик качается на качелях (рис. 2.1.2).

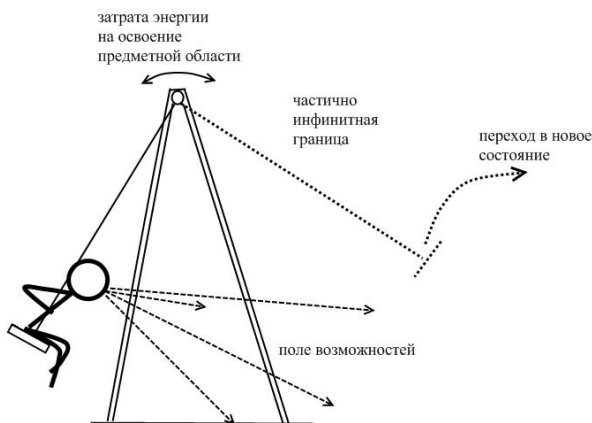


Рис. 2.1.2. Иллюстрация к понятиям возможности и действительности.

В предметной области «качели» есть фиксированное – финитное окружение: железная конструкция, ее возможности, сила мальчика. Качаясь, мальчик будет видеть окружающую его реальность размыто, и поле его возможностей непредсказуемо, хотя в самом процессе его качания заложены в разных точках траектории различные возможности «разрешения» ситуации спрыгивания. И действительно: если спрыгнуть с качелей в одной из нижних точек дуги, то можно серьезно пораниться, а вот если спрыгнуть в самой высокой точке дуги, то ощущение полета – гарантированно, и чем ближе качели к этой точке, тем спрыгивать с них безопаснее (по затылку с размаху точно не ударят). Это значит, что поле возможностей – обширно и заложено в первоначальном процессе, в этом «веере» всегда существует наиболее «благоприятная» для реализации в действительность возможность. Система в целом «пойдет» именно в эту сторону. В финитной предметной области новых возможностей «не видно». Для того, чтобы получить новое представление (информацию) мы должны приложить усилия и энергию и сместиться к границе – в частично инфинитную область, в которой мы можем получить новую «смутную», интуитивную информацию об инфинитной для нашей предметной области – знания о реальности.

В психологии есть модель поведения человека (рис. 2.1.3). У каждого есть зона комфорта – то «болото», в котором он знает каждую лягушку, каждую кочку. В этой зоне всегда «удобные» для психики вопросы и такие же удобные ответы. Казалось бы все прекрасно – сиди и булькай в свое удовольствие. Вне этой зоны находятся «неудобные» вопросы, которые вызывают у нас сильную эмоциональную реакцию из-за необходимости на них отвечать и множество людей в сегодняшнем обществе стремятся уйти от них, закопаться в своем «родном болоте». Но проблема в том, что в этой зоне комфорта нет развития. Именно в области «неудобных» вопросов (парадоксов по отношению к своему болоту) и лежит будущее – лежат новые возможности, новые действительности. И необходимо хорошо поработать над собой – поотвечать на «неудобные» вопросы, приложить усилия для реализации открывшихся возможностей.

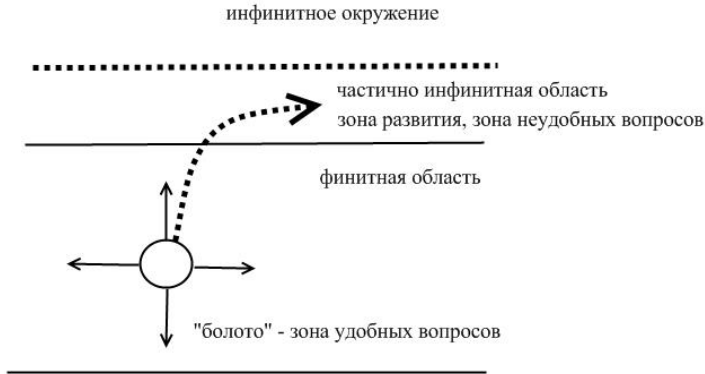


Рис. 2.1.3. Иллюстрация из психологии.

Таким образом, чтобы оказаться в новой действительности (т. е. получить новые знания) надо:

а) действием (т. е. затратой энергии) зафиксировать «по-другому» предметную область (действовать могут и другие, помещая тебя в новые условия);

б) умозрением (затратой интеллектуальной энергии) объяснить (формализовать) сущность этой расширенной предметной области.

В понятии неустойчивости ситуацию можно представить так. Пусть мы спроектировали инфинитную реальность на «плоскость» (точка зрения № 1) и построили «обычную» модель (рис. 2.1.4). Если ее решение оказалось неустойчивым, то надо менять точку зрения, т. е. по-новому фиксировать проекцию (материальный объект – «дерево» – при этом не меняется). Если в расширенной области (с новыми фазовыми переменными) решение устойчиво, то можно временно «остановиться» до появления новой неустойчивости.

Возникнуть новая неустойчивость может только в процессе деятельности по освоению материального объекта («дерева» – шаблона). В результате этой деятельности выходят за рамки расширенной предметной области (например, оказываемся в новом диапазоне прежних параметров). Расширенная (например, двухфазная) модель может не «сработать» и все начинается «по-новой»: снова надо менять точку зрения. Следовательно, частично инфинитное моделирование предполагает, что материальный объект («инфинитный») мо-

2. Введение в частично инфинитное моделирование

жет оставаться и прежним, а меняется только точка зрения ученого, пытающегося по-новому объяснить сущность (т. е. построить модель) вновь расширенной предметной области. Это расширение происходит не умозрительно, а в результате практической деятельности (умозрением уже потом пытаются объяснить сущность). Таким образом, частично инфинитное моделирование – это гносеологический (относящийся к технологии познания) переходной процесс от одной точки зрения (№ 1) к другой (расширенной) – (№ 1 + № 2), например, от одномерной проекции к двумерной. Переход из *возможности* в *действительность*.

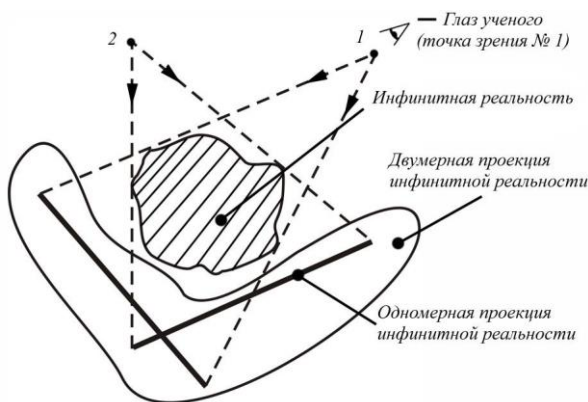


Рис. 2.1.4. Наглядный образ частично инфинитного моделирования.

Селективная роль физической картины мира (ФКМ)

Попытаемся графически (рис. 2.1.5) представить рассматриваемый процесс познания и место, которое в нем занимает частично инфинитное моделирование.

Если субъект отклоняется от цели, то с помощью контура первой обратной связи (ОС₁) выбирается подходящий шаблон (модель), который корректирует его траекторию. Но если субъект в результате своих (или чужих) действий оказался в новой предметной области, то подходящего шаблона (модели) нет. Тогда есть два пути: либо погибнуть, либо сформировать новый шаблон (добавить фазовую переменную) в частично инфинитном блоке с помощью контура второй обратной связи (ОС₂).

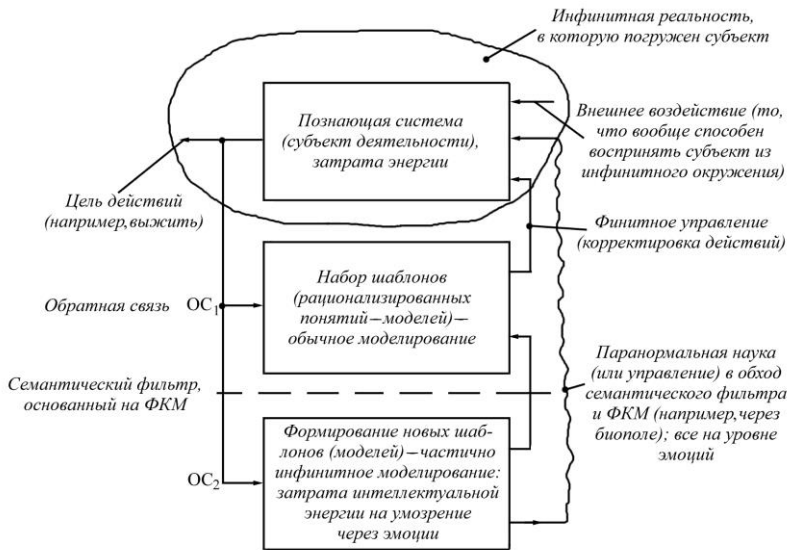


Рис. 2.1.5. Место частично инфинитного моделирования в процессе познания.

Семантический фильтр (основанный на физической картине мира познающего субъекта) предохраняет от «ложных идей» как в сторону частично инфинитных моделей, так и от них. Но возможно и прямое влияние интеллектуальных эмоций на обычную энергию (см. волнистую линию на рис. 2.1.5) [Коваленко, 2005].

Вернемся к гидрологии (рис. 2.1.6). Пусть некий субъект прогнозирует приток воды в водохранилище, имея определенный набор прогностических моделей (шаблонов). Если ни одна из моделей не дает $S/\sigma \leq 0,8$ (здесь S – средняя квадратическая погрешность поверочных прогнозов; σ – среднее квадратическое отклонение предсказываемой величины от нормы), то прогнозист начинает выдумывать дополнительные шаблоны (например, делать переменными коэффициенты уже известных моделей), чтобы добиться удовлетворительных прогнозов и эффективности прогнозной методики в целом.

Семантический фильтр – это знание прогнозистом того, что, например, $Q \geq 0$, $\dot{X} \geq 0$ и что новый придуманный им шаблон (модель) не должен давать отрицательных коэффициентов стока (это запрещает его ФКМ).

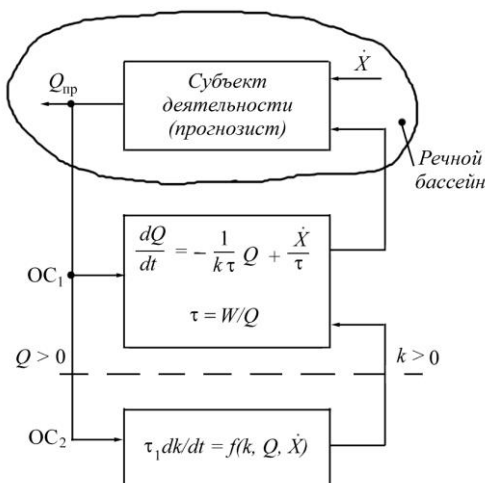


Рис. 2.1.6. Гидрологический пример процесса познания.

Двигаться к истине – значит менять онтологию

До сих пор мы рассматривали гносеологию, – технологию получения новых знаний (методологию познания). Она приводит к некоторым базовым установкам об окружающем мире, т. е. к *онтологии*, которая сама влияет на гносеологию.

Можно привести такой гидрологический пример. Гидрологи, познавая процесс формирования стока, пришли к некоторым базовым понятиям: k – коэффициент стока, τ – время добегания (релаксации), Q – расход воды, $\dot{X}$ – интенсивность осадков и т. д. Опираясь на общенаучные базовые понятия (= – равно, + – плюс, d/dt – производная, / – делить, t – время и т. д.), они сформулировали некую *линейную онтологию* формирования речного стока, в основе которой лежит модель (1.3.1). Эта онтология дает толчок для познания (гносеологии) различного влияния на гидрологический режим: леса (процент залесенности водосбора связывается с коэффициентом стока), хозяйственной деятельности (опять же через этот коэффициент) и т. д.

Однако эта линейная онтология в определенной ситуации может и не сработать (привести к неустойчивости или просто неправильно описывать водный режим). Например, осадки выпадают, а стока нет, как в пустыне, где $k \rightarrow 0$ (рис. 2.1.7). В таком случае говорят, что ситуация парадоксальна. Но это только в данной (линейной, первого порядка и т. д.) онтологии. На математическом языке аналогом парадоксальности является неустойчивость.

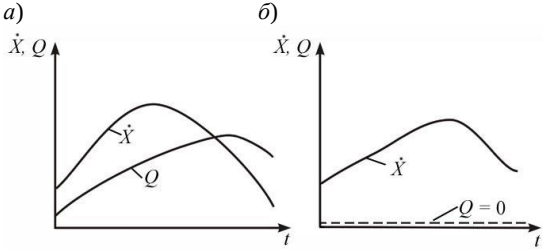


Рис. 2.1.7. Устойчивость (а) и неустойчивость (б) линейной онтологии стока, основанной на модели (1.3.1).

Вспомним, что наука существует для того, чтобы двигаться к истине. Это движение происходит путем смены онтологий: $O_1 \rightarrow O_2 \rightarrow \dots O_n \rightarrow O_{n+1} \rightarrow \dots$. Например, линейная онтология из-за неспособности справиться с парадоксом заменяется нелинейной (при $\tau = W/Q$):

$$\frac{dQ}{dt} = -\frac{Q^2}{kW} + \frac{Q\dot{X}}{W}. \quad (2.1.2)$$

Произошло расширение фазового пространства:

$$Q \rightarrow (Q, \tau) \rightarrow (Q, \tau, k) \rightarrow \dots$$

Для оправданности такой эволюции надо, чтобы очередная онтология оказалась в новой для себя бессмысленной (парадоксальной) предметной области. Причем более ранняя онтология не может своей логикой указать путь в более позднюю (т. е. $O_n \subset O_{n+1}$). Переход в новую онтологию – процесс творческий. И тем не менее, частично инфинитное моделирование для того и создано, чтобы все-таки хоть как-то наметить путь из одной онтологии в другую.

Нефеноменологические и логико-негеоцентрические парадоксы

Рассмотренные парадоксы называются нефеноменологическими (сущностными). Их происхождение связано с неспособностью, зало-

2. Введение в частично инфинитное моделирование

женной в онтологии O_n логикой, отличить ложь от истины; говорят, что происходит «загибание логики». Логика «распрямляется» путем перехода к O_{n+1} , т. е. путем перестройки онтологий. Этим и занимается частично инфинитное моделирование. («Обычное» моделирование «работает» в фиксированной онтологии, где логике не дают «загибаться» путем корректной постановки задачи.)

Но существуют и такие парадоксы, которые не разрешаются подобной перестройкой (т. е. их не ликвидировать и с помощью частично инфинитного моделирования) – логико-негеоцентрические. Они возникают не в конкретной онтологии, а во всем онтологическом (познавательном) ряду: $O_1 \rightarrow O_2 \rightarrow \dots O_n \rightarrow O_{n+1} \rightarrow \dots$, т. е. любая онтология в этом ряду бессмысленна (неразличима от других онтологий). Ложен весь познавательный ряд, т. е. сам процесс познания.

Например, в рамках буддийской онтологии «все есть иллюзия», кроме нирваны. Ясно, что в таком случае бессмысленно искать настоящую истину (разрешать парадоксы) в сфере рационального познания: любое сечение «дерева» – иллюзия. Истинен только сам иррациональный шаблон в целом, т. е. все «дерево».

Пример «работы» введенных понятий

Рассмотрим на конкретном примере, как «работают» введенные понятия. Дополним уравнение (1.3.1) начальным условием:

$$dQ/dt = -Q/k\tau + \dot{X}/\tau, \quad Q|_{t=0} = Q_0. \quad (2.1.3)$$

Эту модель, а значит, онтологию, которую обозначим $O_{\text{лин}}$, определяют *понятия*, т. е. некие рациональные структуры: $Q, k, d, =, +, -, /, Q_0, t$. Степень «рационализации» разная. Более «финитные»: $d, t, +, -, /, t, t_0, Q$. Частично инфинитные: k, τ, Q_0 . Осадки $\dot{X}$ являются внешним воздействием и они инфинитны.

Рассмотрим рис. 2.1.8. В инфинитной реальности выделяется воднобалансовая сущность, описываемая $O_{\text{лин}}$. Решение модели (2.1.3) – это траектория $Q(t)$ на «плоскости, рассекающей крону дерева». В рамках онтологии $O_{\text{лин}}$ (детерминистической линейной, первого порядка) можно вводить новые рациональные понятия (залесенность, заболоченность, плотность населения и др.), насыщая ими выделенную предметную область, и проводить научные исследования по влиянию на сток леса и т. п. Но так как эти новые рациональные понятия вводятся через коэффициент стока $[k = f(f_{\text{л}}, f_{\text{заб}}, \dots)]$, где $f_{\text{л}}$, $f_{\text{заб}}$ – степень залесенности и заболоченности бассейна], то все эти научные исследования будут проводиться в рамках одной и той же онтологии – $O_{\text{лин}}$.

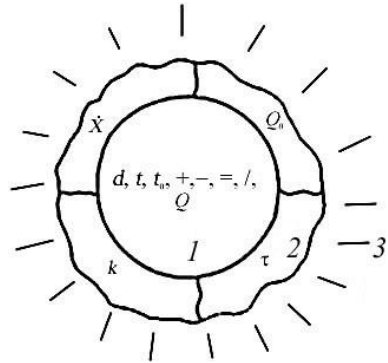


Рис. 2.1.8. Предметная область, фиксируемая моделью (1.3.3): 1 – финитное ядро; 2 – частично инфинитная граница; 3 – инфинитная (для модели (1.3.3)) реальность.

Для того чтобы произошла смена онтологии $O_{\text{лин}}$, необходимо появление парадоксов. Они могут появиться только из инфинитной реальности, через частично инфинитные параметры (τ , k , Q_0). Эти параметры мы считаем частично инфинитными, так как, с одной стороны, они осмыслены в рамках онтологии $O_{\text{лин}}$ (финитность), но с другой – породить их может что угодно (например, о процессах, стоящих за коэффициентом k , можно только догадываться – инфинитность).

Эта неопределенность порождает шумы, размывание траектории $Q(t)$, и поэтому логично заменить $O_{\text{лин}}$ на стохастическую онтологию $O_{\text{стох}}$:

$$\frac{\partial p(Q, t)}{\partial t} = - \frac{\partial(Ap)}{\partial Q} + 0,5 \frac{\partial^2(Bp)}{\partial Q^2}. \quad (2.1.4)$$

В онтологии $O_{\text{стох}}$ шумы уже рационализированы с помощью их характеристик: $G_{\tilde{c}}$, $G_{\tilde{N}}$, $G_{\tilde{c}\tilde{N}}$.

Стохастическая онтология (1.3.4) также начинает накапливать информацию в своих рамках (огромное число исследований по веро-

яностным законам распределения речного стока, дробление его на годовой, минимальный, максимальный и т. д.). Но и стохастическая онтология сталкивается с парадоксами (неустойчивостью). Например, в уравнении для моментов

$$dm_n / dt = (-c + 0,5nG_{\tilde{c}})m_n + \dots$$

при $\bar{c} < 0,5nG_{\tilde{c}}$ возникает неустойчивость решений для моментов n -ого порядка, сказывающаяся на всем распределении в целом. Поэтому онтологию $O_{\text{сток}}$, основанную на уравнении ФПК (2.1.4), надо заменять. Например, стохастически обобщать уже нелинейную онтологию $O_{\text{лин}}$ (2.1.2). При этом прежний частично инфинитный параметр τ становится финитными ($\tau = W/Q$), так как это уже новая фазовая переменная (наряду с Q). Однако одновременно появится новый частично инфинитный параметр W , так как мы не знаем, что конкретно стоит за гидрологической емкостью среды W (это может быть и водохранилище, и биомасса и т. п.). Переход от O_n к O_{n+1} и есть гносеологический переходной процесс перестройки онтологий.

2.2. Математический аппарат частично инфинитного моделирования

Следует заметить, что никакого самодостаточного математического аппарата для получения нового знания нет и быть не может. Не существует и методологии (в традиционном смысле этого слова) его получения.

В традиционной методологии в обязательном порядке:

- 1) описывается состав и последовательность действий (материальных и мысленных), необходимых для получения новых знаний;
- 2) изложение ведется в форме нормативных высказываний («сделать то-то ...»);
- 3) должен удовлетворяться критерий осуществимости (в описании действий не должно быть противоречий и они должны выполняться за конечное число шагов).

Но с позиций такой рационализированной методологии, исключающей творческие шаги, нового знания не получить. Поэтому ни о какой «корректной» постановке задачи в частично инфинитном мо-

делировании речи нет. А поэтому не может быть и «своего» математического аппарата, так как оно содержит элементы не рационализируемые, творческие.

Однако это не означает, что в нем нет вообще никакого аппарата, помогающего переходить из предыдущей онтологии в последующую. Так как каждая последующая онтология в известном смысле мощнее предыдущей, то можно построить некую частично инфинитную метамодель, показывающую как растет мощность (по Г. Кантору) в онтологическом ряду. На этом пути появляется много неожиданных вещей типа отрицательных мощностей, нарушение гипотезы о том, что не существует промежуточных мощностей между счетным множеством и континуумом и, наконец, опровержение (в известном смысле) основной догмы теории множеств о том, что несравнимых мощностей нет.

Линейное мышление заменяется нелинейным

Простой пример линейной системы – модель формирования стока (2.1.1). Формальный (математический) признак линейности – первая степень искомой функции. Физически особенность линейных систем состоит в выполнении принципа суперпозиции. Его смысл заключается в том, что если имеется несколько внешних воздействий, то в системе нет их взаимного влияния, хотя выходная реакция все их учитывает.

Пусть, например, «вход» и «выход» системы с линейным оператором $L \equiv \tau d/dt + 1/k$ могут быть разложены на составляющие $\dot{X} = \dot{X}_1 + \dot{X}_2$, $Q = Q_1 + Q_2$. Тогда

$$\tau \frac{dQ_1}{dt} + \frac{Q_1}{k} + \tau \frac{dQ_2}{dt} + \frac{Q_2}{k} = \dot{X}_1 + \dot{X}_2, \quad (2.2.1)$$

т. е. каждая составляющая входного воздействия живет своей жизнью и не способна к взаимодействию с другими (рис. 2.2.1). В этом случае линейная система лишена внутренней активности и только

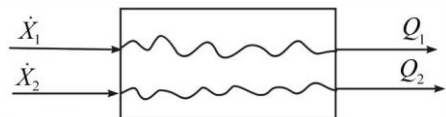


Рис. 2.2.1. Отсутствие взаимодействия в линейной системе.

2. Введение в частично инфинитное моделирование

пассивно трансформирует внешнее воздействие. Ее поведение предсказуемо, она не может породить ничего нового (того, чего не было на входе).

Нелинейность может появиться за счет обратной связи (рис. 2.2.2), приводящей к уравнению на рис. 1.4.2, в. Причем появляются даже две нелинейности: Q^2 (самовоздействие) и $Q\dot{X}$ (взаимодействие внешнего сигнала и реакции). Это приводит к нарушению принципа суперпозиции, например, к появлению колебаний, которых не было на входе. Это и есть внутренняя активность. Важно отметить, что система на малые воздействия может реагировать линейно, а на большие – нелинейно. На этом факте основана так называемая линеаризация, когда параболу $y = x^2$ в малой окрестности какого-либо значения x_0 можно рассматривать как прямую линию: $y = (x_0 + \Delta x)^2 = x_0^2 + 2x_0\Delta x + \Delta x^2 \approx \text{const}_1 + \text{const}_2 \cdot \Delta x$ (если $\Delta x \ll x_0$).

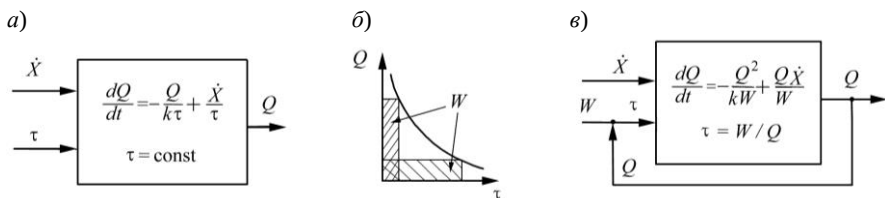


Рис. 2.2.2. Преобразование линейной (а) модели формирования стока в нелинейную (в) за счет введения обратной связи.

Так как при частично инфинитном подходе пытаются смоделировать появление чего-то нового, то все модели должны быть нелинейными, т. е. способными к генерации «нововведений».

Замена бесконечномерных систем конечномерными

Модели бывают разных типов, но при частично инфинитном моделировании «хотелось бы» иметь дело с конечномерными моделями в виде обыкновенных дифференциальных уравнений. Этого можно добиться разными способами. Например, для задачи о распространении тепла в стержне длиной l :

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \frac{\partial^2 T}{\partial x^2},$$

$$T(x,0) = T_0(x), \quad 0 \leq x \leq l,$$

$$\partial T(0,t) / \partial x = \partial T(l,t) / \partial x = 0$$

(здесь T – температура; a – коэффициент теплопроводности; x – координата), решение можно представить рядом Фурье

$$T(x,t) = \sum_{n=0}^{\infty} c_n(t) f_n(x),$$

где $f(x)$ – собственные функции (задаваемые). Согласно принципу суперпозиции, решение линейного уравнения в частных производных эквивалентно решению бесконечной последовательности обыкновенных дифференциальных уравнений для гармоник (мод) $c_n(t)$:

$$\frac{dc_n}{dt} = -a \left(\frac{\pi n}{l} \right)^2 c_n, \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

От бесконечности можно уйти следующим образом: чем выше номер гармоники, тем быстрее уменьшается ее амплитуда. Поэтому если необходимо знать приближенное решение, то можно отбросить гармоники с высокими номерами и ограничиться конечной системой уравнений.

В нелинейном случае принцип суперпозиции не выполняется и имеем для аналогичной задачи связанную бесконечную систему:

$$dc_n / dt = f_n(c_0, c_1, \dots) - \gamma_n c_n, \quad n = 0, 1, \dots$$

где $1/\gamma_n$ – время релаксации отдельных мод. Но и в данном случае возможно отбросить так называемые быстрые моды.

Существуют и другие способы конечномерных аппроксимаций бесконечномерных систем. Например, метод прямых (дискретизация по пространственной переменной) приводит модель кинематической волны к виду

$$dF_i / dt + a'F_i - a'F_{i-1} = 0, \quad i = 0, 1, \dots$$

где $a' = a/\Delta x$. Широко используется метод Галеркина и др.

Кроме дифференциальных уравнений, будем иметь дело с отображениями. Например:

$$Q_{i+1} = Q_i (\dot{X} / W + 1 - Q_i / kW) .$$

Иллюстрация взаимодействия фазовых переменных на эволюционных моделях

В результате применения различных методов бесконечномерные системы можно свести к конечномерным $dx_i/dt = f(x_i, t)$, $i = 1, 2, \dots$ Однако существует определенный класс подобных моделей, который отражает некоторые реальные черты развивающихся систем, хорошо изучен и допускает экспериментальную проверку. Это так называемые популяционные модели, описывающие эволюцию всевозможных популяций.

Рассмотрим их более подробно [Федоров, Гильманов, 1980; Эйген, 1973]. Обозначим через $x_j(t)$ плотность популяции какого-либо j -го вида. Скорость роста (без учета миграции из ареала обитания)

$$dx_j / dt = (b_j - d_j)x_j .$$

Удельные скорости размножения b_j и гибели d_j зависят как от абиотических факторов v (тепло, свет и т. п.), так и от взаимодействия с другими популяциями x :

$$b_j = b_j(v_1, \dots, v_k; x_1, \dots, x_j, \dots, x_n) ;$$

$$d_j = d_j(v_1, \dots, v_k; x_1, \dots, x_j, \dots, x_n) .$$

Обозначив $b_j - d_j = r_j$, получим:

$$dx_j / dt = r_j x_j .$$

Если $r_j = r_0 = \text{const}$ (r_j не зависит от x_j – редкая популяция), то имеем модель Мальтуса, решение которой дается экспонентой $x(t) = x_0 \exp r_0(t - t_0)$ (рис. 2.2.3). Однако более реалистическая модель получается, если считать, что с повышением плотности популяции она сама себя начинает «лимитировать» (β – «тормозящий» коэффициент):

$$r_j = r_0 - \beta x_j. \quad (2.2.2)$$

Модель примет вид

$$\frac{dx}{dt} = r_0 x \left(1 - \frac{x}{K}\right), \quad (2.2.3)$$

где $K = r_0/\beta$ (индекс j отсутствует, так как рассматривается одна популяция). Это так называемое уравнение Ферхюльста, и его решение дается формулой

$$x(t) = K / (1 + ((K - x_0)/x_0) \exp(-r_0(t - t_0)))$$

(см. рис. 2.2.3).

Величина r_0 – *биотический потенциал* популяции (показывает потенциальные возможности роста при отсутствии помех со стороны других популяций и самой себя); K – *экологическая емкость среды*, т. е. тот предел, до которого может расти популяция в заданной экологической нише.

В случае взаимодействующих популяций вместо (2.2.2) будем иметь:

$$\begin{aligned} r_1 &= r_1^0 - \beta_{11}x_1 - \beta_{12}x_2 - \dots - \beta_{1n}x_n; \\ r_2 &= r_2^0 - \beta_{22}x_2 - \beta_{21}x_1 - \beta_{23}x_3 - \dots - \beta_{2n}x_n; \\ &\dots \end{aligned}$$

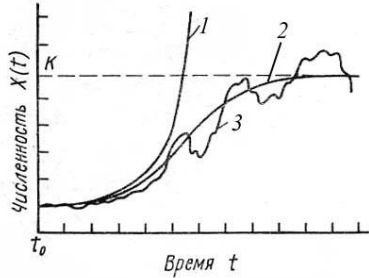


Рис. 2.2.3. Нелимитированный (1), лимитированный (2) и фактически наблюдаемый (3) рост популяций [Федоров, Гильманов, 1980].

$$r_i = r_i^0 - \sum_{j=1}^n \beta_{ij} x_j, \quad i = 1, \dots, n.$$

Тогда модель примет вид:

$$dx_i / dt = (r_i^0 - \sum_{j=1}^n \beta_{ij} x_j) x_i, \quad i = 1, \dots, n. \quad (2.2.4)$$

Если r_i^0 определяет продуктивность i -го вида (по-другому: селективную ценность или биотический потенциал i -го вида), то $\sum_{j=1}^n \beta_{ij} x_j = \bar{E}(t)$ – среднюю продуктивность всей цепи взаимодействующих популяций. Размерность r_i^0 обратно пропорциональна времени релаксации ($[r_i^0] = [1/\tau]$). Следовательно, если $\tau_i \rightarrow 0$, то $r_i^0 \rightarrow \infty$, т. е. тот, кто быстрее размножается, находится в выигрыше.

Рано или поздно наступает селективное равновесие: $\bar{E}(t) \rightarrow \max_i r_i^0$ и $dx_i/dt = 0$. Система уравнений (2.2.4) работает как фильтр, выделяющий информацию (фазовые переменные) с наибольшей ценностью. Чтобы сдвинуться с точки равновесия, необходимо рождение новой информации, новой популяции с $\tilde{r}_i^0 > \max_i r_i^0$.

Коэффициенты β_{ij} учитывают влияние одних популяций (или фазовых переменных) на другие. Причем могут быть разные ситуации: $\beta_{ij} < 0$, $\beta_{ij} = 0$, $\beta_{ij} > 0$. В зависимости от знака β_{ij} в системе могут происходить разные типы взаимодействий, общая классификация которых сводится к следующему.

Запишем систему уравнений в общем виде

$$dx_i / dt = f_i(x_1, \dots, x_n) \quad i = 1, \dots, n.$$

Переменные x_i (популяции) взаимодействуют друг с другом (борются за свет, тепло, пищу и т. д.). Влияние одного вида на скорость изменения других определяется частной производной

$$\left. \frac{\partial f_i}{\partial x_j} \right|_{x_1, \dots, x_n} = c_{ij}(t) = \partial \left(\frac{dx_i}{dt} \right) / \partial x_j \geq 0.$$

При этом тип взаимодействия может меняться со временем.

Если есть n видов, то исчерпывающую характеристику парных взаимодействий дает матрица

$$\begin{pmatrix} c_{11}(t) & c_{12}(t) & \cdots & c_{1n}(t) \\ c_{21}(t) & c_{22}(t) & \cdots & c_{2n}(t) \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ c_{n1}(t) & c_{n2}(t) & \cdots & c_{nn}(t) \end{pmatrix}.$$

Всего известно шесть типов парных взаимодействий (табл. 2.2.1).

Если пользоваться введенной нами терминологией, то нейтрализм характеризует две инфинитные друг другу «предметные области»; аменсализм и комменсализм – частично инфинитные; конкуренция, жертва–эксплуататор и мутуализм – финитные.

Таблица 2.2.1

Типы парных взаимодействий		
Наименование взаимодействия	Тип влияния	
	1-го вида на 2-й	2-го вида на 1-й
Нейтрализм	нейтральное	нейтральное
Аменсализм	отрицательное	нейтральное
Комменсализм	положительное	нейтральное
Конкуренция	отрицательное	отрицательное
Жертва–эксплуататор	положительное	отрицательное
Мутуализм	положительное	положительное

Рассмотренная популяционная модель Лотки–Вольтера известна с 20-х годов XX в. М. Эйген подобной моделью описывал зарождение жизни на Земле (x_i – конкурирующие и объединяющиеся макромолекулы). Ею же описываются и другие процессы, связанные с теорией эволюции Дарвина, например борьба идей в науке.

Рассмотрим две «популяции ученых» (две конкурирующие идеи) с научными («биотическими») потенциалами $r_1 = r_1^0 - \beta_{11}x_1 - \beta_{12}x_2$, $r_2 = r_2^0 - \beta_{22}x_2 - \beta_{21}x_1$. Тогда модель их взаимодействия будет

$$\frac{dx_1}{dt} = r_1^0 x_1 \left(1 - \frac{x_1}{K} - \frac{x_2}{K}\right),$$

$$\frac{dx_2}{dt} = r_2^0 x_2 \left(1 - \frac{x_1}{K} - \frac{x_2}{K}\right)$$

(здесь использована идеализация $\beta_{ij} / r_i^0 = 1/K$; $i, j = 1, 2$; $K = \sum_{i=1}^2 x_i$ –

научная емкость среды, т. е. число ученых, способных воспринимать идеи определенного уровня). Решение этой системы, графически представленное на рис. 2.2.4, приводит к полной победе одной из

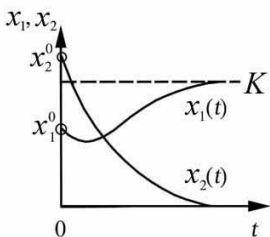


Рис. 2.2.4. Пример конкурентного взаимодействия двух «идей».

идей и к исчезновению другой. Это не совсем хорошо, так как проигравшая в данной ситуации идея при других обстоятельствах может оказаться полезной. Поэтому желательно сохранение хотя бы на какой-то период времени всех, включая неправдоподобные, идеи. Очень поучительна в этом отношении эпопея, связанная с волновой и корпускулярной теориями света, которая закончилась их объединением. Подобное сохранение можно осуществить,

если перейти к вероятностному описанию и изучать эволюцию совместной плотности вероятности $p(x_1, \dots, x_i, \dots)$ ($i = 1, \dots, n$).

Стохастическое обобщение

Запишем нашу систему в виде

$$\dot{x}_i(t) = (\lambda_i - \sum_{l=1}^n \lambda_l x_l(t) / K) x_i(t).$$

Введем в правую часть источник изменений $F_i(t)$ (из инфинитной реальности) – случайный процесс типа белого шума:

$$\overline{F_i(t)F_j(t')} = c_{ij}\delta(t - t').$$

Выполнив стохастическое обобщение, получим вероятностный процесс, подчиняющийся многомерному уравнению ФПК для эволюции совместной плотности вероятности $p(x_1, \dots, x_i, \dots; t)$:

$$\frac{\partial p}{\partial t} = - \sum_{i=1}^n \frac{\partial(A p)}{\partial x_i} + \frac{1}{2} \sum_{j,i=1}^n \frac{\partial(B p)}{\partial x_j \partial x_i}, \quad (2.2.5)$$

где $A = (x_i - \sum_{\ell=1}^n \lambda_{\ell} x_{\ell} / K) x_i$ – коэффициент сноса; $B = c_{ij}$ – коэффициент диффузии.

За счет коэффициента диффузии даже при «победе» одной идеи останутся и все другие для будущей борьбы.

Потенциальные фазовые переменные

Новая фазовая переменная скрыта в самой модели и как-то «пробуждается».

Вернемся к системе популяционных моделей:

$$dx_1 / dt = (r_1 - \beta_{11} x_1 - \beta_{12} x_2) x_1; \quad (2.2.6)$$

$$dx_2 / dt = (r_2 - \beta_{21} x_1 - \beta_{22} x_2) x_2. \quad (2.2.7)$$

В обычных условиях эта система описывает взаимодействие двух популяций x_1 и x_2 . Теперь вспомним, что $r_i = 1/\tau_i$, и пусть $\tau_2 \gg \tau_1$, т. е. селективная ценность у x_2 очень мала ($x_2 \approx \text{const}$, $dx_2/dt \approx 0$, рис. 2.2.5). Тогда $\beta_{12} x_2 \approx \beta_{12} \cdot \text{const} = \text{const}_1$; обозначим $r_1^0 = r_1 - \text{const}_1$. Следовательно, систему (2.2.6), (2.2.7) мы воспринимаем как одно уравнение $dx_1 / dt = (r_1^0 - \beta_{11} x_1) x_1$. Наблюдая за x_1 , мы идентифицируем численные значения r_1^0 и β_{11} . Мы не видим, что за величиной r_1^0

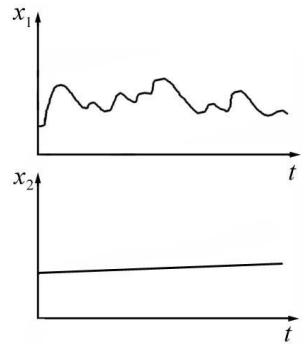


Рис. 2.2.5. Изменение фазовых переменных с различной селективной ценностью.

2. Введение в частично инфинитное моделирование

еще что-то стоит, кроме селективной ценности x_1 (точнее, то, что стоит за r_1^0 , и определяет селективную ценность: уменьшает при $\beta_{12} > 0$, увеличивает при $\beta_{12} < 0$). Фазовая переменная x_2 как бы есть, но она нами не воспринимается как искомая функция. Действительно, запишем уравнение (2.2.7) в конечных разностях:

$$(x_2)_{i+1} = (x_2)_i + (1 - \tau_2 \beta_{21} x_1 - \tau_2 \beta_{22} (x_2)_i) (x_2)_i \Delta t / \tau_2.$$

Если $\Delta t \ll \tau_2$, то $\Delta t / \tau_2 \rightarrow 0$ и $(x_2)_{i+1} = (x_2)_i$. В этом случае x_2 выступает как const, принадлежащая частично инфинитной границе. Но если уравнение $dx_1/dt = (r_1^0 - \beta_{11}x_1)x_1$ потеряет устойчивость ($dx_1/dt > 0$, $x_1 \rightarrow \infty$), то член $\tau_2 \beta_{21} x_1 \rightarrow \infty$ и $(x_2)_{i+1} \neq (x_2)_i$. Величина x_2 «оживает» и начинает влиять на рост фазовой переменной x_1 . Говорят, что они стали жить в одном темпомире.

Фрактальная диагностика

Фрактальные множества и дробные размерности.

Рассмотрим вначале несколько примеров. Если взять лист бумаги, то при нулевой толщине он представляет собой аналог евклидовой плоскости с размерностью, равной двум. Теперь сделаем из него комок, который еще не является сплошным телом, имеющем размерность три. Размерность у него между двумя и тремя. Чем сильнее спрессовать комок, тем ближе его размерность к трем. В подобных случаях говорят, что комок (и похожие «рыхлые» тела) имеет дробную (*фрактальную*) размерность. Так как он располагается в трехмерном пространстве, то говорят, что размерность его *пространства вложения* есть три.

Фрактальная размерность характеризует конкретный объект (в нашем примере – комок бумаги). Она является продуктом факторов влияния на систему (лист бумаги). В данном случае – это сила, с которой мы сжимаем лист. Если очень сильно утрамбовать комок, то его фрактальная размерность увеличится (в пределе – до трех). Следовательно, она характеризует влияние инфинитного окружения (точнее – частично инфинитного взаимодействия с ним).

Теперь рассмотрим временной ряд речного стока, но с точки зрения фрактальной геометрии. На рисунке 2.2.6 изображена линия (од-

номерное многообразие). Однако в первом случае она прямая (евклидова размерность равна единице). А во втором и третьем – это и не прямая уже, но и не плоскость еще (как в четвертом случае). Размерность этой фигуры между единицей и двойкой.

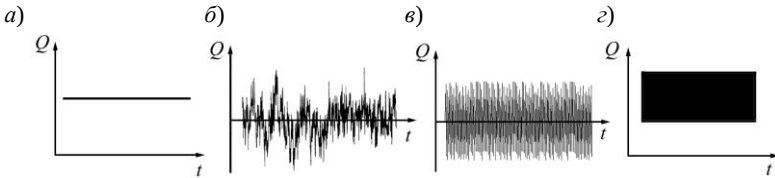


Рис. 2.2.6. Изменение геометрической фрактальной размерности ряда речного стока: $a - 1$; $б - 1, \dots$; $в - 1, \dots (\rightarrow 2)$; $г - 2$.

Во втором случае прослеживается сильная автокоррелированность, а третий – похож на белый шум. Автокоррелированность создается условиями формирования стока (инфинитным окружением). Поэтому в случае белого шума предметная область (процесс формирования стока) фиксирована не очень жестко. Это означает, что географический объект, именуемый речным водосбором, надо описывать (характеризовать) не только стоком, но и, например, биомассой, испарением и т. п.

Если вместо ряда среднегодовых расходов воды представить последовательность частиц («шариков»), то во втором случае они жестко связаны, а в третьем – нет. Таким образом, фрактальная размерность – это характеристика жесткости самого объекта. Если поместить «фигуру», изображенную на рис. 2.2.6, б, не на плоскость, а в пространство («трубу»), то она сохранит свою форму. Следовательно, в пространстве вложения любой размерности объект остается самим собой. В случае, когда «частицы» не связаны (белый шум, молекулы газа), то они пытаются заполнить все пространство вложения.

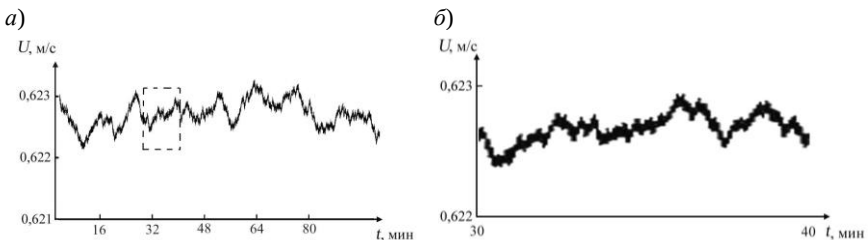


Рис. 2.2.7. Примеры фрактальных множеств: скорости течения, показанные в разных масштабах (a и $б$).

2. Введение в частично инфинитное моделирование

Важным свойством фрактальных объектов является свойство самоподобия, т. е. при масштабировании происходит повторение очертаний фрактала. Пример самоподобного объекта представлен на рис. 2.2.7.

Приведем еще один пример, показывающий, как рассчитать фрактальную размерность геометрического объекта. Рассмотрим береговую линию, у которой, парадоксально, но конечной длины не существует. И это связано с ее фрактальной размерностью (рис. 2.2.8, а). Величина L зависит от раствора циркуля l : если его уменьшать, то L будет стремиться к бесконечности. Длина L определяется выражением $L \approx l \cdot N$, где N показывает, сколько раз прикладывается циркуль. Так как $N \approx (R/l)^D$, то $L \approx l(R/l)^D$. Показатель D и называется фрактальной размерностью. Если она совпадает с топологической ($D = 1$), то приходим к обычному понятию длины гладкой линии $L = l(R/l)^1 = R$. Фрактальные объекты, согласно своему начальному определению, обладают размерностью, строго превышающей топологическую размерность элементов, из которых они построены. Если раствор циркуля $l \rightarrow 0$, то $L = \lim_{l \rightarrow 0} l(R/l)^D = lR^D / l^{1-D} \sim l^{1-D} \rightarrow \infty$ (если $D > 1$). Например, для берегов Англии $D \approx 1,3$.

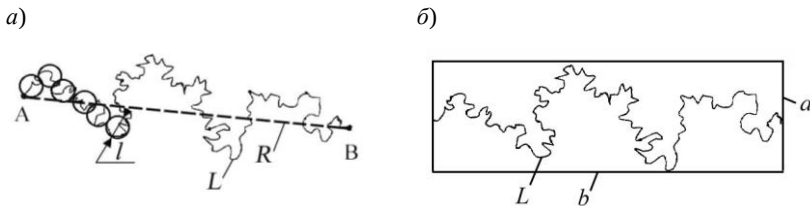


Рис. 2.2.8. Определение длины береговой линии (а) и исключение нефеноменологического парадокса путем расширения фазового пространства.

Накроем береговую линию плоскостью (рис. 2.2.8, б). Если L рассматривать как фазовую переменную, описывающую состояние системы «берег», то она неустойчива ($L \rightarrow \infty$), т. е. оказываемся в условиях нефеноменологического (сущностного) парадокса. В то же время площадь плоской фигуры, в которую вписан берег, конечна ($ab = S < \infty$). Следовательно, если a и b – две новые фазовые переменные, такое описание устойчиво. Парадокс: имеем бесконечную

длину (одномерное фазовое пространство) в конечном (двухфазовом) пространстве.

Типы размерностей.

Объект, который имеет дробную размерность, называется *фракталом* (или *фрактальным множеством*). Приведем примеры фрактальных множеств.

1. Кривая Коха (рис. 2.2.9, *а*). Правило построения этой кривой видно из рисунка. В пределе получим непрерывную, нигде не дифференцируемую самоподобную кривую с фрактальной размерностью между 1 и 2.

2. Множество Кантора (рис. 2.2.9, *б*). Каждый шаг построения удваивает число отрезков, но уменьшает общую длину отрезков до $2/3$ ее величины перед отбрасыванием средней части (фрактальная размерность между 0 и 1).

3. На рис. 2.2.9, *в* представлено более экзотическое фрактальное множество (одно из множеств Ньютона). Примеры самоподобных образований можно приводить бесконечно.

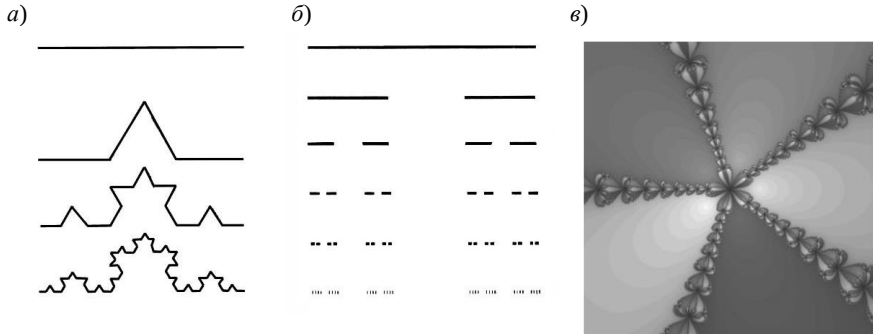


Рис. 2.2.9. Примеры фракталов: *а* – кривая Коха; *б* – «пыль» Кантора; *в* – множество Ньютона («бассейны Ньютона»).

Теперь будем пытаться определить, что такое дробная размерность, и подсчитаем ее для некоторых объектов.

Возьмем пространство R^n . Это прямая ($n = 1$), плоскость ($n = 2$), трехмерное пространство ($n = 3$). Рассмотрим, чему равны длина L , площадь S , объем V «шара» радиуса r : $L = 2r$, $S = \pi r^2$, $V = 4\pi r^3/3$. Обобщив на любую размерность, получим $V_d = \gamma(d)r^d$, где гамма-

функция $\gamma(d)$ равна: 2 (при $d = 1$), π (при $d = 2$), $4\pi/3$ (при $d = 3$). Оказывается, эту формулу можно распространить с натуральных $d = 1, 2, 3, \dots$ на любые неотрицательные вещественные числа. Например, $V_{3/2} = \gamma(3/2)r^{3/2}$. Величина V_d называется d -мерой шара радиуса r в пространстве R^n . Если у нас не шар, а произвольное множество (например, та же береговая линия), то $A \subset R^n$.

Покроем A шарами радиуса ε и просуммируем их объемы. Общий объем (мера A) будет $B_d(A) \sim N(\varepsilon)\gamma(d)\varepsilon^d \sim N(\varepsilon)\varepsilon^d$ [$\gamma(d)$ не играет в дальнейшем роли, $N(\varepsilon)$ – минимальное число шаров для покрытия]. Полагая, что существует конечная мера $B_d(A) \sim C$, получаем $N(\varepsilon) \approx C/\varepsilon^d$. Отсюда следует, что $d \xrightarrow{\varepsilon \rightarrow 0} -\log N(\varepsilon)/\log \varepsilon$. Это – размерность Минковского–Хаусдорфа [Божокин, Паршин, 2000].

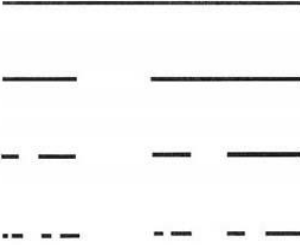
Подсчитаем размерность для кривой Коха. На n -ом шаге итерации получим число отрезков $N_n = 4^n$ (радиус $\varepsilon_n = (1/3)^n$). Поэтому $\dim = d = \log 4 / \log 3 = 1,26185\dots$, т. е. это уже не прямая, но еще и не плоскость. Кривая Коха вложена в плоскость, причем d характеризует степень заполненности плоскости («рыхлости») или степень компактности. Таким образом, дробная размерность фрактала всегда больше топологической размерности элементов фрактала («строительных кирпичей», у нас – прямая, с топологической размерностью, равной единице), но меньше топологической размерности пространства вложения (у нас – плоскость, с топологической размерностью, равной двум).

Для множества Кантора: $N_n = 2^n$, $\varepsilon_n = (1/3)^n$, $d = \log 2 / \log 3 = 0,6092\dots$. Предельный набор точек на рис. 2.2.9, b не имеет длины, т. е. это «больше», чем точка (топологическая размерность – ноль), но еще не дотягивает до линии.

Введенная дробная размерность не характеризует фрактал, если он неоднородный (рис. 2.2.10, *a*). Поэтому в рассмотрение вводят целый спектр подобных размерностей следующим образом. Покроем фрактал (аттрактор) ячейками (рис. 2.2.10, *б*) общим числом $M(\varepsilon)$ $i = 1, 2, \dots, M(\varepsilon)$. Вероятность попадания точки в i -ю ячейку будет $P_i = \lim_{N \rightarrow \infty} (N_i / N)$ (здесь N_i – число точек в i -й ячейке, N – общее число точек). Вводится такой «объект»:

$$D_f = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{1}{f-1} \frac{\ln(\sum_{i=0} P_i^f)}{\ln \varepsilon}, \quad f = 0, 1, 2, \dots$$

a)



б)

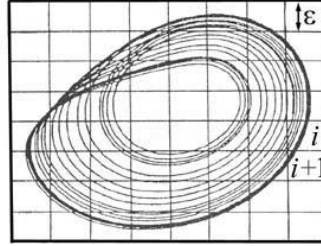


Рис. 2.2.10. Пример неоднородного фрактала (a) – множество Кантора с двумя характерными масштабами длины, (б) – покрытие аттрактора ячейками «радиусом» ε .

При $f \rightarrow 0$

$$d = D_0 = -\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\ln \sum_{i=0}^{M(\varepsilon)} 1}{\ln \varepsilon} = -\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\ln M(\varepsilon)}{\ln \varepsilon},$$

т. е. выходим на наше предыдущее определение размерности Хаусдорфа (или Минковского). При $f \rightarrow 1$

$$D_1 = -\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{-\sum_{i=0}^{M(\varepsilon)} P_i \ln P_i}{\ln \varepsilon},$$

т. е. получаем так называемую *информационную* размерность. Если фрактал однороден, т. е. $\forall i \ P_i = 1/M(\varepsilon)$, то $D_0 = D_1$. При $f = 2$

$$D_2 = -\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\ln(\sum_{i=0}^{M(\varepsilon)} P_i^2)}{\ln \varepsilon}, \quad (2.2.8)$$

т. е. получаем *корреляционную размерность*.

Между размерностями существует иерархия: $D_f \geq D_{f'}$ при $f' > f$, т. е. $D_0 \geq D_1 \geq D_2$. Подобная цепочка неравенств важна, так как на практике легко вычисляется корреляционная размерность D_2 , и она дает оценку размерности Хаусдорфа D_0 .

Физика фракталов с позиций частично инфинитного моделирования.

Рассмотрим механизм возникновения фрактала на примере формирования речного стока. Если на «вход» модели (2.1.1) подать осадки в виде прямоугольного импульса, то решением уравнения будет гладкая кривая $Q(t)$ с целой размерностью (рис. 2.2.11). Запишем уравнение (2.1.1) с помощью подстановки $\tau = W/Q$ (здесь W – емкость среды). Переходя к дискретному времени $T = 1$ год получим

$$Q_{n+1} = F(Q_n) = Q_n (1 + (\dot{X} / Q_0)(1 - Q_n / k\dot{X})), \quad (2.2.9)$$

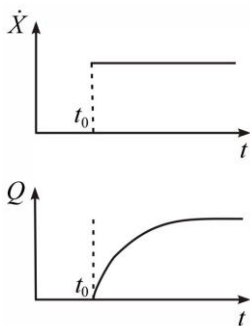


Рис. 2.2.11. Реакция линейной системы на постоянное воздействие с момента t_0 .

где $Q_0 = W/T$. Появляется обратная связь. Величину $\dot{X} / Q_0$ назовем *гидрологическим потенциалом* речного бассейна. В зависимости от значения $\dot{X} / Q_0$ получаются решения, представленные графиками на рис. 2.2.12. Можно получить с помощью нелинейного расширения (см. [Коваленко и др., 2006]) подобной модели и фрактальные структуры (рис. 2.2.13). Для того чтобы подобные структуры получить, потребовалось:

1. Ввести нелинейность.
2. Иметь достаточно большие значения потенциала.
3. Действовать по рекурсивному алгоритму с обратной связью.

Рассмотрим физический смысл фрактальной размерности. Если бы береговая линия L была не фрактальной, то «потянув» за точки A и B , мы получим отрезок прямой с размерностью единица. Но если потянуть за «концы» фрактальную береговую линию или кривую Коха, то при ее растяжении будут самовоспроизводиться ее фрагменты.

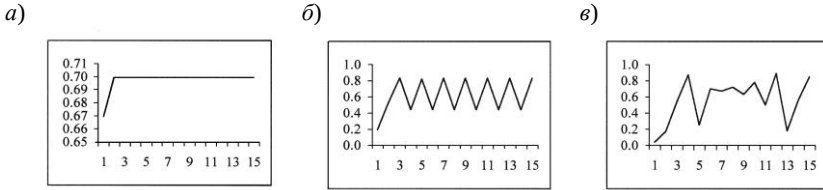


Рис. 2.2.12. Вид решения уравнения (2.2.9) в зависимости от значения гидрологического потенциала (по вертикальной оси отложены значения Q , а по горизонтальной – число итераций): a – 1,9; b – 2,41; v – 2,59.

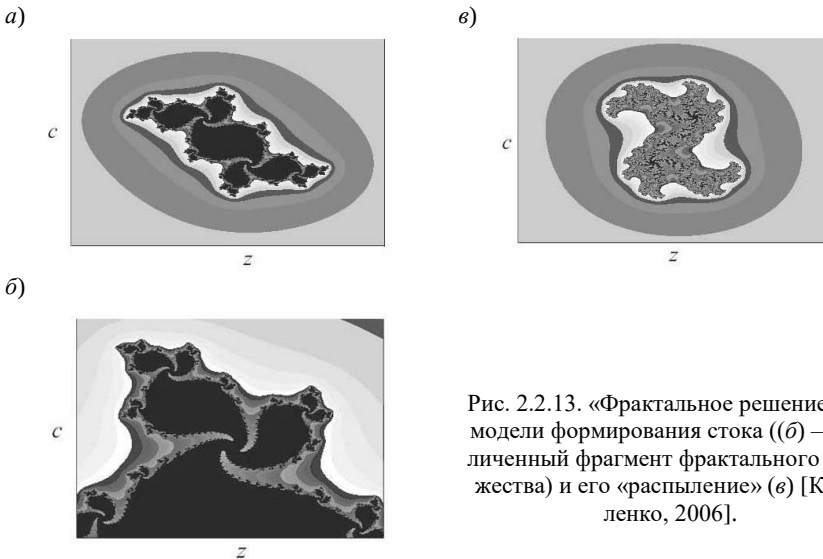


Рис. 2.2.13. «Фрактальное решение» (a) модели формирования стока (b) – увеличенный фрагмент фрактального множества) и его «распыление» (v) [Коваленко, 2006].

Для того чтобы получить фрактал, надо совершить N итераций за время $T = \lim_{N \rightarrow \infty} \Delta t N$, где Δt – время, затрачиваемое на одну итерацию.

Если $\Delta t \neq 0$, то $T \rightarrow \infty$, т. е. фрактальные процессы – нереализуемая математическая абстракция. Если $\Delta t = 0$, то получается, что переход из одного состояния в другое происходит мгновенно без затраты энергии. Таким образом, оказываемся в парадоксальной ситуации логико-негеоцентрического характера. Для того чтобы от этого уйти, надо ресурс измерять не временем. Простой итерацией процесса при фиксированных $\dot{X}$, Q_0 и k фрактальную размерность не изменить. Значит, ресурс для ее изменения (т. е. развития системы) лежит в ин-

2. Введение в частично инфинитное моделирование

финитном окружении, порождающим $\dot{X}$, Q_0 и k , или, на физическом языке, – во фрактальной среде. Именно выжигая ее (увеличивая потенциал $\dot{X}/Q_0$) можно графиком $Q(t)$ заполнить плоскость. Но изменение $\dot{X}$, Q_0 и k – это новая фиксация предметной области. Поэтому гносеологический переходной процесс можно организовать не иначе как жертвуя частью размерности пространства вложения.

Таким образом, частично инфинитная реальность – это питательная среда для роста размерности фрактала.

Методы практического нахождения фрактальной размерности.

С практической точки зрения проще всего определяется корреляционная размерность (2.2.8). Величина P_i – это вероятность попадания точки в i -ю ячейку размером ε ; P_i^2 – вероятность попадания в эту ячейку двух точек; $\sum_{i=0}^{M(\varepsilon)} P_i^2$ – вероятность того, что две произвольные точки лежат внутри ячейки размером ε . Эта сумма есть следующий парный корреляционный интеграл

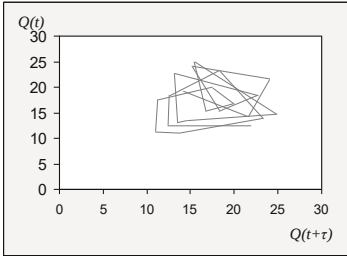
$$C(\varepsilon) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N^2} \sum_{i>j} \Theta(\varepsilon - |\vec{r}_i - \vec{r}_j|) \approx \frac{N^2(\varepsilon)}{N^2}, \quad (2.2.9)$$

где $(\vec{r}_i - \vec{r}_j)$ – расстояние между парами точек ij на траектории $\vec{r}$ рассматриваемой динамической системы (здесь $\Theta = 1$, если $\varepsilon - |\vec{r}_i - \vec{r}_j| \geq 0$; $\Theta = 0$, если $\varepsilon - |\vec{r}_i - \vec{r}_j| < 0$). Таким образом, из (2.2.8) следует, что $C(\varepsilon) = \varepsilon^{D_2}$ или (обозначим $D_2 = d$)

$$d = \ln C(\varepsilon) / \ln(\varepsilon). \quad (2.2.10)$$

При использовании этого метода применяется так называемое *псевдофазовое пространство*. Дело в том, что при изучении той или иной системы обычно неизвестно, сколько фазовых переменных ее описывают. В случае речного бассейна, например, обычно известен только ряд наблюдений за расходом $Q(t)$. Оказывается, что можно построить ряды $Q(t + \tau)$, $Q(t + 2\tau)$, ..., позволяющие, в определенном смысле, получить аналог фазового пространства (рис. 2.2.14).

а)



б)

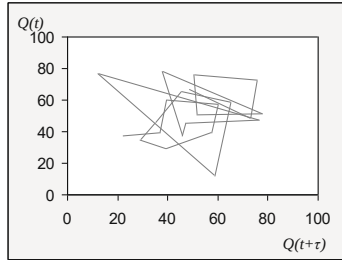


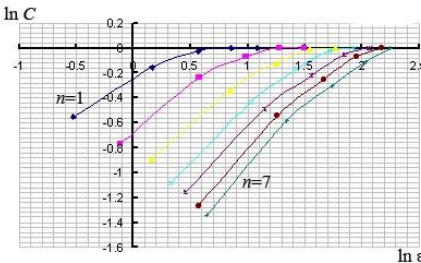
Рис. 2.2.14. Пример фазовых портретов, представляющих в двумерном пространстве эволюцию гидрологического режима за несколько десятилетий: а – р. Капша – д. Ерёмна Гора (1955–1980 гг., $F_{\text{басс}} = 1560 \text{ км}^2$); б – р. Сясь – д. Яхново (1955–1980 гг., $F_{\text{басс}} = 6230 \text{ км}^2$).

Из изложенного вытекает следующий алгоритм:

1. Опираясь на имеющийся ряд расходов, построить функцию (2.2.9) для возрастающих значений размерностей фазового пространства n (рис. 2.2.15, а).

2. Определить «наклон» d по выражению (2.2.10) и построить зависимость $d = f(n)$ (рис. 2.2.15, б).

а)



б)

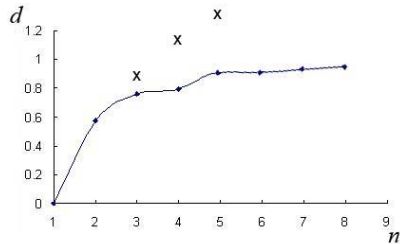


Рис. 2.2.15. Примеры зависимостей $\ln C(\epsilon) = f(\ln \epsilon)$ (а) и $d = f(n)$ (б) для гидрологического ряда зимнего минимального стока р. Кудун – с. Хоринск, $F_{\text{басс}} = 7800 \text{ км}^2$ и для сигнала, соответствующего белому шуму (х).

В нашем примере получилось, что $d = 0,84$. Это характеристика аттрактора, который вкладывается в фазовое пространство двух измерений. Таким образом, формирование стока на данном конкретном водосборе можно описывать системой из двух обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка (пространство вложения равно двум). На рис. 2.2.16, для примера, представлены карты, пока-

2. Введение в частично инфинитное моделирование

зывающие распределение размерностей пространств вложения для годового и минимального 30-суточного зимнего стока.

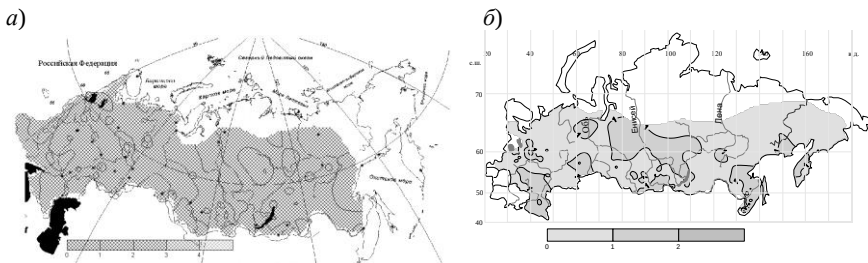


Рис. 2.2.16. Карты распределения размерностей пространства вложения для годового (а) и минимального зимнего 30-суточного стока (б).

Парадоксальность частично инфинитного моделирования

Парадоксальность частично инфинитного моделирования можно обсудить, используя так называемую метамодель развития. Слово метамодель имеет тот смысл, что она как бы обобщенно улавливает основные моменты моделируемой системы, в данном случае связанные с развитием. Из вышеприведенного текста монографии ясно, что развиваться – это превращать константы, которыми фиксируется предметная область, обеспечивая интерфейс с инфинитным окружением, в фазовые переменные. Их число может быть конечным или бесконечным, причем эти бесконечности также могут иметь градации. Для этого в теории множеств используют понятие мощности m (конечная, счетная χ_0 – алеф-нуль, континуум c) (подробно см., [Коваленко, 2015]).

Познавательный ряд онтологии фрактален. В этом ряду нет средств, различающих истину и ложь. Потому что взяты на вооружение только научные (т. е. рациональные) методы общения с реальностью. По-другому – взята на вооружение геоцентрическая логика. Все это можно интерпретировать как логико-негеоцентрический парадокс уже самого процесса познания (или нефеноменологический парадокс частично инфинитного моделирования). Сущность этого парадокса в Глупости (с большой буквы, см. ниже) вопросов, на которые пытается ответить наука. Ликвидировать его возможно только путем выхода за «земные» понятия и обращения к «божественным» (не рациональным) сущностям.

Есть ли у частично инфинитного моделирования своя Глупость?

Зачем нам нужна Глупость? Отвечает проф. В. В. Коваленко.

Глупость нам нужна, чтобы сохранить науку как одну из форм общественного сознания. Прогресс человечества существует, пока оно задает само себе Глупые вопросы и пытается на них ответить (приоритет уважительного отношения к Глупости у Эразма Роттердамского [Роттердамский, 1983]). Действительно, умный вопрос уже на 90 % приводит к умному ответу, т. е. к логико-негеоцентрическому парадоксу (остановке процесса познания – чего еще познавать, если истина найдена?).

Пример Глупого вопроса: познаваем ли мир? Глупость в том, что мир никто и никогда не делал (и не сделает) объектом познания. Познаются только предметные области, т. е. зафиксированные «куски» реальности. Для фиксации объекта познания нужна энергия (включая эмоциональную). Ни у кого нет такой энергии, чтобы зафиксировать предметную область, «состоящую» из «всего мира». А если бы такое было возможно, то пришли бы уже не к негеоцентрическому, а к «невселенскому» парадоксу – что для «мира» является «пространством вложения»? Ведь фиксировать – значит проводить частично инфинитную (фрактальную) границу между чем-то и чем-то. Так вот, между чем? Ведь зафиксирован «весь мир». Но в этой Глупости – наше счастье: наука не останавливается (только не надо путать глупый вопрос с Глупым вопросом).

Как известно, существуют три основные формы общественного сознания:

1. Научная (через рациональные понятия).
2. Религиозно-философская (через «размытые» понятия и веру).
3. Искусство (через интуицию).

Общественное сознание не может саморефлектировать (правильно на себя смотреть «со стороны») в чисто научной форме (приходит к парадоксальности этого процесса). Поэтому оно пытается это сделать через религиозно-философские системы. Наиболее «продвинутыми» в этом отношении являются адвайта-веданта и буддизм (см. [Коваленко, 1994]).

Адвайта-веданта «говорит», что все есть иррациональный шаблон (Абсолют), а любые его конечномерные проекции – иллюзия. Абсолют можно постичь только изнутри, со всех точек зрения, т. е. если слиться с ним в экстазе. Буддизм рассуждает примерно так: позна-

2. Введение в частично инфинитное моделирование

ние – это переход от одной проекции к другой, т. е. это бесконечная смена состояний (иллюзий). Чтобы познать реальность (в буддизме это не Абсолют, а некая шунья-вада), надо выпасть из этого процесса смены состояний (оказаться в нирване). Хотя они враждуют между собой, но родились из одного корня и сходятся в главном: мир – иллюзия (майя) и наука (в том числе и частично инфинитное моделирование) занимается изучением иллюзий, т. е. конечномерных проекций.

Интересно, что сменить одну иллюзию другой можно только войдя в реальность (шаблон). Со стороны нельзя, так как из него нельзя выйти (он везде). Чтобы сменить точку зрения (для получения новой проекции), надо пробить дорогу в иррациональном шаблоне (выжигать его, тратить энергию).

Получается, что оба подхода к действительности парадоксальны. В научном (рациональном) подходе нельзя двигаться вперед (эволюционировать), не прибегая к иррациональным методам (мы натолкнулись на парадокс). В религиозно-философском подходе мы вообще должны застрять в иррациональной нирване, чтобы не возвращаться в иллюзорный мир, в котором родились.

Однако, есть еще одна древнеиндийская система – джайнизма, которая нащупала компромисс между ними. Его цель – освобождение (как и в других древнеиндийских религиозно-философских системах). Но под последним понимают достижение состояния всеведения, не ограниченного какой-либо фиксацией предметной области. Поэтому в джайнизме существует технология познания.

Любая истина относительна и определяется принятой точкой зрения, способом фиксации изучаемой реальности (условиями).

Джайны создали даже некую размытую (или нечеткую, как бы сейчас сказали) логику условных суждений. Всего их семь, но реперных – четыре.

1. «Некоторым образом A есть B ». Например, некоторым образом «частично инфинитное моделирование есть теория», имея в виду, что теория: в понимании авторов и их ближайших родственников, на данном историческом этапе (на другом – она может быть туфтой в их же понимании) и т. п.

2. «Некоторым образом A есть не – B ». Некоторым образом частично инфинитное моделирование не теория, т. е. не теория по понятиям академика Иванова Ивана Ивановича и французской Академии наук, и т. п.

3. «Некоторым образом A есть B , а также есть не $-B$ ». Эта комбинация первых двух суждений создает условия для более или менее объективной оценки изучаемого объекта.

Но настоящим шедевром джайнской логики служит следующее суждение.

4. «Некоторым образом A есть неопишемое». С одной стороны: «Частично инфинитное моделирование – это попытка создать теорию развития, теорию появления нового». С другой стороны: «Частично инфинитное моделирование – это попытка показать, что никакой теории развития, теории появления нового создать невозможно». Но если спросить, что такое на самом деле частично инфинитное моделирование, то честный ответ будет заключаться в следующем: частично инфинитное моделирование не может быть охарактеризовано при данной постановке вопроса. Действительно, что значит «на самом деле»? На каком «деле»?

Все это указывает на то, что познаваемости «вообще» не существует, и есть вопросы, природа которых такова, что они должны остаться без ответа.

Таким образом, познание по джайнам – это ответ на правильно поставленный вопрос, т. е. связанный с правильной фиксацией предметной области (не глупый, по-нашему). Корень же глупого вопроса «вообще» в игнорировании того факта, что природа многогранна и изменчива. Но пренебрежение Глупостью порождает нефеноменологический парадокс: если объект и формы познания относительноны и изменяясь переходят во что-то другое, то возникает вопрос о некой абсолютной реальности (Абсолюте), в которую вливаются реальности относительные. В самой системе джайнов парадокс не разрешить, его сущность – в другой «предметной» области (адвайта-веданте) – там есть место Абсолюту.

Однако адвайта-веданта (как и буддизм) сама парадоксальна: если все относительные реальности – иллюзия, то откуда берется реальность абсолютная (Абсолют или шунья-вада)? Его сущность в джайнизме. Следовательно, религиозно-философский каркас частично инфинитного моделирования – это две инфинитные друг другу «предметные» области (рис. 2.2.17).

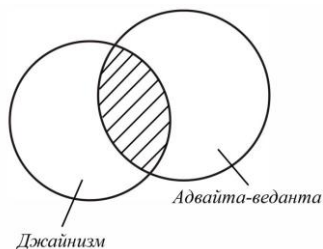


Рис. 2.2.17. Религиозно-философский каркас частично инфинитного моделирования.

Джайнизм позволяет изучать относительную реальность (отвечать на правильные вопросы, т. е. изучать только фиксированные предметные области), а адвайта-веданта тянет к «изучению» Абсолюта (т. е. к ответу на вопрос «вообще») и оставляет возможность частично инфинитному моделированию быть Глупым.

А теперь вернемся к «делу» (штрихованная область на рис. 2.2.17). Должно быть дело, «делая» которое мы одновременно и моделируем, т. е. познаем. Как тут не вспомнить афоризм Софокла: «Чтобы понять что-нибудь, нужно это сделать». Поэтому и можно сказать, что частично инфинитное моделирование не может быть чисто кабинетным занятием, оно предполагает хорошо осознаваемое дело, т. е. предметную область и прямое действие в ней. А действие – это всегда искусство. Поэтому частично инфинитное моделирование – это некий стиль освоения инфинитной реальности, стиль жизни, если хотите. Со своими парадоксами, что важно, так как их наличие исключает претензии на самодостаточность.

3. ЧАСТИЧНО ИНФИНИТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В КОНТЕКСТЕ КВАНТОВОЙ МАГИИ

3.1. «Квантовая магия»

В этом разделе приводятся (в конспективном изложении) сведения о современных взглядах на квантовую механику и эзотерику, представленные в монографиях Доронина С. И., Менского М. Б., Налимова В. В. и Ксендзюка А. П., некоторые из этих сведений созвучны с частично инфинитным моделированием. Понятие «магия» Доронин определяет как «любые процессы или явления в окружающем мире, которые не имеют классического аналога.... противоречат известным законам классической физики и выходят за рамки наших привычных представлений о реальности» [Доронин, 2007]. В некоторое заблуждение вводит слово «квантовая» [Доронин, 2007]: «Мы будем говорить об окружающем всех нас обычном мире – о макром мире, в котором существуем мы сами... и... почему последние достижения квантовой теории способны коренным образом изменить все наши привычные представления...». Это определенный стиль описания действительности, в основе которого лежит представление о том, что материя (включая физические поля) «погружена» в квантовую реальность, рис. 3.1.1 – то, что осмысливается под цифрой (1) на рисунке (классическая или «локальная» реальность вместе с познанными законами ее существования), понимается как «упрощенный вариант существования квантового описания». Центральными понятиями последнего являются *декогеренция* (упрощенный и не совсем правильный вариант этого термина «редукция») и *рекогеренция*. Под декогеренцией понимается процесс нарушения *нелокальности* и уменьшения (квантовой) *запутанности* частей системы из-за взаимодействия ее с окружением. Запутанность (*несепарабельность*) означает невозможность разделить систему на независимые составные части. Рекогеренция – это восстановление (кванто-

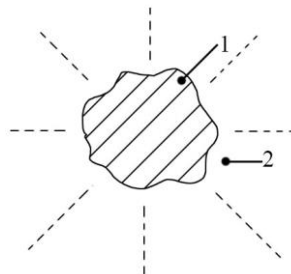


Рис. 3.1.1. Материя и физические поля (1), осмысленные рациональными понятиями, «погружены» в квантовую реальность (2).

вой) запутанности, что возвращает системе нелокальность. Слово «квантовый» берется в кавычки, так как в разд. 3.2 попробуем распространить эти понятия на классическую реальность, чем занимается (хотя и не совсем) частично инфинитное моделирование. Хотя Доронин пишет, что (квантовая) нелокальность не имеет классического аналога, мы посмотрим на этот термин более широко (чем на него смотрят в квантовой механике) и придадим ему «классический» смысл, но совершенно в другом контексте. В основе проявленного (с помощью декогеренции) локального мира квантовый нелокальный источник реальности, находящийся вне пространства и времени.

О запутанных состояниях также говорится, что они не имеют классического аналога (мы этот аналог найдем, разумеется «упростив» квантовую механику (а возможно, что и без «упрощения», если сознание считать ее составной частью). Запутанные состояния являются трансцендентными к классическому миру (где бытие и сознание разделены) и возникают в результате так называемых *квантовых корреляций* (взаимосвязей, не имеющих отношения к классическому миру), когда изменения частей системы сказываются на других частях даже, если они оказались разделенными «бесконечностью».

Степень запутанности имеет количественное описание (меру): ноль, когда локальные части не связаны друг с другом; единица, когда система – неразрывное единое целое. Эта мера зависит от интенсивности взаимодействий частей системы с окружением. При сильном взаимодействии запутанность между частями уменьшается и система «разбивается» на локальные объекты. Доронин приводит поясняющий метафорический пример подобной ситуации. Если у вас есть лист фотобумаги с *непроявленным* изображением, то это «аналог» нелокального состояния. Если фотобумагу проявить (т. е. заставить взаимодействовать с окружением), то появляются видимые («локальные») формы. В стартовой позиции (непроявленная фотобумага) все части потенциального изображения находятся в суперпозиции (основная характеристика нелокального состояния, которая будет рассматриваться ниже), которая при взаимодействии разрушается (декогеренция) и появляется классическое нелокальное состояние, характер которого определяется типом взаимодействия. «При этом (разрушении целостности всей непроявленной системы, т. е. ее развале на части) увеличивается ее запутанность с окружением. Взаимодействие “будто «растаскивает” в разные стороны части того, что раньше было единым целым, придавая им определенную форму, и

они становятся видимыми, различимыми с нашей привычной, классической точки зрения» – пишет Доронин [Доронин, 2007].

Обратный процесс (рекогеренция) – это придание проявленной бумаге первоначальной чистоты (исходное суперпозиционное состояние). Эта чистота приводит к тому, что все части системы (непроявленного изображения) «повязаны» друг с другом: изменение в одной части «чувствуют» все остальные. Этот пример поясняет и характер квантовых корреляций: это не статическая завязка частей, а некий динамический (балансовый) механизм взаимодействия. Есть нечто (запутанность), что лишает части «свободы воли» [Доронин, 2007].

Суперпозиция (это нечто нематериальное) находится в нелокальном (непроявленном) состоянии, пока не встретится с «проявителем» – внешним окружением, способным осуществить редукцию (декогеренцию). Если бытие включает и сознание, то таким проявителем (прибором для декогеренции) является и оно, причем наиболее эффективным, способным не только «проявить», но и кодифицировать проявленные знания.

Для того, чтобы задействовать ресурс (запутанность, «проявитель») нужно выйти за пределы системы (в окружение), наткнуться на «проявитель». Из множества потенциальных картин реальности, заложенных в суперпозиции, декогеренция «вырывает» лишь одну, оставляя другие для возможного проявления. Поэтому можно ситуацию интерпретировать так, что «происходит “свертывание” исходного пространства состояний в пространство состояний меньшего размера, когда исходный вектор состояния, с точки зрения некоторой выделенной подсистемы, делится на две части – на свои собственные (внутренние) и внешние степени свободы» [Доронин, 2007]. Вектор состояния (волновая функция) описывает состояние замкнутой системы (без окружения), поэтому взаимодействие «требуется» привлечение матрицы плотности вероятности.

Декогеренция и обратный ей процесс рекогеренции, восстанавливающий квантовую запутанность, приводит к смене «текущих вариантов реальности» с другой степенью запутанности со своими пространственно-временными метриками, не воспринимаемыми нами и не описываемыми классической физикой. В качестве такой двухсоставной замкнутой системы Доронин приводит суперпозиционное состояние Вселенной и человека, который находится в замкнутом состоянии с окружающим миром. В ней сосуществуют как классические корреляции, формирующие локальный мир, так и квантовые

корреляции, порождающие парадоксы в предметном мире. Эти парадоксы и есть магия, которой можно научиться управлять, выделяя суперпозиционные состояния среди более сильных взаимодействий (декогеренций) предметного мира. На этом умении построены не только эзотерические практики, но и квантовые компьютеры. И это (по мнению автора работы [Доронин, 2007]) – революционный шаг, сделавший квантовый подход к описанию реальности *самодостаточной согласованной* теорией, «включающей классическую физику как частный случай». (Шаг, может быть, революционный, но говорить о самодостаточности чего-либо в нашем мире – это «перебор» и предвестник тупика.)

Еще важный аспект, затрагиваемый в работе [Доронин, 2007], связан с пояснением природы нелокального источника реальности. У Вселенной в целом (Универсума, как пишет автор) нет внешнего окружения (она замкнута, т. е. находится в чистом состоянии и может быть описана одним вектором состояния, все остальные системы открытые и описываются матрицей плотности вероятности, а поэтому ее в целом («всю») познавать (редуцировать) просто некому. В этом непознаваемом качестве она: нелокальна и существует вне пространства и времени (ее некому поместить во «внешнюю» систему координат). Сколько бы не расширялась область 1 на рис. 3.1.1, т. е. какие бы события не развивались «внутри» Вселенной с ее подсистемами, она остается в чистом (замкнутом) состоянии, т. е. это все равно, что в ней ничего не происходит.

Нелокальный источник реальности (когерентная суперпозиция) не материален. Это некое информационное поле (смысловой вакуум по В. В. Налимову – см. [Налимов, 2013]), а полученные из него в результате декогеренции знания в виде классической реальности есть проявление его проекции. Человек для «опредмечивания» себя и окружения (необходимого для выживания) потерял многие свойства запутанных состояний, но приобрел разум и способность мышления, чтобы хорошо ориентироваться в предметном мире. Его мозг при этом фильтрует действительность, отбирая только нужную для выживания человека информацию. Мироощущение человека построено на картинках-проекциях, т. е. шаблонах некоторых сторон действительности, которые помогли ему выжить. Начать смотреть на мир (и его интерпретировать, пополняя знания, как-то по-другому, чем разрешают картинки) он может только, изменив сознание (медитация, религиозный экстаз и т. п.).

Смысл работы М. Б. Менского [Менский, 2011] сводится к одной из интерпретаций квантовой механики, которая приводит к объединению материальной и духовной сфер. В обычной (копенгагговской) ее интерпретации эволюция квантовой системы по уравнению Шредингера сводится к изменению суперпозиции $c_1\Psi_1 + \dots + c_n\Psi_n + \dots$ (здесь Ψ_n – возможные состояния системы, которые реализуются с определенным весом c_n), которая в результате измерения (взаимодействия квантовой системы с макрообъектом – приборами или, более широко, наблюдателем – фильтром) оказывается в *одном конкретном* состоянии, входящем в суперпозицию (все остальные компоненты «исчезают»). Этот эффект редукции состояния был постулирован фон Нейманом, и расчеты с его использованием всегда верны. Казалось бы, на этом можно успокоиться. Но возникают, по крайней мере, два вопроса: 1. Куда делись остальные компоненты суперпозиции после измерения, если «выжила» только одна? 2. Как «вяжется» редукция (явно нелинейная процедура) с линейным характером всей квантовой механики?

Оказалось, что можно обойтись и без редукции. Суперпозиция после измерения остается, но только в виде ее смеси с вектором $\vec{\Phi}_0$, характеризующим состояние макроприбора (окружения): $c_1\Psi_1 + \dots + c_n\Psi_n + \dots \vec{\Phi}_0 \rightarrow c_1\Psi_1\vec{\Phi}_1 + \dots + c_n\Psi_n\vec{\Phi}_n + \dots$ (здесь $\vec{\Phi}_n$ – состояние прибора, которое *интерпретируется наблюдателем* как указание на то, что измеряемая система находится в состоянии Ψ_n). При измерении (взаимодействии микро- и макросистем) происходит «запутывание» (квантовая корреляция между измеряемой системой и окружением). Все компоненты выживают, но «мутируют» в результате *познавательного* акта измерения.

Ключевой вопрос, возникающий в данной ситуации, почему наблюдатель видит только *один* результат измерения Ψ_n ($\equiv c_n\Psi_n\vec{\Phi}_n$) (ведь присутствует суперпозиция $\sum \Psi_n$)? Так устроено сознание наблюдателя: воспринимая одну альтернативу Ψ_n , человек не может (одновременно) воспринимать другие (вернее, их осознавать). Менский отождествляет сознание с возможностью разделения альтернатив (выбор варианта классического мира), интерпретируя последнее как атрибут живой материи. Если мы живем в квантовой реальности (а это «весь» мир), то вынуждены выделять в сознании конкретные

предметные области, чтобы не расплываться на весь непредсказуемый мир, а эволюционировать только в локально предсказуемом (финитном) «куске» мира, существенно независимом от «всего остального». Также действует и наука («научное сознание»), точнее, «нормальная», по Т. Куну [Кун, 2003], наука, живущая в рамках фиксированной парадигмы.

Таким образом, чтобы избавиться от эклектики, связанной с искусственным введением в квантовую механику редукции, надо чтобы она для своей полноты включала сознание, которое разделяет суперпозицию различных классических миров (именно эта суперпозиция объективно представляет квантовую реальность). Суперпозиция – это набор возможностей, который становится доступным в бессознательном состоянии (ведь только сознание их разделяет): медитация, транс и т. д. Мы не будем углубляться в эту линию рассуждений, но именно она приводит к объединенной теории материи и духа. Физически, реально существует только квантовый мир, находящийся в состоянии суперпозиции, а наше сознание создает его классические проекции. Поэтому классического мира вообще объективно не существует, его иллюзии (проекции квантовой реальности) возникают только благодаря сознанию живых существ. В бессознательном состоянии эти иллюзии (фиксированные предметные области) утрачиваются, так как это состояние – атрибут квантовой реальности, представляющей весь мир. А у всего мира, как целого, нет никакого окружения, а значит, нет возможности взаимодействовать, т. е. давать себя измерять (познавать).

Не менее впечатляющую картину эволюции возможной взаимосвязи сознания и материи предлагает В. В. Налимов [Налимов, 2007; Налимов, 2013], пытаясь найти объединяющий их язык на пути геометризации (построения «сверхъединой теории поля, объединяющей семантическое и физическое начала мироздания» [Налимов, 2013]). Он начинает с примеров теоретизации физики через геометризацию.

В квантовой механике появляется «пси-функция, квадрат модуля которой $|\psi|^2$ интерпретируется как плотность вероятности. Но природа вероятностной меры не физическая, а ментальная, следовательно, «вводится представление о некоем универсальном наблюдателе, оценивающем эту меру».

В общей теории относительности фундаментальным является соотношение, связывающее гравитацию (физическую «силу») с кривизной пространства (геометрией), а последняя, вдобавок, еще и динамична.

Вакуум (пространство, свободное от материи в классической физике) из арены физических событий становится их источником. Так почему бы не существовать и семантическому вакууму – источнику смыслов? Смыслы мира «соотнесены с линейным континуумом Кантора – числовой осью μ ... спрессованы так, как спрессованы числа на действительной оси...». Непроявленный Мир – это и есть семантический вакуум. Семантика каждого текста (это «все что угодно»: текст – в буквальном смысле этого слова, «кусоч» осмысленной реальности и т. п.) задается распределением плотности вероятности $p(\mu)$ (это может быть, например, существующая культура, которая представляет «окно» в семантический Мир). Эволюция этого окна требует наличия фильтра $p(y/\mu)$, представляющего собой нечто (освоившее $p(\mu)$), не «удовлетворенное» действующим окном. Это «нечто», мультипликативно взаимодействующее с распределением $p(\mu)$, формирует новую семантику $p(\mu/y)$, в соответствии с формулой Бейеса (выступающей как силлогизм): $p(\mu/y) = k p(\mu) p(y/\mu)$, где k – нормировочная константа. Эта формула позволяет раскрыть очень много: текст с размытым смыслом слов, процесс творчества, смысл «нирваны», вездесущность слабых форм сознания во Вселенной и др. [Налимов, 2013].

Таким образом, для эволюции нужна встреча (взаимодействие) существующего смысла $p(\mu)$ с «наблюдателем», владеющим набором μ ($p(y/\mu)$). Но это не развитие, а переосмысление «старого» (μ) в новом контексте (y). Развитие – это когда μ – векторная величина, и при определенной ситуации (неустойчивости) происходит расширение набора составляющих $\vec{\mu}$.

Следует обратить внимание на то, что в семантическом вакууме «тексты» (нечто выделенное) отсутствуют (так же как в физическом вакууме отсутствуют квантованные поля – «суперпозиции»). Несмотря на схожесть этих двух Миров, семантический Мир не скован фундаментальными константами, что открывает дорогу умоизмерительным спекуляциям, «нащупывающим измерениям», являющимися основой научного творчества. Это «нащупывание» осуществляет

наблюдатель, которого требуют оба Мира в силу их вероятностной организации.

Опишем, например, опыт, приводящий к выводу о модальной неустойчивости, обнаруженной при изучении распределения скорости по глубине $u(h)$. Само слово «опыт» предполагает наблюдателя: того, кто его проводит. Значит, должно быть два его суждения: априорное (до опыта) $p(\mu)$ и апостериорное (после его проведения) $p(\mu/y)$. Надо поставить объект (течение) в такие условия (создать фильтр $p(y/\mu)$), при которых распределение $p(\mu)$ (прогиба эпюры нет) отличалось бы от $p(\mu/y)$ (прогиб – неустойчивость – есть). Этим условием (окном) в нашем случае явилось наличие низкочастотных колебаний гидравлического происхождения (без них эпюра строго выпукла). Конечно, это слишком общий подход и, тем не менее, он срабатывает.

Таковыми же общими рассуждениями с использованием метафоры «суперпозиция» можно описать действие самого генератора. Введение в гидравлику зависимости сопротивлений от ускорения $\lambda(U)$ приводит к тому, что вместо «сил инерции» имеем «суперпозицию» $(1 - \gamma(\omega)\lambda)dU/dt$ (см. раздел 1.1). Если наблюдатель не создает «фильтр» для проявления компоненты $\gamma(\omega)\lambda dU/dt$, то он никогда и не увидит в потоке низкочастотные колебания. Этим фильтром (окном) является возможность непрерывного измерения скорости (пусть даже в одной точке живого сечения). Исторически этот фильтр появился «спонтанно» (явление низкочастотных колебаний было открыто не целенаправленно, а случайно). Но для создания физической теории (выявления закономерности появления подобных колебаний) «окно» надо было расширить: «погрузить» наблюдаемую реальность этого явления в семантическую среду другого наблюдателя (y_1), способного перестроить классическую гидравлику на «новый лад». Эти два открытия (самого явления и закономерности его наступления) ничего нового в «квантовую реальность» не принесли (обсуждаемая суперпозиция объективно существовала всегда, «не интересуясь» наличием окон для своего наблюдения). Но в том-то все и дело, что мы этот мир воспринимаем субъективно, через фильтры (окна), и по этим наблюдениям создаем рациональные (финитные) структуры, объясняющие «увиденное» в контексте уже освоенного.

Насколько в действительности спонтанно и случайно появляются фильтры (окна) или, по-другому, откуда возникают вопросы к существующим рациональным построениям $p(\mu)$? Только из инфинитной (не освоенной еще рационально) реальности через окна в частично инфинитной границе. Надо находиться *над* этой границей одной ногой в финитной (рационализированной), а другой – в инфинитной (иррациональной) реальностях, иметь доступ к ученому незнанию (знанию о своем незнании, в духе Н. Кузанского [Кузанский, 2001]). Частично инфинитная граница и есть этот генератор фильтров (окон). На ней, конечно, можно оказаться и случайно (спонтанно); бывает и такое, но не может ученик второго класса «случайно» задать вопрос в духе фильтра $p(y/\mu)$: « μ » им еще не освоена. А специалист в своей области – может, но для этого он должен оказаться в «тупике», требующем выхода (нового знания). Тупик – это неспособность существующего знания $p(\mu)$ ответить на те или иные вызовы (математически это может быть возникновение ситуации, когда решения общепринятых моделей реальности оказываются неустойчивыми или, например, «толстый (тяжелый) хвост» у $p(\mu)$ не дает возможности сделать надежно однозначный выбор, осмысливающий реальность). Вопросы задает осознающее свое незнание сознание, а ответы на них приходят от «бессознательного» семантического вакуума (сознание в условиях неустойчивости раскупоривает бессознательное, переводя возможное в действительное). А если признать семантическую природу числа, то числовые константы, определяющие физический мир, просто в него «вмонтированы». Именно такой ситуации, во многом, обязана своим появлением частично инфинитная гидрология.

Назовем участки, на которых ординаты функции $p(\mu)$ равны (близки) нулю, «черными дырами», а участки, на которых $\partial p(\mu)/\partial \mu \rightarrow 0$ при конечном μ , «серыми дырами». Классическая гидрология появилась благодаря ликвидации черных дыр, а частично инфинитная – серых. Действительно, пока не существовало статистики, не было и понятия «обеспеченного расхода». Это равносильно тому, что довольствовались (интуитивно) равномерным распределением, ограниченным справа и слева наибольшим $Q_{\max}$ и наименьшим $Q_{\min}$ наблюдаемыми значениями расхода (уровня), рис. 3.1.2, а. С появлением теории вероятностей и формированием рядов наблюдений

за стоком стали строить асимметричные распределения в трехмоментном приближении, обеспечивающем выполнение условия $p(Q) \rightarrow 0$ при $Q \rightarrow \infty$ (кривые Пирсона III типа и кривые Крицкого–Менкеля, рис. 3.1.2, б). По мере накопления данных о стоке обратили внимание на возможность появления «толстых хвостов» (рис. 3.1.2, б – штриховая линия), затрудняющих однозначный выбор обеспеченного проектного расхода. Появился «тупик» (неустойчивость моментов распределения), который в частично инфинитной гидрологии преодолевается путем «размазывания» толстого хвоста по вновь вводимым фазовым переменным (рис. 3.1.2, в). Или, метафорично в тер-

минах квантовой механики, путем учета дополнительных компонент в суперпозиции. «Серая дыра» на хвосте была ликвидирована, однако позже [Коваленко, 2014] очередная «дыра» обнаружена в районе моды: $\partial p / \partial Q = 0$, $\partial^2 p / \partial Q^2 > 0$ (рис. 3.1.2, з). Логично предположить, что подобные «дыры» будут и в многомерных распределениях $p(Q, E)$ и $u(h, b)$, где b – ширина реки. И «виновато» в этих «дырах» вихревое (винтовое) движение потоков («материальных» – воды или «идеальных» – вероятности).

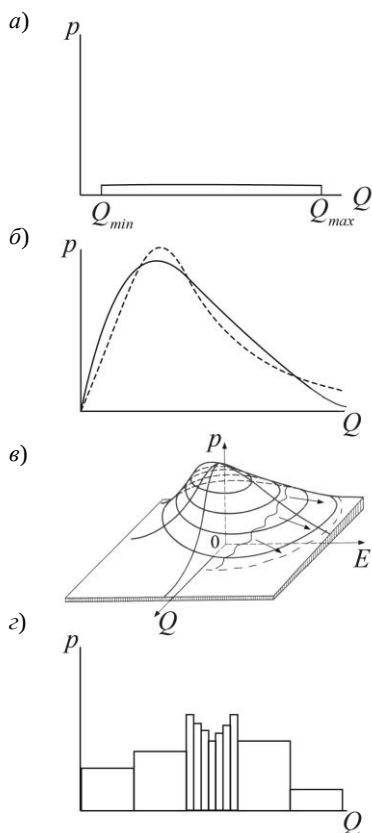


Рис. 3.1.2. К появлению и ликвидации «черных и серых дыр».

Нелокальность.

Понятие «нелокальности» фактически автоматически следует из понятия «единого квантового состояния», описываемого общей волновой функцией квантовых объектов. Это единое целое и между ее частями существует нелокальная связь. Наглядно ситуацию поясняет рис. 3.1.3. Электрон

(волновой пакет), столкнувшись с препятствием, разделяется на два облака (но эти облака – единое целое) и фиксация (измерение) электрона в точке *A* приводит к редукции этого единого целого, т. е. к исчезновению облака в точке *B*.

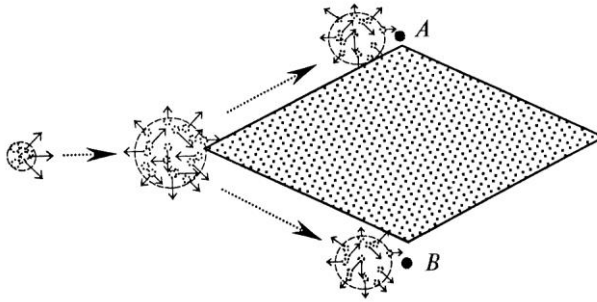


Рис. 3.1.3. К пояснению нелокальности [Янчилин, 2007].

Для дальнейших рассуждений надо вернуться к вопросу о творческой деятельности человека. А точнее – социальной среды. Что является ее гарантией, ее информационным обеспечением? Если под творчеством понимать появление чего-то абсолютно нового, то гарантий нет. Но давайте посмотрим кто «творит» конкретно? Сознание, т. е. по Менскому, редукция. Если в классической физике сознание только оценивало реальность, то теперь оно ее создает с помощью редукции, т. е. выявления определенности из волнового пакета потенциальных возможностей. Создает, руководствуясь уже освоенными возможностями, логическая структура которых зарекомендовала себя как хороший прогнозист, способствующий выживанию в мире материальных иллюзий. И этот, выделенный историческим развитием, самосогласованный набор возможностей (т. е. сознание, способное к неформальной редукции) активно участвует в «творческом» выборе новых возможностей. Да, оно в момент выбора частично отключается (а точнее, вливается в квантовый мир), но выбранная с помощью редукции (т. е. набора ограничений) квантовая альтернатива должна быть в вероятностном смысле согласована с существующим материальным (иллюзорным) миром. Так что выход в нелокальный квантовый (инфинитный) мир обусловлен степенью развития сознания (т. е. финитной его проекцией). Таким образом, для творчества (выхода в нелокальность) нужен транс любому носителю сознания

ния, но характер редукции зависит от того, кто редуцирует (проектирует) квантовую реальность на экран иллюзорного мира: для гимназиста это может быть детская фантазия, а для Менделеева – периодическая система химических элементов. Транс – это выход на частично инфинитную границу, т. е. на край многообразия того или иного сознания. Таким образом, выход детерминирован как всей предысторией иллюзорного мира, так и степенью развитости носителя сознания. Следовательно, процесс творчества канализирован: когда-то на заре цивилизации человечеству для выживания было выгодно встать на путь технологического развития, теперь с этого пути уже не свернуть.

Говоря о нелокальности, мы сейчас попытались употребить термины частично инфинитного моделирования, но можно на ситуацию посмотреть и с точки зрения американского оккультиста антрополога Карлоса Кастанеды, в основе которой лежит учение индейского мага дона Хуана Матуса (основные идеи см. в книге А. Никонова [Никонов, 2008], а с подробным изложением можно познакомиться по работе [Ксендзюк, 1994]). Основное в этом учении состоит в следующем. *Тональ* – это то, что мы знаем о мире и можем называть, используя уже известные понятия (финитная реальность в нашей терминологии). *Нагваль* (в другой транскрипции – нагуаль) – это часть мироздания, которая нами ментально не освоена (инфинитная реальность) – нет еще понятий для ее описания. Тональ – мир классической физики, мир действительности, нагваль – квантовый мир, мир возможностей. Он линеен и далек от внутреннего эмерджентного мира наблюдателя, закованного редукционным шаблоном, превращающим возможность в действительность. Однобокую и иллюзорную, но помогающую выживать в мире освоенных понятий, т. е. в рамках нашего тоналя. А. Никонов уловил механизм управления творческой деятельностью: «... тональ жестко ограничивает нашу подвижность, одновременно является лестницей, по которой мы лезем вверх».

3.2. Пересечения понятий квантовой магии и частично инфинитного моделирования

В этом разделе попытаемся выявить возможные параллели между понятиями двух рассматриваемых предметных областей: квантовой

магии и частично инфинитного моделирования. И даже не столько между понятиями, сколько между методологиями действия в этих областях, а еще точнее – между стилями мышления. В этих стилях следует ожидать общие черты, так как декогеренции можно придать достаточно широкий смысл: это встреча семантического вакуума (когерентной суперпозиции, непознанной инфинитной реальности) с фильтром, классическим объектом, «прибором», сознанием (с финитной реальностью).

Первое понятие, которое можно синхронизировать – это запутанность, за которой находятся и другие ключевые понятия квантовой магии. Оно действительно «трансцендентно» (как пишет Доронин) к классическому миру, в котором сознание и бытие «ортогональны» друг другу. Но давно делаются попытки снять это противопоставление. Последовательно деструкцию онтологии, основанную на подобном «взаимодействии» субъекта и объекта (сознания и бытия), осуществил М. Хайдеггер (см. [Хайдеггер, 1997]; рассмотрение его философии, ведущей к метаморфозу понятий частично инфинитной гидрологии см. [Коваленко, 2015]). Запутанное состояние возникает в результате нелокальных квантовых корреляций. Но если сознание и бытие в определенном смысле элементы квантовой реальности, то квантово коррелируют и понятия, подпитываемые общей онтологией в качестве ресурсной базы. Например, оставаясь в рамках онтологии марковских случайных процессов, можно манипулировать способом задания интенсивности мультипликативного шума, вызывающего неустойчивость моментов (вплоть до его полного исключения, перебрасывая шумы в аддитивную составляющую математической модели).

Запутанное «классическое» состояние можно сформировать, задавая тот или иной тип взаимодействия с помощью либо эволюционных уравнений, рассмотренных в разд. 2.2, либо даже при нейтральном типе взаимодействия с помощью коррелирующих шумов, либо взяв две локальные «независимые» системы под контроль одних и тех же ресурсов (например внешнего воздействия).

Первый случай может быть реализован, например, такой моделью для стока (Q), испарения (E) и суммарного изменения влагозапасов (ΔU) в речном бассейне [Коваленко, 2009]:

$$\frac{dQ}{dt} = \left(\frac{\dot{X}}{W_Q} - \frac{Q + E + \Delta U}{W_Q} \right) Q; \quad (3.2.1)$$

$$\frac{dE}{dt} = \left(\frac{\dot{X}}{W_E} - \frac{Q + E + \Delta U}{W_E} \right) E ; \quad (3.2.2)$$

$$\frac{d\Delta U}{dt} = (\dot{X} - Q - E - c \operatorname{sign}(\dot{X} - Q - E)) / \tau_{\Delta U} , \quad (3.2.3)$$

где W_Q и W_E – емкости стоковой и испарительной сред; $\operatorname{sign}(\Delta U)$ – знаковая функция (+1 при $\Delta U > 0$, -1 при $\Delta U < 0$); $\tau_{\Delta U}$ – время релаксации почвогрунтовой емкости; параметр c можно интерпретировать как скорость насыщения (или водоотдачи) почвогрунтов.

Знак переменной ΔU определяется величиной $\dot{X} - Q - E$. Если поступающие в бассейн ресурсы больше ($\dot{X} - Q - E > 0$), то $\Delta U > 0$; в противном случае $\Delta U < 0$. Поэтому почвогрунты играют роль своеобразной релейной защиты, следящей системы. Все три фазовые переменные повязаны взаимодействием (расход и испарение конкурентным типом).

Второй случай реализуется, когда сток и испарение моделируются линейными формирующими фильтрами, между шумами которых имеется корреляция.

Третий случай имеет место даже при отсутствии подобных корреляций, но когда для стока и испарения задается общий ресурс в виде осадков и каждой из переменных (Q и E) выделяется фиксированная доля (с помощью коэффициентов стока и испарения) этих ресурсов. Увеличенное потребление осадков стоком автоматически уменьшает их долю, идущую на испарение. Получается, что сток и испарение «чувствуют» друг друга, хотя в рамках линейных фильтров и не взаимодействуют непосредственно.

При сильном взаимодействии стока с окружением (осадками, а аддитивно с температурой – через коэффициент стока) и игнорированием испарения (коэффициент стока фиксированный) и изменения влагозапасов запутанность между Q , E и ΔU (частями общей системы формирования гидрометеорологического режима бассейна) уменьшается, и эта самая система может быть разбита на локальные объекты (линейные формирующие фильтры для Q , E и ΔU (в случае ΔU дополнительно требуется статистическая линеаризация)).

Если вернуться к примеру с «проявителем», рассмотренным в разд. 3.1, то «непроявленным изображением» будет система (3.2.1) – (3.2.3) – аналог нелокального состояния. В роли «проявителя» выступает сознание гидролога и гидрометеорологическая сеть наблюдений, которая на сегодняшний день надежно локализует только фильтр для расхода (стандартных круглогодичных наблюдений за испарением и, тем более, за величиной ΔU не ведется и они могут идентифицироваться только косвенными способами). Таким образом, характер декогеренции зависит от эрудиции (знания) познающего сознания, состава и частоты наблюдений на гидрометсети (т. е. качества «проявителя»). Декогеренция привела к достаточно надежной («видимой») идентификации расходной (стоковой) части водного баланса речных бассейнов и появлению нормативных документов по оценке многолетних видов речного стока (СНиП, СП).

Обратный процесс (рекогеренция – на метафорическом языке раздела 3.1 – «предание бумаге первоначальной чистоты») в нашем случае заключается в том, что, «наткнувшись» (при практическом применении модели линейного формирующего фильтра для расхода) на тупики (например, неустойчивость решений системы для начальных моментов), надо модель усложнять, расширяя ее фазовое пространство за счет включения в рассмотрение испарения и величины влагозапасов (а может быть и других переменных при переходе к месячным и декадным балансам). Это усложнение («запутывание» даже на языке классической гидрологии) в терминах квантовой механики означает возвращение ситуации в первоначальное суперпозиционное состояние. Что это за состояние мы, конечно, не знаем (это «знает» семантический вакуум Налимова), но что-то похожее может дать многомерное уравнение ФПК:

$$\frac{\partial p(\vec{x}, t)}{\partial t} = - \sum_{i=1}^n \frac{\partial}{\partial x_i} [A_i(\vec{x}, t) p(\vec{x}, t)] + \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^n \frac{\partial^2}{\partial x_i \partial x_j} [B_{ij}(\vec{x}, t) p(\vec{x}, t)], \quad (3.2.4)$$

где $\vec{x} = (Q, E, \Delta U, \dots)$.

Характерная черта уравнения (3.2.4) – его линейность (как у суперпозиции). Эволюция знаний (в нашем случае – гидрологических) сводится (в рамках модели (3.2.4)) к добавлению очередных слагаемых сумм в правой части. Если теоретическое знание сопоставить с генотипом, а научную практику с фенотипом, то увеличения n

(усложнения генотипа, если в этом возникает необходимость) мутаций, в виде новых, навязываемых нашим сознанием, понятий (фазовых переменных) должны быть проверены на практике. Эффективность научного фенотипа в новой предметной области должна быть доказана. Существующий геном для своей устойчивости в новых предметных областях должен постоянно совершенствоваться, выбирая из популяций идей наиболее эффективную для доступа к новым сферам реальности. Наука (как сознание социума) развивается в конечном итоге только через действие (встречи классического объекта с «суперпозицией»). В научном языке (генофонде) генерирование мутаций (концептуальные нововведения) происходят через образование метафор, т. е. через *нелинейность*, что не очень совместимо с линейным характером уравнения (3.2.4). Поэтому последнее просто констатирует расширение знаний (увеличение n), добавляя их к уже существующим. Причем новые знания (мутации) не должны приводить к нарушению уже сложившихся структур (иначе они отсеиваются отбором). И тем не менее, «тень» вновь появляющихся фазовых переменных уже сидит в коэффициентах модели (3.2.4), которые осуществляют интерфейс с новыми сферами реальности. Так что «раскупоривание» семантического вакуума канализировано предшествующим ходом эволюции (в том числе гидрологической), а умозрительная рекогеренция (развитие моделей) контролируется существующей практикой (их эффективностью при решении практических задач).

Идея Налимова о семантическом вакууме может быть интерпретирована (для примера, связанного с уравнением (3.2.4)) следующим образом. В этом вакууме содержится это уравнение с $n \rightarrow \infty$ (или очень «большим», таким, чтобы оно описывало все возможные варианты $p(\vec{x})$). В вакуумном варианте времени нет, оно появляется только при декогеренции, т. е. при проявлении каких-то слагаемых сумм в (3.2.4) в классической (финитной) реальности. В вакууме k и τ для фазовых переменных таковы, что соответствующие им слагаемые сумм нулевые ($k = 0$, либо $\tau \rightarrow \infty$). Декогеренция нарушает условия в скобках и пробуждает ту или иную фазовую переменную. Например, если в случае одномерного уравнения ФПК для $p(Q)$ система уравнений для начальных моментов теряет устойчивость, то одним из способов получения устойчивых решений является «подключение» испарения, т. е. переход к двумерной модели ФПК. Расширенная модель более устойчива к вариациям окружения (см.

[Коваленко, 2009]). Сток и испарение вынуждены «запутываться», так как по одиночке «не прожить». В данном примере хорошо иллюстрируются понятия сепарабельности и несепарабельности. В физико-географических условиях, где локальные (разделенные) описания стока и испарения с помощью системы для моментов неустойчивы (не действует классический принцип сепарабельности по фазовым переменным), действует принцип несепарабельности (невозможность моделировать сток системой уравнений для моментов без учета испарения). В общем случае речной бассейн (в рамках модели ФПК) может быть сепарабельным по стоку и испарению и несепарабельным по ΔU .

Если мы работаем не с генетическими моделями, приводящими к вероятностным распределениям, а непосредственно с рядами измеренных расходов, т. е. рассматриваем бассейн как «замкнутый» (точку, не имеющую модели с пространственно-временными координатами), то имеем одну внутреннюю спиновую степень свободы (эмпирическое распределение $p(Q)$, построенное по ряду декогеренций). Вопрос о неустойчивости в данной ситуации просто не возникает, пока мы «точку» не превратим в систему с моделью, чувствующей, что бассейн (точка) не один в этом мире. Этот пример отражает аналогичную ситуацию с уравнением Пирсона, в котором физико-географический смысл коэффициентов a , b_0 , b_1 , b_2 не раскрыт и, когда их задаем с помощью формул (разд. 1.2).

Уравнение ФПК совмещает два уровня реальности: «плотный» (классический) мир и «квантовый ореол». Первый – представлен динамическим ядром модели, в основе которой система обыкновенных уравнений типа (3.2.1) – (3.2.3), второй – ореолом шумов с интенсивностями $G_{\tilde{\epsilon}}$, $G_{\tilde{N}}$, $G_{\tilde{\epsilon N}}$.

Перевернутая потенциальная функция динамического ядра является основной кривой плотности вероятности, а «квантовое» (шумящее) окружение (за которым стоит инфинитная реальность, если речь идет о распределении $p(Q)$, – это испарение, температура, влагозапасы в почвогрунтах и т. п.) размывает эту потенциальную основу распределения. Это приводит к разным типам распределений из класса Пирсона (вплоть до «антагонистических»), а то и вообще разрушает весь класс распределений, если дело доходит до такой степени интенсивности шумов, что неустойчивым становится не только старшие моменты, но и математическое ожидание.

В разд. 2.1 проводится мысль о том, что, так как у Универсума нет внешнего окружения, то он замкнут и находится в чистом состоянии, а поэтому редуцировать (познавать) его в целом (т. е. помещая во внешнюю систему координат) некому. Любое развитие событий «внутри» не дополняет новых знаний. Для частично инфинитного моделирования это означает, что никакое расширение финитной реальности не уменьшает реальности инфинитной (см. рис. 3.1.1). Если гидролог хочет замкнуться только на речном бассейне (а точнее – на рядах стока, как это делалось в СНИПах и делается сейчас в СП), т. е. сделать водосбор «Универсумом», то бассейн становится непознаваемым (в целом). Хотя «внутри» рядов стока декогеренция (процесс рационализации, приобретения знаний) может проводиться. Все нововведения в нормативные документы за все время их существования были связаны именно с этим (введение в рассмотрение внутрирядной корреляции, «усечение» рядов и т. п.). Замкнутость бассейнов от внешнего мира (т. е. работа, в основном, только по фактическим рядам), конечно, тормозит развитие гидрологии.

Этот «гидрологический Абсолют» в виде ряда расходов принес гидрологии огромную пользу (так же как и теория Ньютона – всей человеческой цивилизации), но он же стал тормозом на пути ее развития. Делаются попытки (по крайней мере могут делаться), правда пока словесные, использовать побочный продукт моделирования общей циркуляции атмосферы, на основе которого и создаются климатические сценарии, для формирования рядов расходов, с которыми потом обходиться как и с фактическими рядами наблюдений, подвергая их статистической обработке. Это в принципе возможно, но надо преодолеть следующие препятствия:

1. Общие модели циркуляции атмосферы (МОЦА), работая с дискретностью три часа дают очень детальную, и заведомо неверную информацию о речном стоке. Работая на довольно разреженной пространственной сетке, они (модели) не привязываются к гидрологическим створам (это и невозможно сделать по практическим соображениям), а привязаны к узлам сетки. Для моделирования атмосферной циркуляции важно испарение, а сток – это некие абстрактные «потери» (также как для гидрологов «потерей» является испарение). Правда, притягивая эти «потери» в узлах сетки к графу речной системы можно делать определенное сравнение с данными фактических наблюдений за стоком. Но если говорить о многолетнем стоке (основной объект интереса в СП 33-101-2003), то можно представить

объем работы по подобному «притягиванию» и характер возможных погрешностей.

2. Даже, если подобное «притягивание» провести по всем действующим створам, а погрешности уравнивания с фактическими (ретроспективными) данными по расходам окажутся в разумных пределах, сгенерированные на несколько десятилетий вперед ряды стока оказываются нестационарными (по математическому ожиданию и дисперсии, судя по аналогичным прогнозным (опубликованным) рядам осадков, температуры и других гидрометеохарактеристик). Даже, если предположить применение какой-либо методики к обработке этих нестационарных рядов (а это не случайный ряд, а, в лучшем случае, его реализация, т. е. детерминированный процесс), то возникает проблема оценки достоверности подобной сценарной оценки.

В методологии, основанной на применении модели ФПК, этих проблем не возникает.

1) По фактическим данным выполняется параметризация стационарного варианта модели для начальных моментов (1.2.7) с использованием, например, карты – приложения к СНиПу 2.01.14-83 [СНиП, 1985], в которых представлены расчетные характеристики, соответствующие стационарному случайному процессу (т. е. на первом этапе решается обратная задача для системы (1.2.7)).

2) В модель (1.2.7) подставляются сценарные климатические характеристики (осадки, температура приземного воздуха) и решается прямая задача: вычисляются моменты, по ним строятся прогнозные гидрологические карты и сравниваются с фактическими для выявления зон статистически значимых различий сценарных и фактических характеристик.

Перед этими расчетами необходимо проверить работоспособность модели на ретроспективном материале, содержащем данные для разных периодов водности (маловодные и многоводные). Методология, связанная с использованием модели ФПК, прошла многолетнюю апробацию по всему Земному шару (в десятках стран). Тем не менее рассмотренный вопрос, связанный с применением МОЦА, имеет смысл, если попробовать его реализовать, хотя бы в небольшом региональном масштабе. Его апробация «втягивает» гидрологию (с ее «абсолютом» в виде ряда расхода) в орбиту гидрометеорологии (и современных методов моделирования [Суперкомпьютерное моделирование ..., 2012]), т. е. делает ее открытой, а значит более доступной к развитию.

Гидролог, чтобы делать научные открытия, должен перестать мыслить шаблонами, которые построены на собственных, внутрибассейновых степенях свободы в виде фактических рядов наблюдений (хотя они тоже нужны). Не из-за того, что шаблоны «врут», а из-за того, что они сужают широту восприятия гидрометеорологических процессов. Надо перейти в запутанное, с окружающей бассейн реальностью, состояние и рекогерировать. Более того, возникает необходимость во многих случаях отказаться от работы с одним линейным формирующим фильтром, взяв за динамическое ядро многомерного уравнения ФПК систему дифференциальных уравнений для эволюции стока, испарения и влагозапасов.

В связи с термином «запутанность», с которого был начат данный раздел, и ее мерой (в узком понимании квантовой механики) встает вопрос о ее аналоге в макромире. Из рассмотрения разд. 2.2 с очевидностью следует, что таким аналогом является фрактальная размерность, которая позволяет выявить число «друзей» у любой фазовой переменной доступной непосредственному измерению.

В табл. 3.2.1 представлены реальные, мнимые и умозрительные пересечения понятий «квантовой магии» и частично инфинитного моделирования.

Сопоставление квантовой механики и какого-то частично инфинитного моделирования может казаться неправомерным, пока мы не осознаем, что:

1) Понятие «квантовая механика» трактуется в широком, нетрадиционном смысле слова и охватывает не только микро-, но и макромир. Классический мир, изучаемый наукой, рассматривается только как частный (предельный) случай, подчиняющийся общим закономерностям.

2) Расширение термина «квантовая механика» касается не только «размеров», но и переосмысления слова «материальный». Грань между традиционными понятиями «бытие и сознание» стирается: все это единая квантовая локальная и нелокальная реальность, а предметное бытие – иллюзия (в каком бы смысле не употреблялся этот термин).

На ситуацию смешения двух реальностей (предметного мира и квантовой нелокальности) можно посмотреть и с другой точки зрения. Пусть это разные миры, как, например, совершенно разными бывают деревья (даже одного вида). Но если речь идет не о конкретной ситуации (каким деревом лучше топить печку: березой или сос-

ной), а о каких-то общих проблемах, то мы вообще можем не употреблять слова береза или сосна, и даже слово дерево, а пользоваться более общим понятием, например – теплоноситель (это может быть и дерево, и торф, и уголь и т. д.). И тогда речь должна идти о методах («методологиях») использования этого «средства отопления».

В частично инфинитном моделировании и в «квантовой магии» речь идет не о специфических особенностях объектов макро- и микромиров, а о методологии подхода к изучению их изменения (эволюции, деградации). А методология поведения определяется, во многом, средой (квантовой нелокальностью, в широком смысле этого слова), в которой формируется наше сознание и познавательные способности. Именно эта одинаковость методологии позволяет Дорони-ну объединить микро- и макромиры в одну обобщающую систему – «квантовая реальность». Отсюда (как следствие) похожесть терминологии в табл. 2.1, хотя, конечно, не надо ее воспринимать буквально. Например, фрактальная размерность и мера квантовой запутанности далеко не одно и то же. Но что-то общее между ними явно ощущается, а именно: и то, и другое характеризует (каждое в своем смысле) сложность изучаемых систем.

Однако, в квантовом подходе есть понятия, которые отсутствуют в частично инфинитном моделировании. Возможно, что они там и не нужны, а (более вероятно) просто это моделирование еще не доросло до их употребления, не осознало тупиков, для выхода из которых без них не обойтись.

Таблица 3.2.1

Соответствие понятий «квантовой магии» и частично инфинитного моделирования

№ п/п	Квантовая магия	Частично инфинитное моделирование
1	Вектор состояния: полное (в выбранном базисе) описание замкнутой системы. Задается лучом в гильбертовом пространстве	Многомерная плотность вероятности при $p(\vec{x} \rightarrow \pm\infty) \rightarrow 0$ (своеобразная замкнутость)
2	Волновая функция (частный случай вектора состояния: его координатное представление)	Плотность вероятности $p(\vec{x}, t)$ при $p(\vec{x} \rightarrow \pm\infty) \rightarrow 0$, где в состав $\vec{x}$ входят не только фазовые переменные, но и пространственные координаты
3	Декогеренция (прежнее название «редукция»): выявление локальных форм предметного мира из	Процесс познания в результате взаимодействия «прибора» (фильтра) с инфинитной реальностью, которая описыва-

3. Частично инфинитное моделирование в контексте квантовой магии

№ п/п	Квантовая магия	Частично инфинитное моделирование
	нелокального состояния, описываемого когерентной суперпозицией	ется (потенциально) уравнением ФПК бесконечной размерности
4	Несепарабельность (квантовая запутанность): невозможность разделить систему на самостоятельные и независимые части	Потенциальная невозможность разделения системы (диктуемая «материальным» единством мира), но реальная ее разделимость, связанная с практической потребностью, конечностью человеческого существования и погрешностями любых оценок состояния финитной реальности
5	Интерференция – одно из проявлений суперпозиции состояний. Ее подавляет декогеренция (редукция)	–
6	Квантовая система – термин указывает на возможность применения квантового описания в терминах состояний	Если в систему входит понятие сознания, то и частично инфинитное моделирование имеет дело с квантовыми системами
7	Квантовый ореол – (гало) – квантовая шуба предметных тел	Ореол сознания (мыслей) «вокруг моделируемого объекта», например речного бассейна (его модели)
8	Когерентные состояния (суперпозиции) – наложение состояний друг на друга, в которых может находиться замкнутая система. При этом возникает согласованность частей с помощью квантовых корреляций	В частично инфинитном моделировании такое поведение будет, например, при общем ресурсе для потенциальных частей системы
9	Матрица плотности вероятности может описывать как чистые состояния замкнутой системы, так и смешанные состояния системы, взаимодействующей с окружением	Возможно, условные распределения плотности вероятности, задание ненулевых граничных условий для многомерного уравнения ФПК
10	Нелокальность – запутанность, при которой невозможна локализация (не имеет классического аналога (по мнению С. И. Доронина [Доронин, 2007]))	Невозможность ограничиться одним линейным формирующим фильтром для стока или испарения, так как при неустойчивости класс Пирсона «рассыпается»
11	Нелокальные корреляции – эффект несепарабельности (согласованное поведение частей системы)	Согласованное поведение Q , E и ΔU за счет их нелинейного взаимодействия и общего ресурса в виде осадков
12	Суперпозиция состояний – если	Если справедливы (имеют устойчивые

№ п/п	Квантовая магия	Частично инфинитное моделирование
	система может находиться в отдельных состояниях, то она может находиться и в «компании» состояний	решения для моментов) отдельные линейные формирующие фильтры для Q , E и ΔU , то справедливо и совместное распределение $p(Q, E, \Delta U)$, как решение многомерного линейного фильтра (многомерного уравнения ФПК)
13	Рекогеренция – восстановление запутанности между частями системы	Переход от одномерных линейных формирующих фильтров к многомерному уравнению ФПК
14	Сепарабельность – делимость частей системы в качестве самостоятельных и полностью независимых частей системы	Переход от многомерного уравнения ФПК к линейным формирующим фильтрам для отдельных фазовых переменных. Полностью такой переход невозможен, хотя бы в силу общего ресурса (в случае речных бассейнов)
15	Система – совокупность элементов любой природы, объединенных системообразующей общностью	В частично инфинитном моделировании пока под это определение попадают только множества локальных объектов (моделей). При подключении к объекту сознания (человеческого фактора) оба определения совпадают
16	Смешанное состояние (открытая система) – ее состояние нельзя описать одним вектором состояния, нужна матрица плотности вероятности	Нельзя промоделировать ситуацию набором одномерных формирующих фильтров, необходимо учитывать тем или иным способом взаимодействие частей
17	Состояние системы: реализация потенциальных возможностей при данных условиях. Характеризуется набором величин, которые могут быть измерены. Задается вектором состояния, а в общем случае матрицей	Распределение $p(Q)$ – состояние, а $p(\Delta U)$ до недавнего времени было только потенциальной возможностью
18	Спин – внутреннее состояние системы, не связанное с пространственно-временными координатами.	Распределение $p(Q)$, полученное обработкой ряда фактических расходов, характеризует бассейн сам по себе, как точку без привязки к внешним условиям, как в случае решения уравнения ФПК
19	Чистое состояние – замкнутая система может быть описана одним вектором состояния	Бассейн находится в «чистом состоянии», когда режим речного стока может быть описан одним распределением $p(Q)$, полученным по ряду фактических измерений
20	Энергия – функция состояния системы	—

3. Частично инфинитное моделирование в контексте квантовой магии

№ п/п	Квантовая магия	Частично инфинитное моделирование
21	Энтропия – логарифм числа допустимых состояний, характеризует меру беспорядка	–
22	Степень запутанности	Фрактальная размерность
23	Предметный мир, локализованная реальность	Финитная область, предметная область, рациональные структуры
24	Прибор, осуществляющий редукцию (в том числе человек – сознание)	Частично инфинитная граница

3.3. Какие тупики в ЧИМ «высветила квантовая магия»

Мало сделать анализ «квантовой магии», надо еще заставить ее работать на наше мировоззрение (частично инфинитное мировоззрение). Основы настоящего раздела проработаны проф. В.В. Коваленко, редактирование сделано остальными соавторами. В.В. Коваленко в этом разделе дает как бы проекцию будущего движения (развития) ЧИМ.

Отмеченные в разд. 3.2 пересечения понятий (пусть даже, иногда, чисто внешние и даже «притянутые за уши») позволяют задуматься о возможных метаморфозах частично инфинитного моделирования в контексте очень глубокого понимания реальности, которое демонстрирует «квантовая магия». Это не какие-то «гуманитарные перепевы» древнеиндийской эзотерики, а совершенно «трезвые» рассуждения специалистов по квантовой механике, которые, вместо того, чтобы иронизировать над окружающими нас чудесами (как это делают «серьезные» ученые) пытаются их оседлать, создавая квантовые компьютеры и обобщающие теории окружающей нас действительности. Чего стоят такие имена как С. И. Доронин, М. Б. Менский, В. В. Налимов. Мировоззрение двух последних импонировало таким выдающимся ученым как А. И. Колмогоров и В. Л. Гинзбург.

Ниже будем останавливаться на понятиях, используемых в квантовой магии [Доронин, 2007], и рассматривать возможность их модификации и перенесения в частично инфинитную гидрологию.

Волновая функция часто используется как синоним понятия «вектор состояния», хотя между ними существует различие, связанное с тем, что подобное употребление «навязывает» квантовой механике пространственно-временной континуум, которого изначально не су-

существует и который «выплывает» только вследствие процесса декогеренции. Некорректность С. И. Доронин видит в том, что для замкнутых систем, вектор состояния является функцией внутренних (спиновых) степеней свободы, а внешней системы отсчета не существует.

В ЧИМ надо различать два случая. Если мы имеем набор одномерных стационарных распределений $p(Q)$, $p(E)$, $p(\Delta U)$ или совместное распределение $p(Q, E, \Delta U)$, полученных путем непосредственных измерений в бассейне (декогеренции), то это как бы составляющие вектора состояния. Набор функций p, Q, t , $p(E; t)$, $p(\Delta U; t)$ или $p(Q, E, \Delta U; t)$, полученных путем решения соответствующих уравнений ФПК (т. е. с привязкой распределения к внешней временной координате и окружению бассейна в виде осадков и температуры), будет являться как бы «волновой функцией». В первом случае имеем внутреннюю (спиновую) степень свободы, порождаемую моментами, а во втором – внешнюю (даже если процесс стационарный).

В квантовой механике занимаются системами (частицами). Нашей «частицей» является речной бассейн. В рамках ее описания совместным распределением $p(Q, E, \Delta U)$ она оказывается «размазанной» в трехмерном пространстве $(Q, E, \Delta U)$, а в физическом пространстве (x, y, z) ее и нет, пока не произойдет (в конкретных пунктах измерений, конкретными приборами, конкретной методикой-наблюдателем) в соответствии с вероятностью ее проявления данным «набором обстоятельств» – фильтром. Декогеренция (редукция) проявляет траекторию на многомерном распределении. С помощью фильтра мы «вытаскиваем» бассейн (в смысле его задания «суперпозицией» $p(Q, E, \Delta U)$) с того света («из квантового домена в наш предметный мир»), как пишет Доронин. До этого бассейн «задан» умозрительным (если возвратиться к «нормальной» терминологии) распределением $p(Q, E, \Delta U)$, которое «находится» у нас в голове (в мире понятий), т. е. нелокально и запредельно относительно материального мира. «Суперпозицию» $p(Q, E, \Delta U)$ мы никогда не измеряем, а измеряем только реализации ее фрагментов в результате декогеренции. Раз у нас «проскочило» слово траектория, значит должно появиться и время. Откуда оно возьмется? Из ряда последовательности измерений, само распределение – «суперпозиция» его родить не может. Опошлив термин «волновая функция», мы пока тупиков в ЧИМ не «высветили», но наткнулись на то, что «суперпозиция» (распределение $p(Q, E, \Delta U)$) находится не в таком уж и запредельном мире, а в нашем сознании (которое так же бытие, хотя и особого ти-

па). Но это «шаблонная суперпозиция» (восстановленная, на основе уже имеющихся знаний, модель). Выход на «настоящую» новизну требует блокировки шаблонного знания, нетривиального частично инфинитного мышления.

Матрица плотности вероятности

В монографии Доронина много места уделено этому понятию. Он считает ее самой фундаментальной структурой, которая содержит в себе все возможные проявления Универсума, включает весь его потенциал, содержит всю информацию о них. Однако «... ее значение неспециалисты часто недооценивают и по старинке продолжают рассуждать в терминах волновой функции». Слово «неспециалисты» он трактует широко, причисляя к ним, видимо обоснованно, даже такого выдающегося ученого как Р. Пенроуза, анализируя текст его работы [Пенроуз, 2003]. «... Он также по старинке делает рассуждения в терминах пси-функций, лишь вскользь упоминает о матрице плотности. Он посвящает ей один маленький абзац странного содержания, свидетельствующий о полном непонимании значения матрицы плотности и той исключительно важной роли, которую она играет в квантовой механике» [Доронин, 2007].

Введение количественной характеристики квантовой запутанности на основе матрицы плотности Доронин считает поворотным пунктом для квантовой теории. «По своей значимости данное событие стоит в ряду самых выдающихся достижений не только квантовой механики, но и всей науки в целом. Появилась возможность количественно описывать новую неизведанную сферу реальности» [Доронин, 2007].

«Неспециалистам» в области квантовой механики (к ним, видимо, следует причислить всех гидрологов, включая авторов) было бы интересно проследить логику появления (точнее осознания) всей значимости обсуждаемого объекта, чтобы понять возможности использования этой матрицы в гидрологических интересах, и надо ли вообще к этому стремиться.

Ключевым моментом в развитии квантовой механики было появление уравнения Шредингера. Как и все фундаментальные модели в науке это уравнение не выводилось, а было, скорее, «угадано». (Новое вообще невозможно «вывести» из старого. Иначе вся наука пре-

вратилась бы в сплошную тавтологию. Но чтобы «угадать» новое надо досконально разбираться в старом.)

Проследим ход рассуждений, приводящий к понятию матрицы плотности [Левич, 1969; Левич и др., 1971]. Электрон (микрочастица) рассматривается как некое волновое поле, амплитуда которого, зависящая от пространственно-временных координат $(\vec{x}, t)$, называется волновой функцией $\psi(\vec{x}, t)$. Этому (во многом мифическому) объекту придают физический смысл с помощью двух соотношений:

$$dp \sim |\psi(\vec{x}, t)|^2 dV; \quad (3.3.1)$$

$$\int_{\vec{x}} |\psi(\vec{x}, t)|^2 dV = 1, \quad (3.3.2)$$

где dp – вероятность обнаружения электрона в момент t в объеме dV , представляющим окрестность точки $\vec{x}$ (квадрат модуля используется из-за комплексного характера функции $\psi(\vec{x}, t)$).

Условие нормировки (3.3.2) накладывает ограничения на плотность вероятности $p = |\psi(\vec{x}, t)|^2$ для сходимости интеграла (3.3.2), т. е. выполнение

$$p(V, t) = \int_V dp = \int_V p dV \quad (3.3.3)$$

(соотношения (3.3.1) – (3.3.3) обобщаются на систему N микрочастиц с координатами $\vec{x}_i$ ($i = 1, \dots, N$)).

Далее используется зависимость, связывающая энергию E с импульсом $\vec{p}$:

$$E = \frac{\vec{p}^2}{2m} \quad (3.3.4)$$

(здесь m – масса микрочастицы); формула де Бройля

$$\vec{p} = \frac{2\pi\hbar}{\lambda} = \hbar k \quad (2.3.5)$$

3. Частично инфинитное моделирование в контексте квантовой магии

(здесь $\hbar$ – постоянная Планка; λ – длина волны; k – волновое число) и соотношение между энергией и частотой ω

$$E = \hbar\omega . \quad (3.3.6)$$

С использованием приведенных формул волновую функцию представляют в виде плоской монохроматической волны

$$\psi_{\vec{p}}(\vec{x}, t) = Ae^{\frac{i}{\hbar}(p\vec{x} - Et)} \quad (3.3.7)$$

(здесь A – постоянная, определяемая условием нормировки). Экспонента выбрана по соображениям дальнейшего получения уравнения 1-го порядка по времени, решение которого была бы суперпозиция функции ψ :

$$\psi(\vec{x}, t) = \int_{-\infty}^{\infty} c(\vec{p}) \psi_{\vec{p}}(\vec{x}, t) d\vec{p} , \quad (3.3.8)$$

где $c(\vec{p})$ – весовые коэффициенты.

Тогда (при $A = 1/(2\pi\hbar)^{3/2}$ [Левич, 1969]) формуле (3.3.7) можно придать вид разложения в интеграл Фурье

$$\psi(\vec{x}, t) = \int_{-\infty}^{\infty} c(\vec{p}) \frac{1}{(2\pi\hbar)^{3/2}} e^{\frac{i}{\hbar}(p\vec{x} - Et)} d\vec{p} . \quad (3.3.9)$$

Коэффициенты $c(\vec{p})$ нормируются

$$\int |c(\vec{p})|^2 d\vec{p} = 1 \quad (3.3.10)$$

т. е.

$$p(\vec{p}) = |c^2(\vec{p})|^2 . \quad (3.3.11)$$

Уравнение (3.3.9) – один из вариантов принципа суперпозиции: если ψ_i – функции состояния квантовой системы, то сумма $\sum_n c_n \psi_i = \psi$ –

также волновая функция, описывающая возможные ее состояния. Но совокупность волн де Бройля – это еще не микрочастица.

Шредингер, учитывая выражение (3.3.7), из которого следует, что

$$\frac{\partial \psi}{\partial t} = -\frac{i}{\hbar} E \psi \quad \text{и} \quad \Delta \psi = -\frac{1}{\hbar^2} (p_x^2 + p_y^2 + p_z^2) \psi ,$$

предложил уравнение для эволюции ψ :

$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \psi , \quad (3.3.12)$$

которому удовлетворяет суперпозиция ψ . В случае, если движение частицы происходит в потенциальном поле U , в уравнении (3.3.12) в правой части появляется слагаемое $U\psi$. Это уравнение выражает закон сохранения плотности вероятности (см. стр. 40, 41 [Левич и др.,

$$1971]) \quad \vec{j} = \frac{1}{m} \vec{p} |A|^2$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div} \vec{j} = 0 . \quad (3.3.13)$$

Такой же закон сохранения (уже не в физическом, а в фазовом пространстве $(Q, E, \Delta U)$) представляет и уравнение ФПК. Оно может быть «выведено» не только исходя из теории марковских случайных процессов, но и по аналогии с «выводом» уравнения (3.3.12), если в качестве составляющих вектора $\vec{j}$ использовать $Q, E, \Delta U$ при соответствующем изменении смысла импульса $\vec{p}$.

Примеры применения уравнения Шредингера (см. [Левич, 1969]) для простейших случаев указывают на то, что квантовомеханические величины (как, например, волновая функция и энергия в задачах об одномерном движении частицы в потенциальном поле) имеют как дискретный, так и (в задаче о частице, проходящей через барьер – туннельный эффект) непрерывный ряд значений.

Так, в случае «потенциальной ямы» значения энергии определяются формулой

$$E_n = \frac{\pi^2 \hbar^2}{2ml^2} n^2, \quad (3.3.14)$$

а волновая функция, отвечающая этому уравнению энергии, имеет вид

$$\psi_n = A_n \sin \frac{\pi n}{l} x, \quad (3.3.15)$$

где l – длина потенциальной ямы; n – целое число, которое называют волновым.

На рис. 3.3.1 показаны плотность вероятности нахождения частиц внутри ямы. При $n \rightarrow \infty$ распределения стремятся к классическому (прямая линия с ординатой $1/l$).

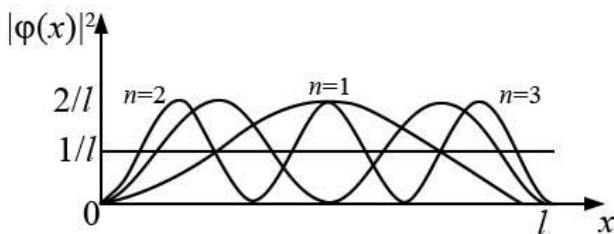


Рис. 3.3.1. Плотности вероятности нахождения частиц в потенциальной яме [Левич, 1971].

Этот факт указывает на то, что действует принцип соответствия: при больших значениях квантовых чисел квантовомеханические соотношения переходят в классические формулы физики.

Представленная ситуация привела к применению специфического математического аппарата – теории линейных операторов. Если в случае функций одному числу сопоставляется другое, то оператором производится сопоставление двух функций. Например, оператор дифференцирования дает правило перехода от функции $\varphi(x_1, x_2, \dots)$ к производной $\chi(x_1, x_2, \dots) = \hat{F}\varphi(x_1, x_2, \dots)$, где $\hat{F} = \partial/\partial x_i$. Оператор независимой переменной x_i (обозначение $\hat{x}_i$) определяется просто как умножение на эту переменную $\chi = x\varphi$ и т. д.

Операторы квантовой механики должны удовлетворять ряду ограничений (линейность, некоммутуируемость, эрмитовость или самосопряженность и др.). Соотношение

$$\hat{F}\psi = F\psi \quad (3.3.16)$$

означает, что применение $\hat{F}$ к функции ψ снова приводит к ψ , умноженному на постоянную F . При фиксированном $\hat{F}$ этому условию удовлетворяет не всякая функция ψ , а только удовлетворяющая уравнению (3.3.16). В квантовой механике интересуются не любыми $\hat{F}$ и F , а только теми, которые удовлетворяют определенным («стандартным») условиям. В этом случае значения F , называются собственными значениями уравнения (3.3.16), а соответствующие им решения – собственными функциями оператора $\hat{F}$. Например, в задаче о движении частицы в потенциальной яме решается уравнение, общий вид которого дается формулой (3.3.16) с оператором $\hat{F} = -d^2/dx^2$. Собственные числа

$$E_n = \frac{\pi^2 \hbar^2}{2ml^2} n^2, \quad (3.3.18)$$

а собственные функции

$$\psi_n = A_n \sin \frac{\pi n}{l} x. \quad (3.3.19)$$

Совокупность собственных значений оператора называется спектром, который может быть как дискретным, так и сплошным.

Таким образом, решение уравнения Шредингера – частный случай задачи о собственных функциях операторов (опускаются «тонкие вещи», связанные с ортогональностью собственных функций, их нормой и полнотой).

Задача о собственных функциях возникает и в частично инфинитном моделировании с использованием уравнения ФПК. В случае независимости коэффициентов сноса и диффузии от времени для его

3. Частично инфинитное моделирование в контексте квантовой магии

решения можно использовать метод разделения переменных $p(Q,t) = \psi(Q)\varphi(t)$;

$$\frac{1}{\varphi} \frac{\partial \varphi}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t} \ln \varphi(t) = \lambda; \quad (3.3.20)$$

$$\frac{1}{2} \frac{\partial^2}{\partial Q^2} (B\psi) - \frac{\partial}{\partial Q} (A\psi) = \lambda \psi, \quad (3.3.21)$$

где $\lambda \geq 0$.

Решением (3.3.21) является последовательность собственных функций $\psi_i(Q)$, соответствующих собственным значениям $\lambda_i (i=1, \dots, n)$. Анализ (см. [Евланов, Константинов, 1976]) показал, что $\lambda_0 = 0$ является собственным значением, соответствующим стационарному значению плотности вероятности $\psi_0(0) = p(Q)$. Учитывая, что поток вероятности $G(Q)$ на границах $Q \rightarrow \pm\infty$ равен нулю (а это будет при нулевой плотности вероятности и ее производной на границе), получим уравнение Пирсона с физически осмысленными коэффициентами:

$$\begin{aligned} & \frac{d}{dQ} [(G_{\tilde{c}} Q^2 - 2G_{\tilde{c}\tilde{N}} Q + G_{\tilde{N}}) p(Q) - \\ & - 2[-(\tilde{c} - 0,5G_{\tilde{c}})Q - 0,5G_{\tilde{c}\tilde{N}} + \tilde{N}]] p(Q) = 0. \end{aligned} \quad (3.3.22)$$

Наряду с операторным ($\hat{F}$) подходом в квантовой механике используется и более «широкий» матричный (F) подход. Зададим оператор

$$\hat{R}\psi(x) = \varphi(x) \quad (3.3.23)$$

с помощью F представления, для чего разложим $\psi(x)$ и $\varphi(x)$ по собственным функциям оператора $\hat{F}$, например с помощью энергетического представления

$$\psi(x) = \sum_m c_m \psi_m(x),$$

$$\varphi(x) = \sum_n b_n \psi_n(x) \quad (3.3.24)$$

(амплитуды c_m и b_n определяют соответствующие функции ψ и φ в F -представлении). Подставляя (3.3.24) в (3.3.23), получим

$$\sum_n b_n \psi_n(x) = \sum_m c_m \hat{R} \psi_m(x). \quad (3.3.25)$$

Умножая обе части этого равенства на ψ_l^* и интегрируя по области V изменения x , получим [Левич, 1971]:

$$b_l = \sum R_{lm} c_m,$$

где

$$R_{lm} = \int \psi_l^*(x) \hat{R} \psi_m(x) dV. \quad (3.3.26)$$

Выражением (3.3.25) осуществляется преобразование ψ в φ с помощью оператора $\hat{R}$, который представлен матрицей (3.3.26) (матрица R эквивалентна $\hat{R}$).

Ниже встретятся матрицы, в которых от нуля отличны только элементы с ml . Это так называемые диагональные матрицы, которыми в своем собственном представлении изображается любой оператор (R_{ml} – его собственные значения). Матрица называется единичной ($(1)_{mn} = \delta_{mn}$), если диагональные элементы равны единице. Сумма диагональных элементов называется следом (S_{pur}) матрицы $S_{\text{pur}} F = \sum_n F_n$. Правила матричного исчисления распространяются и

на непрерывные матрицы (суммы заменяются интегралами).

При изложении работы Менского (а также ниже по тексту) используются обозначения, предложенные Дираком. Совокупность компонент волновой функции в некоторой координатной системе (говорят «в некотором представлении») обозначают $|\psi\rangle$ (кет-вектор), ему соответствует столбец матрицы; комплексно-сопряженные вели-

чины обозначены $\langle \psi |$ (бра-вектор, ему соответствует строка). Их скалярное произведение обозначается $\langle \psi * | \psi \rangle$.

Существует несколько способов описания развития процессов во времени в зависимости от представления состояния системы (Шредингера, Гейзенберга, представления взаимодействия). Например, при использовании Гильбертова пространства эволюции отвечает поворот вектора ψ , характеризующего начальное состояние $\psi(x, 0)$. При повороте длина ψ остается неизменной. Доронин особенно выделяет *представление взаимодействия* системы с внешними полями или другими системами, когда гамильтониан можно разбить на две части: собственно гамильтониан системы – та его часть, которая учитывает это самое взаимодействие (см. [Левич, 1971]).

Рассмотрим (конспективно) его рассуждения (со ссылками на Дирака) по поводу представлений вектора состояния [Доронин, 2007; Дирак, 1960]. Аксиоматика квантовой механики, опираясь только на абстрактные понятия (вектор состояния, операторы и т. п.), обходится без координат и времени. Последние появились в шредингеровском представлении как способ манипулирования абстрактными величинами, при котором они заменяются числами (тем самым изначально вводилась сепарабельность по координатам, т. е. классичность системы). Современный взгляд на квантовую теорию ассоциируется с разложением единицы в гильбертовом пространстве состояний самой системы, которое возможно как для чистого состояния (замкнутость системы), так и «для открытых систем, взаимодействующих со своим окружением» [Доронин, 2007]. Выбор пространственно-координатного базиса для подобного разложения не обязателен (например, спиновое представление, соответствующее состоянию самого объекта, а не внешним условиям, в которые «извращаясь» – термин Доронина, – помещают объект).

В пси-функции (вектор состояния) информации о корреляции с окружением нет, и без матрицы плотности описывать открытые системы невозможно [Доронин, 2007]. В качестве примера матричной записи рассмотрим квантовый аналог бито-кубит (вектор состояния двухуровневой системы с базисными векторами $|0\rangle$ и $|1\rangle$). В случае одного классического стационарного состояния с вектором $|\psi\rangle = |0\rangle$ имеем матрицу плотности

$$\rho = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{2} & 0 \\ 0 & \frac{1}{2} \end{pmatrix} = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix},$$

т. е. сумму единичной матрицы, пропорциональной единичной n – нулевым следом (т. е. состояние реализуется с вероятностью единица). Для двухуровневой системы

$$|\psi\rangle = a|0\rangle + b|1\rangle, \quad (3.3.27)$$

где комплексные амплитуды удовлетворяют условию нормировки $|a|^2 + |b|^2 = 1$. Матрица плотности вероятности в этом случае для чистого состояния (замкнутость) будет:

$$\rho = |\psi\rangle\langle\psi| = \begin{pmatrix} |a|^2 & ab^* \\ ba^* & |b|^2 \end{pmatrix}. \quad (3.3.28)$$

В случае взаимодействия с окружением, имеем [Доронин, 2007]:

$$\rho = \frac{1}{2}(E + \alpha\sigma_x + \beta\sigma_y + \gamma\sigma_z), \quad (3.3.29)$$

где E – единичная матрица; α, β, γ – вещественные числа, а $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ – матрицы Паули:

$$\sigma_x = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}; \quad \sigma_y = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}; \quad \sigma_z = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}. \quad (3.3.30)$$

В матрице (3.3.29) по диагонали стоят вероятности проявления *локальных* состояний с вероятностями (в случае (3.3.29)) $|a|^2$ и $|b|^2$, а недиагональные элементы характеризуют корреляции между ними (ab^*, ba^*). В случае (3.3.29) коэффициенты α, β, γ отвечают за интерфейс между частью системы и окружением.

Речной бассейн в качестве кубита (рассмотрение ведется по аналогии с работой [Доронин, 2007]). Уравнение водного баланса водосбора можно представить в виде

$$0 = \dot{X} - Q_E \pm \Delta U, \quad (3.3.31)$$

где $Q_E = Q + E$ – расходная часть баланса бассейна; $\dot{X}$ – приходная (задаваемая) составляющая; ΔU – изменение влагозапасов.

С точки зрения классического моделирования, величина $\dot{X}$ является внешним воздействием. Рассмотрим бассейн как систему, состоящую из двух частей. Первая формирует величину $A = Q_E / \dot{X}$, а вторая – $B = \Delta U / \dot{X}$. Каждая из них может находиться в двух положениях: $A \lesseqgtr 1$; $B \lesseqgtr 0$. Пусть неравенства $A > 1$, $B < 0$ характеризуют состояние 0, а неравенства $A < 1$, $B > 0$ – состояние 1. Вектор $|01\rangle$ означает, что подсистема A находится в состоянии 0, а подсистема B в состоянии 1. Если бассейн замкнутый (в квантовом и в гидрологическом смыслах, т. е. когда подземный сток полностью формируется в пределах рассматриваемого бассейна, см. разд. 1.4.1 «уравнения водного баланса «замкнутых» и «висячих» речных бассейнов» [Методы изучения..., 1981]), то вектор состояния для него будет

$$|\psi\rangle = a|00\rangle + b|01\rangle + c|10\rangle + d|11\rangle, \quad (3.3.31)$$

где для комплексных амплитуд a , b , c , d выполняется условие нормировки $|a|^2 + |b|^2 + |c|^2 + |d|^2 = 1$ (сами эти числа могут быть любые).

След матрицы плотности для чистого состояния ($\rho = |\psi\rangle\langle\psi|$) из условия нормировки равен 1, а недиагональные элементы характеризуют взаимодействия между состояниями, представленными в (3.3.31) (в них содержится информация о градиентах энергии, возникающих в бассейне (об «энергиях» см. ниже)).

Для максимально запутанного состояния, например

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle + |11\rangle), \quad (3.3.32)$$

матрица плотности будет

$$\rho = \begin{pmatrix} 1/2 & 0 & 0 & 1/2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1/2 & 0 & 0 & 1/2 \end{pmatrix}. \quad (3.3.33)$$

Бассейн с вероятностью $1/2$ находится в состоянии $|00\rangle$ и $|11\rangle$ – диагональные элементы – (в квантовой механике такое состояние известно как «парадокс Шредингера: кот ни жив, ни мертв»), корреляции между которыми максимальны (недиагональные элементы). Для бассейна это нелокальное состояние ($A > 1, B > 0, A < 1, B < 0$ – допустить его можно только умозрительно), которое при декогеренции (измерении) локализуется (работает сепарабельность) либо в состоянии $|00\rangle$, либо – $|11\rangle$ с равной вероятностью.

Описывать несепарабельные (запутанные) состояния возможно с помощью матриц. Доронин считает этот момент поворотным не только в квантовой механике, но и «всей науки в целом». «Появилась возможность количественно описывать новую, неизведанную сферу реальности» – пишет он [Доронин, 2007].

Сфера Блоха

Доронин рассмотрел вопрос о возможности визуализации работы с векторами и матрицами плотности. Для этого используется сфера Блоха с векторами поляризации

$$\begin{aligned} P_x &= \sin\Theta \cos\varphi; \\ P_y &= \sin\Theta \sin\varphi; \\ P_z &= \cos\Theta, \end{aligned}$$

в которых два параметра Θ и φ задают вектор состояния (матрицу плотности) кубита. В этом случае вектора P_x, P_y, P_z (аналогично вещественным числам α, β, γ в выражении (3.3.29)) осуществляют «прощупывание» инфинитной реальности в визуализируемом (трех-

мерном) пространстве радиусом $|\bar{P}|^2$. Так как сознание в «квантовой магии» входит в широкое понимание нелокальной реальности (оно есть «прибор» для ее локализации, т. е. декогеренции), то оно и осуществляет это «прошупывание» путем логических операций вращения вектора состояния кубита по сфере Блоха (вращением «реализовать любую последовательность “рассуждений”» – пишет Доронин).

Сами компоненты P_i определяются правилом

$$P_i \equiv \langle \sigma_i \rangle = \text{Tr}(\rho \sigma_i), \quad (i = 1, 2, 3) \quad (3.3.34)$$

где σ_i – компоненты вектора $\vec{\sigma}$.

Формула (3.3.34) выводит на понятие «информация». Этой зависимостью, т. е. взятием следа по направлению I , производится усреднение по внешнему окружению системы (подсистемы) – частично инфинитной границе. Существуют разные варианты взятия подобных следов, которые характеризуют меру запутанности (квантовую информацию). Чаще всего они основаны на метрике гильбертова пространства. Если вспомнить, что фрактальная диагностика основана также на использовании информационных мер, то очевидна связь между ними. В ее основе – понятие информации. Размерность пространства вложения характеризует «запутанность» бассейна с «окружением», а значит – неустойчивость моделей при их «погружении» в пространства, размерность которых меньше размерности пространства вложения. Следовательно, степень неустойчивости по начальным моментам, например (см. формулы (1.2.7)), – это индикатор запутанности и указание на путь, который «распутывает» ситуацию: сколько моментов надо привлекать для устойчивого моделирования.

Доронин считает информацию объективной реальностью, наряду с массой, энергией и т. п. Более того, отводит ей роль «”первичной” субстанции всего сущего». С этой точки зрения, декогеренция (т. е. любые физические процессы) – это лишь проявление материи как «формы организованной информации». Но и информацию можно «логически организовать мыслью» и этот информационный объект будет существовать, как нематериальный (нелокальный).

С одной стороны, мера «информации вообще» вводится следующей формулой [Доронин, 2007]

$$I = \text{Tr}(\rho^2). \quad (3.3.35)$$

С другой стороны, в квантовой механике физической величине, количественно характеризующей систему, становится в соответствие оператор Q

$$\langle Q \rangle = \text{Tr}(\rho Q) \quad (3.3.36)$$

Таким образом, I количественно характеризует систему, когда последняя выступает в роли физической величины

$$I = \langle \rho \rangle = \text{Tr}(\rho \rho),$$

т. е. квантовая информация существует всегда (если есть предмет разговора – система, находящаяся в любом состоянии, в том числе – нелокальном). Поэтому она и претендует на роль первоосновы всего сущего.

Для любой изолированной системы (эта «изоляция» в гидрологии реализуется граничными условиями $(p(Q \rightarrow \pm\infty) \rightarrow 0)$ мера информации равна единице. Для открытых систем она меньше единицы («теряется» в окружении, так как взаимодействие с последним сопровождается локализацией системы за счет декогеренции). Для того, чтобы можно было складывать информацию частей системы, формулу (3.3.35) заменяют (по примеру статической механики) следующей

$$\langle \ln \rho \rangle = \text{Tr}(\rho \ln \rho),$$

т. е. оператором фон Неймана, который считается основной характеристикой энергоинформационного процесса. Установлено, в частности, что количество информации, которое может воспринять система, ограничено ее собственной максимальной энтропией. Применительно к гидрологии можно привести такую квазианалогию. У речного бассейна, многолетний сток которого моделируется одномерным уравнением ФПК или системой из четырех дифференциальных уравнений для моментов m_i (см. формулу (1.2.7)), «мало энтропии», чтобы воспринять информацию, ведущую к неустойчивости («переварить») большие значения $\beta = G_{\bar{c}} / \bar{c}$). Многомерное уравнение ФПК уже мо-

жет «переварить» это β , так как у него «много собственной энтропии», т. е. числа состояний, в которых может находиться водосбор.

Вернемся к сфере Блоха и к выражению для матрицы плотности кубита $\rho = \frac{1}{2}(E + \vec{P}\vec{\sigma})$ в шаре трехмерного пространства (рис. 3.3.2).

Чистые состояния (точки поверхности сферы) описываются вектором $|\psi\rangle$, а смешанные, описываемые матрицей ρ , представлены точками внутри шара, т. е. взаимодействие с окружением, возникающее при декогеренции, приводит к деформации сферы Блоха до эллипса (в пределе шар сжимается до отрезка). Декогеренция локализует системы, но одновременно «запутывает» их с окружением (подробности см. [Доронин, 2007], стр. 181). На сфере, представленной на рис. 3.3.2, классическим (локальным) системам соответствуют значения $a = 0$, либо $b = 0$, т. е. когда нет суперпозиции состояний ($|\psi\rangle = |0\rangle$ или $|\psi\rangle = |1\rangle$). Это полюсы на сфере (максимально запутанные состояния – линия экватора). Допустимое пространство состояний (совокупная квантовая реальность) несоизмеримо шире классического домена.

Декогеренция «бассейнового кубита» (вращение вектора состояния по сфере Блоха – конечно, эту фразу надо понимать метафорически) позволила выявить эффект детектирования (см. [Коваленко, 2015]) – явление ненулевой нормы многолетних изменений суммарных влагозапасов речных бассейнов: $\overline{\Delta U} \neq 0$). «Декогеренция» методами классической гидрологии (в отношении ΔU – это просто умозрительные рассуждения о том, что $(\sum_{i=1}^n \Delta U / n) \rightarrow 0$, где n – число лет

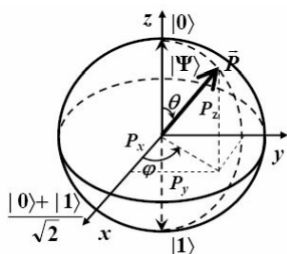


Рис. 3.3.2. Сфера Блоха [Доронин, 2007].

наблюдений) – это тоже «прибор» для редукции «суперпозиции», т. е. набора возможных вариантов развития событий на водосборах.

Но это такой «прибор», который действовал по принципу «что вижу, то и пою». Этот классический прибор рассуждал «здравом»: сколько воды пришло на водосбор W_+ , столько и уйдет W_- , а небольшие годовые флуктуации осредняются и, поэтому в объемах $W_+ = W_-$.

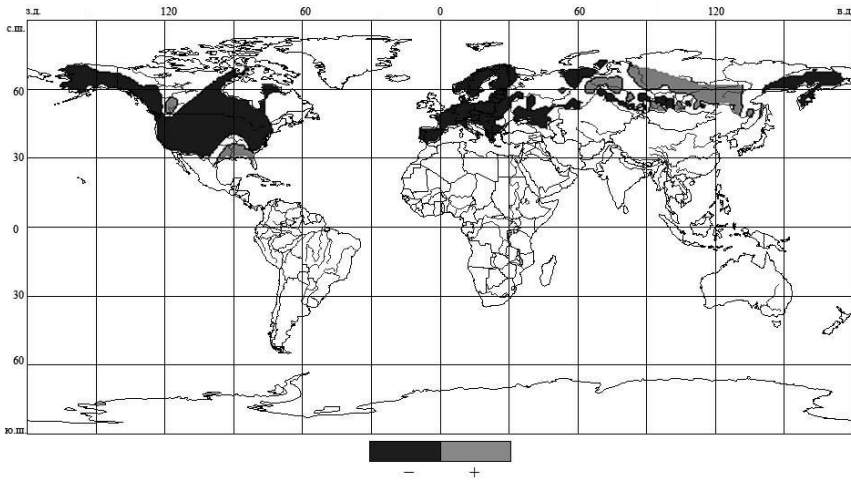
И это верно. Но дальше «прибор» (наш классический гидролог) переводил балансы объемов в «балансы» расходов ($W_+ \sim \dot{X}$, $W_- \sim Q + E$) и получал для многолетнего периода $\dot{X} = Q + E$, забывая о том, что это не объемы, а скорости их изменений (dW/dt), причем, если Q и E всегда больше нуля, то $\Delta U \lesssim 0$. Это внутригодовое отличие скорости наполнения и опорожнения емкости водосбора и создавало эффект $\overline{\Delta U} \neq 0$ (другая причина эффекта детектирования – чисто стохастическая, см. [Коваленко, 2015; Гайдукова, 2019]).

«Декогеренция» методами частично инфинитной гидрологии (неклассической) основана не на принципе «что вижу, то и пою», а на принципе «пою то, что мыслю» и то, что мыслю «навязываю» речному бассейну, а еще на том, что «навязанная» мысль о возможности $\overline{\Delta U} \neq 0$ проверяется на натурных данных. То есть, проведенная ранее «рекогеренция» речного бассейна позволила сформулировать (в голове, мысленно) нелокальную суперпозицию – потенциальную модель формирования многолетнего распределения $p(Q, E, \Delta U)$ [Коваленко, 2012]. В ней уже «сидел» неявно (потенциально) рассматриваемый эффект, который позже и был обнаружен чисто приборной (измерительной) декогеренцией с помощью придуманного способа [Коваленко, Гайдукова, 2015]. Часть года бассейн «живет» в режиме $\Delta U > 0$ (период насыщения водой почвогрунтов), а затем наступает период их разгрузки ($\Delta U < 0$), который длится до зимней межени (чаще всего включает и ее), см. рис. 3.3.3.

Каждый год режим взаимодействия Q , E и ΔU претерпевает изменения (другие температуры, осадки и т. д.), но декогеренция выявляет идентичное поведение спиновой (внутрибассейновой) степени свободы (ΔU), ведущее к тому, что среднее многолетнее значение изменения влагозапасов не равно нулю. Эта периодичность состояний ($\Delta U \lesssim 0$) ведет к тому, что речной бассейн накапливает и отдает воду (а, значит, и энергию). Рисунок 3.3.4 можно интерпретировать как «суперпозицию» возможных состояний (каждый виток аттрактора), декодированную численной реализацией модели (3.2.3), которая кодирует нелокальную реальность, визуально проявившуюся в рис. 3.3.4. На рис. 3.3.3, б представлена визуализация приборной декогеренции косвенного представителя (уровня грунтовых вод) этой суперпозиции.

3. Частично инфинитное моделирование в контексте квантовой магии

a)



b)



Рис. 3.3.3. Распределение $\overline{\Delta U}$ по территории Северного полушария (a) с уровнем достоверности 68,4 % и режим переключения кубита из состояния $\Delta U > 0$

($|\Psi\rangle = 1$) в состояние $\Delta U < 0$ ($|\Psi\rangle = 0$).

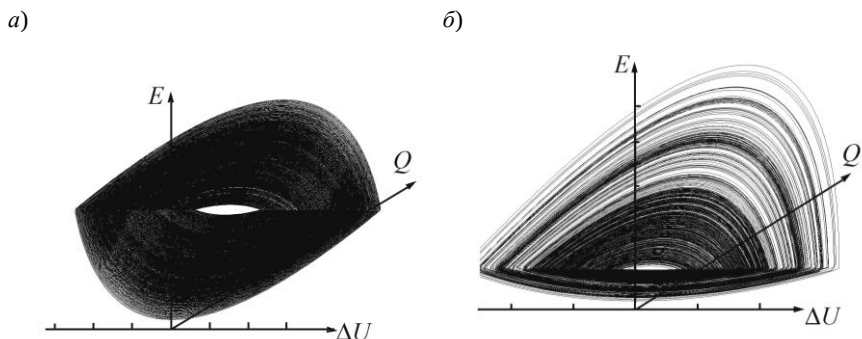


Рис. 3.3.4. Аттракторы-репеллеры системы при одинаковых (а) и при различных (б) скоростях влагонасыщения и водоотдачи почвогрунтов.

Ссылаясь на схематическое представление эффекта декогеренции на сфере Блоха и на статью Войцеха Зурека [Zurek, 2003], Доронин показывает «каким образом наш материальный мир оказывается “вложенным” во всеохватывающую квантовую реальность и то, как объясняет современная физика процесс возникновения классической реальности в результате декогеренции» [Доронин, 2007].

Рассматривается система, принимающая положения «вверх» и «вниз» вдоль оси z , рис. 3.3.2. Квантовый домен – все содержимое объема сферы Блоха, за исключением отрезка оси z в пределах сферы. Этот квантовый домен «бледная тень», падающая от вектора состояния на ось квантования при эволюции более сложной совокупности квантовой реальности, при повороте вектора состояния и его движения по поверхности сферы Блоха» – пишет Доронин [Доронин, 2007]. В случае многосоставной системы ее внутренняя эволюция соответствует движению вектора состояния (его конечной точки) по поверхности *многомерной* сферы. Если система открыта и взаимодействует с окружением, то она описывается матрицей плотности, и точка смещается со сферы во внутреннюю часть шара, деформируя сферу в эллипсоид. Проявленный (редуцированный) материальный объект в виде точки оси z окружен квантовым ореолом (результат частичной декогеренции). Весь Мир нелокален и его «наполнение» можно описать только в терминах квантовой информации (семантического вакуума), кроме которой ничего нет (нет частиц, полей, самого объекта и пространства–времени – все это появляется только на оси z). Никакая локальная подсистема не в состоянии объ-

яснить свое материальное происхождение, если она не информирована о стартовом нелокальном состоянии – таков основной вывод представленных рассуждений о декогеренции на сфере Блоха.

Градиент энергии, внешние формы

Заключительная глава работы [Доронин, 2007] посвящена градиенту энергии. Этому понятию автор дает широкое толкование и открывает огромный спектр приложений в обсуждаемой предметной области. Задача, которую обсуждает Доронин, заключается в рассмотрении механизма манипулирования квантовой запутанностью, которую он считает основным рабочим ресурсом в «квантовой магии», начиная от создания прототипов квантовых компьютеров и кончая «чудесами» типа левитации. Основная цель – дополнить локальное (классическое) описание объектов нелокальным, которое включало бы в себя и сознание. Предлагается «уйти» от «точечного (координатного) формализма» Ньютона к, так называемым, дифференциальным формам (1-форма). «Физические законы, сформулированные в терминах дифференциальных форм, имеют более общий характер – они справедливы для пространств любой размерности, с произвольной метрикой и даже вообще без метрики. Эти законы записываются на языке, свободном от координатных представлений, как это принято, согласно “правилу всеобщей ковариантности”. Такой подход позволяет записывать физические законы для нелокализованных объектов» [Доронин, 2007].

К расширенному пониманию градиента энергии можно подойти, делая несколько шагов. Любой объект рассматривается, как многоуровневая система взаимодействующих квантовых полей, и статистические состояния, определенные плотностями ρ матрицы, выражаются в зависимости от уровня энергии: $\rho_n = f(W)$. Энергия объекта разделяется на две составляющие. Одна (финитная) задает частично инфинитную границу, разделяющую тело и окружение, другая (инфинитная) связана с нелокальным окружением (включая сознание) тела. В «опошленном» гидрометеорологическом варианте – это «квантовый ореол» мыслей о возникшей проблемной ситуации, а также взаимодействие бассейна с шумами, неявно учитывающими влияние на процессы водообмена всевозможных факторов, не учитываемых (в явном виде) моделью. Здесь важно заметить, что «водо-

раздел» знанием (финитным) и незнанием (инфинитным) задает «бытие любого типа», т. е. наше сознание, которое опирается не только на умозрительные предположения, но и на освоенные способы декогеренции гидрометеорологического режима. Проблемная ситуация возникает при «неустойчивости знаний», т. е. неустойчивости решения модели, и требуется осознание факта неустойчивости, т. е. знания о своем незнании.

Дальнейший шаг на пути введения градиента энергии заключается в использовании наличия равновесного состояния рассматриваемой системы (наличие моды распределения или ямы потенциала). Ее наличие указывает на связь с квантовой теорией поля и дает возможность воспользоваться принципом наименьшего действия (лагранжевым формализмом) для получения модели, описывающей макроскопические тела совокупностью квантовых полей. Далее, энергетический спектр W разбивается на интервалы, и наш объект, например, речной бассейн, моделируется совместно годовым, месячным и суточным распределениями. Моделируем не «частицы» (расходы, испарения, изменения влагозапасов и другие характеристики при переходе к интервалам менее года – они проявляются в результате измерения – декогеренции), а их проявление из полевых структур (осадки, температура и др.), «запутанных» друг с другом в нелокальной модели (например, в линейном формирующем фильтре). При этом модель может быть построена так, что каждая энергетическая структура (сутки, месяц, год) живет в своем собственном пространстве–времени, хотя и «запутана» с другими. Таким путем можно смоделировать и не имеющие материального (предметного) воплощения переходные процессы, связанные с неустойчивостью.

Далее Доронин приводит свой вариант «вывода» уравнения для градиента энергии. При этом в обиход берутся элементы дифференциальной геометрии, в частности трудно воспринимаемое (нематематиками) понятие 1-формы. Попробуем представить мотивацию появления этого понятия и дать его визуализацию, насколько это возможно.

Найти литературу, где бы это понятие вводилось доступным для нематематиков образом, непросто. Воспользуемся несколькими работами популяризаторов науки, в частности книгой Пенроуза [Пенроуз, 2003] и учебными пособиями «для всех» В. Босса [Босс, 2009; Босс, 2010]. С помощью понятия дифференциальной формы Доронин обсуждает второй закон Ньютона: «сила, действующая со

стороны произвольно выделенного объема рассматриваемой системы, равна градиенту энергии во всем этом объеме» [Доронин, 2007]:

$$F = \nabla W. \quad (3.3.37)$$

Вид уравнения (3.3.37) «не зависит от размерности пространства, его метрики, и справедливо даже при полном ее отсутствии (дифференциальная топология). Таким образом, это уравнение продолжает работать и в том случае, когда, например, объект перешел в чистое запутанное состояние, т. е. стал нелокальным, и нет возможности ввести его координатное представление... оно может служить для “тонких” структур ... и ... работает не только в плотном материальном мире, но и на любых квантовых уровнях реальности», в том числе, добавим, и для сознания.

Именно градиент энергии вводится с использованием дифференциальных форм. Вот мотивация к обобщению понятия градиент [Босс, 2010]. «Каждая область нуждается в подходящих категориях мышления. Изучение функций большого числа переменных на базе скрупулезного покоординатного описания – это рытье котлована зубочисткой. Внутреннюю жизнь пространства и измерений определяют укрупненные понятия, разглядывание которых под микроскопом не позволяет видеть панораму. С координатных представлений можно начинать, но затем надо подниматься на уровень укрупненного манипулирования. Одним из инструментов следующего уровня является как раз градиент».

Сами дифференциальные формы появились в рамках многомерных обобщений понятий дивергенции, ротора, теоремы Стокса. Под *внешней формой* степени k (k -формой) подразумевают знакопеременную функцию, линейную по каждой переменной и принимающую вещественные значения $\omega(\vec{\xi}_1, \dots, \vec{\xi}_k)$ (или ω^k). При $k = 1$ имеем 1-форму $\omega(\vec{\xi})$, которая представляет собой линейный функционал в виде скалярного произведения $\langle \vec{a}, \vec{\xi} \rangle$. Если в пространстве введена координатная система $x_1, \dots, x_n$, то координата $x_i(\vec{\xi})$ есть 1-форма. Существует шаблонное представление k -формы в виде определителя

$$\omega(\vec{\xi}_1, \dots, \vec{\xi}_k) = \begin{vmatrix} \xi_{11} \dots \xi_{1k} \\ \dots \dots \dots \\ \xi_{k1} \dots \xi_{ik} \end{vmatrix}, \quad (3.3.38)$$

где $\vec{\xi}_i = \{\xi_{i1}, \dots, \xi_{ik}\}$.

В случае внешнего произведения $\omega_1 \wedge \dots \wedge \omega_k$ 1-форм имеем k -форму

$$(\omega_1 \wedge \dots \wedge \omega_k)(\vec{\xi}_1, \dots, \vec{\xi}_k) = \begin{vmatrix} \omega_1(\vec{\xi}_1) \dots \omega_k(\vec{\xi}_1) \\ \dots \dots \dots \\ \omega_1(\vec{\xi}_k) \dots \omega_k(\vec{\xi}_k) \end{vmatrix}, \quad (3.3.39)$$

которая представляет ориентированный объем параллелепипеда, причем если 1-форма $x_i(\vec{\xi}) = \omega_i(\vec{\xi})$, то (3.3.29) переходит в запись (3.3.38), которую можно представить и так:

$$\omega^k = \sum_{i_1 < \dots < i_k} a_{i_1 \dots i_k} x_{i_1} \wedge \dots \wedge x_{i_k}. \quad (3.3.40)$$

Если внешние формы определены на нескольких пространствах R^n , то они являются *дифференциальными формами*. Поэтому 1-форма и дифференциал

$$df = \frac{\partial f}{\partial x_1} dx_1 \dots \frac{\partial f}{\partial x_n} dx_n \quad (3.3.41)$$

при условии, что $d_i = \partial f / \partial x_i$ идентичны. Отличие – в области определения: в одном случае это пространство R^n , а в другом – касательные к этому пространству, которые также R^n .

Дифференциальная 1-форма

$$\omega^1 = \langle \vec{a}, d\vec{x} \rangle = a_x d_x + a_y d_y + a_z d_z \quad (3.3.42)$$

может рассматриваться как работа (энергия) силового поля $\vec{a} = \{a_x, a_y, a_z\}$ на перемещение $d\vec{x} = \{dx_x, dy_x, dz_x\}$. Исходя из определения *внешней производной*

$$d\omega^k = \sum_{i_1 < \dots < i_k} [da_{i_1, \dots, i_k}(\vec{x})] \wedge dx_{i_1} \dots dx_{i_k} \quad (3.3.43)$$

(здесь da вычисляется по формуле (3.3.41)), градиент энергии задается формулой

$$d\omega^1 = \text{rot}_x \vec{a} dy \wedge dz + \text{rot}_y \vec{a} dz \wedge dx + \text{rot}_z \vec{a} dx \wedge dy, \quad (3.3.44)$$

т. е. энергия определяется векторным полем $\vec{a}$, а градиент – полем ротора $\text{rot} \vec{a}$ [Босс, 2009]. По другому: число $\langle d\vec{a}, d\vec{x} \rangle = \partial_{d\vec{x}} \vec{a}$ определяет связь между градиентом и производной по направлению $\partial_{\vec{n}} W^1$, т. е. числом пересечений при прохождении $\vec{a}$ через dW^1 . Следовательно дифференциальная геометрия представляет математический формализм, устанавливающий соответствие между локальным точечным описанием градиента как вектора и нелокальным описанием в виде 1-формы, окружающей точку и повышающей ранг тензора на единицу.

Можно предложить и визуализацию подобной ситуации. Лучше всего это, видимо, можно осуществить, опираясь на работу Пенроуза [Пенроуз, 2003], в которой удачно сочетаются «формульное и картиночное» представления материала (см. также [Розендорн, 2006]). Основное, что должна отражать визуализация, – это переход от детального «пиксельного» описания к описанию в «категориях векторного анализа», к более высокому уровню абстракции, к внешним дифференциальным формам как в случае (3.3.44).

В случае 1-формы имеем интеграл по одномерному многообразию, вдоль кривой f : $\int f(x) dx$, где x – параметр, меняющийся по f . Тут 1-формой является величина $\alpha = f(x) dx$ (во внешнем анализе, предложенном Эли Картаном, величина dx рассматривается не как

бесконечно малая, а как элемент «плотности» (1-формы), которая подлежит интегрированию вдоль f . В двумерном случае имеем

$$\int_R f(x, y) dx \wedge dy = \int_R \alpha$$

(здесь $\alpha = f(x, y) dx \wedge dy$ – 2-форма). «Фишка» заключается в том, что вне зависимости от выбора локальной системы координат (x, y) двумерной поверхности, определенной в пространстве более высокой размерности, форма α остается прежней (в смысле неизменности интеграла $\int_R \alpha$).

Справедливы многомерные аналоги (под разными именами: формулы Остроградского, Стокса и т. д.). Во внешнем анализе Картана они обобщаются *основной теоремой*, справедливой для p -форм:

$$\int_R df = \int_{\partial R} f.$$

Обе области интегрирования R и ∂R должны быть ориентированы и компактны, т. е. содержать в себе все точки сгущения. Размерность ∂R на единицу меньше размерности R . С точки зрения частично инфинитного моделирования (ЧИМ) это финитная область, а ∂R – частично инфинитная граница. В контексте ЧИМ возникает вопрос: куда делась одна размерность? Если обратиться к физическому смыслу формул векторного анализа, то, например, формула Гаусса–Остроградского

$$\int_S adS = \int_V \text{div} adV$$

(здесь S – поверхность, V – объем) «говорит»: сколько возникает в V , столько «вытечет» через S . Но если «повернуть» эту фразу в контексте, то получится, что сколько «втекло» информации из инфинитной реальности через частично инфинитную границу S , столько ее «осело» в финитной реальности.

Втекает через поверхность (R^2), оседает в объеме (R^3). Что касается компактности и ориентируемости, то их наличие минимизирует научное «рукоблудие» – переливание «из пустого в порожнее» (этим

«свойством» обладают патологические неориентируемые пространства типа ленты Мебиуса (о последнем, играющем роль ловушки, см. [Коваленко, 2007]).

1-формы нужны, чтобы прохождение информации (как сухого остатка познавательного процесса) через ∂R не зависело от стиля мышления (системы координат), хотя скорость ее прохождения через ∂R наверняка зависит от этого стиля (например, национальных особенностей познающего субъекта).

В случае делокализованного («пространственного» – у нас пространство может быть и фазовым, как в случае описания формирования стока с помощью Q , E и ΔU) рассмотрения объекта и представления градиента энергии в виде (3.3.37), вытекают некоторые следствия:

1. Для инерционного движения объекта необходимы нулевые градиенты в его объеме, т. е. он должен сноситься как единое целое. Примером может служить равномерное движение воды в реках при $i_0 = I$ ($\partial h / \partial x = 0$), хотя это – не реализуемая на практике идеализация. Как «целое» сносится, например, селевой поток.

2. Наличием градиентов объясняется физическая природа гравитации и ее эквивалентность силам инерции, возникающих при нарушении равновесного состояния (например, при неравномерном движении). Именно умением создавать «внутренние» градиенты энергии объясняются, например, антигравитационные эффекты левитации, которые создавали Василий Блаженный, Серафим Саровский и др. Есть примеры создания технических антигравитационных устройств, типа летающих платформ, собранных из крыльев жуков (определенного вида) В. С. Гребенниковым [Гребенников, 1997].

Понятия энергии и ее носителя толкуются достаточно широко и строго. При таком подходе ее носителем может выступать «все что угодно» [Доронин, 2007], вплоть до энергии мыслей и чувств. В случае речных бассейнов своеобразная неравновесность для годового стока создается при нарушении баланса $\dot{X} = Q - E$. При этом возникают ненулевые изменения влагозапасов ($\Delta U \neq 0$) как следствие эффекта детектирования (см. [Коваленко, Гайдукова, 2014; Голованова, 2014]).

Согласно работе [Доронин, 2007], выражение (3.3.37) справедливо в любой ситуации координатного или безкоординатного представления, включая нелокальное суперпозиционное состояние. Градиенты

при декогеренции формируют пространство–время для разных уровней реальности из вакуумной пустоты – семантического «вакуума», т. е. суперпозиционного состояния. В гидрологическом «опошлении» это может быть, например, следующая ситуация. При $\partial h / \partial x \neq 0$ возникают «силы инерции», приводящие к тому, что $\lambda = f(\dot{U})$, что, в свою очередь, ведет к появлению низкочастотных колебаний и возникновению в потоке вихрей [Коваленко, 2016]. Если равномерное течение считать «суперпозиционным», то его неустойчивость ведет к локализации и появлению «новой реальности»: низкочастотным колебаниям, порождающим широкий энергетический спектр, т. е. – «турбулентной реальности». При уменьшении градиентов происходит релаксация к равновесному ламинарному («суперпозиционному») состоянию, т. е. рекогеренции.

Низкочастотные колебания в реках были всегда. Но до 60^х годов 20 века они были для гидрологов «квантовой реальностью» (находились в инфинитной области). Они стали «классической реальностью» (оказались в финитной области), когда был применен способ декогеренции (измерения – в прямом смысле этого слова), позволившей их зафиксировать. Это произошло, когда работающую вертушку в потоке (с записью на самописец) выдержали (видимо при случайных обстоятельствах) на протяжении нескольких периодов колебаний (порядка часа). Они «обнаружились» в определенном «пространстве состояний», которое создал наблюдатель (Коплан-Дикс [Коплан-Дикс, 1960], Иокоси [Yokosi, 1967], может быть были и другие).

Уравнение (3.3.37) «проливает свет» на переход классической реальности из одного пространства состояний в другое. Увеличивая градиент энергии, мы затрудняем сами себе (т. е. «окружению») фиксировать происходящие в классическом объекте изменения (декогерировать какие-то его свойства). Для «окружения» объект будет «таять на глазах» без раскрытия своей внутренней структуры («проносятся» перед глазами как нечто целое). Например, при $G_c \rightarrow 2\bar{c}$ (в случае модели для m_i (1.2.7) происходит нечто подобное: сначала в распределении плотности вероятности «размываются» старшие моменты (неустойчивость по эксцессу, коэффициентам асимметрии и вариации), а затем, возможна неустойчивость по всем моментам распределения. Оно становится для нас «невидимым» ($m_i \rightarrow \infty$).

Доронин подобные явления объясняет «попаданием» объекта (в нашем случае – речного водосбора) в область пространства (в нашем

3. Частично инфинитное моделирование в контексте квантовой магии

случае – фазового) с большим градиентом энергии (в нашем случае – с большими вариациями испарения при малых коэффициентах стока – южные регионы). Например, в районах разлома земной коры возникают «странные туманы», в которых появляются и внезапно исчезают «картины» из далекого прошлого (например, войсковые соединения). Этим же (т. е. сменой пространства событий) он объясняет появление и исчезновение НЛО. Именно подобная смена «пространства событий» возникает в состоянии измененного сознания (сон, медитация и т. п.), когда происходит приостановка анализа информации о предметном мире и человек оказывается в объятиях магии и чудес.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключении кратко изложим наиболее важные проблемные ситуации, вложившиеся в гидрологии, возможные и применяемые пути решения обозначенных задач, развитие на ближайшую перспективу частично инфинитной гидрологии.

Проблемные ситуации включают два аспекта противоречий между нормативной гидрологией и реальным положением дел в гидрометеорологии:

1. Отсутствие в нормативных документах положения о том, что статистический режим рек может эволюционировать. Поэтому в основе свода правил СП-33-101-2003 основной упор делается на фактические ряды наблюдений. Тем самым, ситуация, характеризующая многолетний режим стока (вычисленные по этим рядам обеспеченные значения проектных расходов), транслируется на несколько десятилетий в будущее без учета возможности изменения за этот период факторов формирования стока.

2. Отсутствие понятия «статистическая» устойчивость формирования стока. Если и встречаются слова «неустойчивость моментов», то имеется в виду неустойчивость статистических оценок эмпирических моментов из-за коротких рядов наблюдений.

Исследования научной школы «Частично инфинитного моделирования» направлены на решение второго аспекта противоречий. Первое же противоречие давно устранено, так как разработана соответствующая методология, позволяющая получать прогнозные кривые вероятностных распределений под любой из существующих сценариев изменения климата и подстилающей поверхности водосборов. Эта методология уже несколько десятков лет назад получила одобрение отделения наук о Земле АН СССР, вошла в учебные программы для ВУЗов, освещена в двух изданиях учебника по «Моделированию гидрологических процессов», а также в многочисленных монографиях основателя научной школы проф. В.В. Коваленко. За рубежом подобной методологией владеют некоторые бывшие аспиранты кафедры гидрофизики и гидропрогнозов РГТМУ из Колумбии, Боливии, Камеруна, Кот-Д'Ивуара, Мали, Казахстана.

Что же касается второго аспекта проблемной ситуации, связанной с диагностированием неустойчивостей и обеспечением условий, при которых прогнозные распределения (как, впрочем, и фактические) моделируются устойчиво, то в отношении многолетнего стока этим

занимаются только члены научной школы. Это не означает, что похожими моделями больше никто не занимается. Уравнение ФПК появилось впервые за рубежом, носило эвристический характер и называлось изначально уравнением Фоккера–Планка («Колмогоров» появился только после того как он вывел это уравнение в 1938 г. строго математически). Оно использовалось сотрудниками ИВП РАН для моделирования уровня режима озер (Музылев С.В., Привальский В.Е., Раткевич Д.А., Найденов В.Н. и др.), но для прогноза долгосрочных изменений характеристик многолетнего стока с использованием климатических сценариев и гидрологических карт для параметризации системы уравнений для моментов, аппроксимирующей уравнение ФПК, оно впервые стало применяться в РГГМУ. Там же впервые был поставлен вопрос об устойчивости моментов, о бифуркационных диаграммах, диагностирующих условия появления полимодальных распределений с помощью логистических отображений и, главное, разработана методология частично инфинитного моделирования для борьбы с неустойчивостью начальных моментов вероятностных распределений путем увеличения размерности фазовых пространств, в которые «погружается неустойчивая задача». Коллектив научной школы создал относительно целостную методологию, позволяющую, с одной стороны, диагностировать неустойчивости формирования вероятностных распределений и бифуркации (появление многомодальности), а с другой стороны – переходить к более сложным моделям в виде уравнений для многомерных распределений плотности вероятности или двумерных нелинейных отображений, полностью ликвидирующих неустойчивость или сужающих области бифуркационных очагов. Устойчивые описания процесса формирования речного стока достигаются путем решений ряда задач, снимающих основные противоречия, создающих проблемную ситуацию.

Первое препятствие на пути устойчивого прогнозирования заключается в наличие существенных мультипликативных шумов в стохастической модели формирования стока. Его сравнительно легко устранить, разгрузив модель от параметрических шумов и переводя их в аддитивные внешние воздействия. Более сложный (но более физически обоснованный) путь заключается в переходе от использования безусловных распределений к условным, т. е. в фиксировании одной из фазовых переменных модели с использованием либо существующих гидрологических карт ее статистических норм (например,

многолетней нормы испарения), либо путем построения двумерных эмпирических распределений и фиксации одной из переменных.

Второе препятствие на пути устойчивого моделирования и прогнозирования заключается в том, что основная фазовая переменная (расход воды), интересующая проектировщиков в аспекте гидрологического обеспечения надежности сооружений, может взаимодействовать с другими фазовыми гидрометеорологическими переменными (например, с испарением или с изменением запасов воды в почвогрунтах), игнорирование которых при сценарной оценке обеспеченных значений расходов делает эти самые оценки неустойчивыми (а иногда и бессмысленными). Это препятствие преодолевается путем повышения размерности фазового пространства, в которое «вкладывается» модель с непрерывным временем, описывающая формирование многолетнего стока, а также путем использования двумерных логистических отображений, т. е. нелинейных моделей с дискретным временем, учитывающих конкурентный характер взаимодействия («борьба за ресурс» – осадки, выпавшие на водосбор) между речным стоком и испарением.

Выполнение перечисленных задач направлено на увеличение аттрактивных свойств решений прогностических моделей. Однако, в условиях развивающегося гидрометеорологического процесса любые аттракторы (точечные для начальных моментов статистических распределений, периодические и «странные» для отображений) будут сами эволюционировать. Поэтому в ближайшей перспективе предполагается найти пути учета этих эволюционных изменений (степени нелинейности и размерности моделей), гарантирующих обеспечение устойчивости долгосрочных прогнозов.

В основе достижения результатов в устойчивом прогнозировании гидрологических характеристик лежит методология частично инфинитной гидрологии и соответствующие ей методы и методики. В частично инфинитной гидрологии развитие интерпретируется как увеличение размерности фазового пространства системы, в котором изучаемая предметная область представлена моделью с фиксированным набором компонентов вектора состояния. Появление у последнего новых компонентов (расширение фазового пространства) может произойти только через неустойчивость (атрибут развития) решения, т. е. прекращения действия условий, обеспечивающих его корректность. Любая же модель связывает вектор состояния с вектором известных внешних воздействий и вектором задаваемых параметров

(коэффициентов модели). Последний обеспечивает интерфейс системы с окружением, и именно «оживление» его составляющих (превращение задаваемых коэффициентов модели в искомые фазовые переменные, «живущие» в одном темпомире с уже существующими фазовыми переменными) является главной задачей в достижении обозначенной цели. Основные элементы частично инфинитной гидрологии: 1) выявление условий, при которых происходит потеря устойчивости решения модели, описывающей очередную эволюционную стадию рассматриваемой развивающейся гидрологической системы; 2) определение необходимого числа фазовых переменных для устойчивого моделирования развивающейся (теряющей устойчивость) системы (осуществляется методами фрактальной диагностики, которая позволяет, анализируя только одну, доступную непосредственным измерениям фазовую переменную – в нашем случае расход воды, – определить число других, участвующих в процессе формирования стока «скрытых» фазовых переменных); 3) определение качества этих переменных (что они из себя представляют конкретно) – это наиболее творческий этап во всем процессе частично инфинитного моделирования, так как он не поддается полной формализации (отсюда и название «частично инфинитное», т. е. – «частично неопределенное»); 4) «обычное» моделирование (и прогнозирование) устойчивого функционирования расширенной (за счет новой фазовой переменной) системы; 5) выявление условий потери устойчивости уже расширенной системы и т.д. («по кругу»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Божокин С. В., Паршин Д. А. Фракталы и мультифракталы. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2000. – 134 с.
2. Босс В. Лекции по математике. Т. 1: Анализ: Учебное пособие. Изд. 3-е. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. – 216 с.
3. Босс В. Лекции по математике. Т. 11: Уравнения математической физики: Учебное пособие. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 224 с.
4. Бурдыкин Б. Е. Космическая тайна воды. – СПб.: Питер, 2007. – 240 с.
5. Васильев О. Ф., Квон В. Н. О влиянии нестационарности при движении открытого потока жидкости // Журнал прикладной механики и технической физики, 1966, №1. – С. 126–128.
6. ВП СССР Диалектика и атеизм: две сути несовместны. – СПб, 2003. – 468 с.
7. ВП СССР Мертвая вода. От «социологии» к жизнезнанию. Часть I. Историко-философский очерк. – Китеж. Державный град России, 2004. – 489 с.
8. Гайдукова Е. В. Фрактальная диагностика в моделировании гидрологических процессов: монография. – СПб.: Астерион, 2017. – 98 с.
9. Гайдукова Е.В., Голованова Е.Ю., Коваленко В.В. Явление ненулевой нормы многолетних изменений суммарных влагозапасов речных бассейнов. Монография. – СПб.: Астерион, 2019. – 104 с.
10. Голованова Е. Ю. Статистические характеристики рядов многолетних изменений суммарных влагозапасов речных бассейнов (на примере России) // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета, № 33, 2014. – С. 24 – 30.
11. Гребенников В. С. Мой мир. Новосибирск: Сов. Сибирь, 1997. – 325 с.
12. Гринвальд Д. И. Турбулентность русловых потоков. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 168 с.
13. Гришанин К. В. Динамика русловых потоков. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 312 с.
14. Дирак П. А. М. Принципы квантовой механики. – М.: Физматгиз, 1960. – 434 с.
15. Доронин С. И. Квантовая магия. – СПб.: ИГ «Весь», 2007. – 336 с.
16. Евланов Л. Г., Константинов В. М. Системы со случайными параметрами. – М.: Наука, 1976. – 568 с.
17. Исследование неустойчивого движения воды на реках Тверце и Ордеж. – Л.: Гидрометеиздат, 1961. – 288 с.
18. Исследование неустойчивого движения на р. Свири в зимних и летних условиях. – Л.: Гидрометеиздат, 1963. – 252 с.
19. Кантор Г. К учению о трансфинитном // В кн.: Парадоксы бесконечного. – Минск: Изд. В. П. Ильин, 2000. – 368 с.
20. Картвелишвили Н. А. Неустойчивые открытые потоки. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 128 с.
21. Картвелишвили Н. А., Галактионов Ю. И. Идеализация сложных динамических систем. – М.: Наука, 1976. – 272 с.
22. Коваленко В. В. Модальная неустойчивость при формировании речного стока. Монография. – СПб.: изд. РГГМУ, 2014. – 190 с.

23. Коваленко В. В. Бифуркации в религиозной философии, естествознании и общественном развитии. – СПб.: Гидрометеиздат, 1994. – 160 с.
24. Коваленко В. В. Гидрологическое обеспечение надежности строительных проектов при изменении климата. – СПб.: РГГМУ, 2009. – 100 с.
25. Коваленко В. В. Гидрометеорология: эволюция в пространстве понятий. – СПб.: изд. РГГМУ, 2016. – 239 с.
26. Коваленко В. В. Закономерная связь между параметрами низкочастотных колебаний скорости открытых потоков и гидравлическими характеристиками русла потока // Диплом №441 на открытие. Научные открытия // Сборник кратких описаний, 2013. – М.: РАЕН. – 48 с.
27. Коваленко В. В. Измерение и расчет характеристик неустановившихся речных потоков. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 160 с.
28. Коваленко В. В. Метаморфоз понятий в частично инфинитной гидрологии в контексте деструкции онтологии М. Хайдеггером. – СПб.: изд. РГГМУ, 2015. – 132 с.
29. Коваленко В. В. Метаморфоз понятий частично инфинитной гидрологии в контексте деструкции онтологии М. Хайдеггером. – СПб.: изд. РГГМУ, 2015. – 132 с.
30. Коваленко В. В. Нелокальная гидрология. – СПб.: изд. РГГМУ, 2010. – 96 с.
31. Коваленко В. В. Новые явления и закономерности формирования речного стока. – СПб.: изд. РГГМУ, 2013. – 172 с.
32. Коваленко В. В. Теоретическое и экспериментальное обоснование зависимости фрактальной размерности рядов многолетнего стока от климатической нормы приземной температуры воздуха // Доклады Академии наук, 2012, том 444, № 6. – С. 666 – 670.
33. Коваленко В. В. Частично инфинитная гидрология. – СПб.: изд. РГГМУ, 2007. – 230 с.
34. Коваленко В. В. Частично инфинитное моделирование: основания, примеры, парадоксы. – СПб.: Политехника, 2005. – 408 с.
35. Коваленко В. В. Частично инфинитный механизм турбулизации природных и социальных процессов. – СПб.: изд. РГГМУ, 2006. – 166 с.
36. Коваленко В. В., Викторова Н. В., Гайдукова Е. В. Моделирование гидрологических процессов. Учебник. Изд. 2-е исправ. И доп. – СПб.: изд. РГГМУ, 2006. – 559 с.
37. Коваленко В. В., Гайдукова Е. В. Влияние климатической нормы температуры воздуха на фрактальную размерность рядов многолетнего речного стока // Доклады Академии наук, 2011, том 439, № 6. – С. 815–817.
38. Коваленко В. В., Гайдукова Е. В. Чувствительность нормы многолетних изменений суммарных влагозапасов в речных бассейнах к погрешностям определения составляющих уравнения водного баланса // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета, №33, 2014. – С. 45–51.
39. Коваленко В. В., Гайдукова Е. В. Способ определения изменения суммарных многолетних влагозапасов в почвогрунтах речных бассейнов // Патент на изобретение, № 2604479, 2016.
40. Коплан-Дикс С. И. К вопросу о точности определения расхода воды // Труды ГГИ, 1960, вып. 84. – С. 23–36.

41. Ксендзюк А. Тайна Карлоса Кастанеды. Анализ логического знания дона Хуана: теория и практика. 2-е изд. Дополненное, измененное. – Одесса, Хаджибей, 1994. – 480 с.
42. Кудряшов А. Ф. Онтология. Методология. Негеоцентризм. – СПб.: Петрополис, 1993. – 160 с.
43. Кузанский Н. Об ученом незнании / Пер. с лат. С.А. Лопашова. – СПб.: Азбука, 2001. – 305 с.
44. Кун Т. Структура научных революций / Пер. с англ.: И. З. Налетов и др. – М.: АСТ, 2003. – 605 с.
45. Левич В. Г. Курс теоретической физики. Том I. – М.: Наука, 1969. – 912 с.
46. Левич В. Г., Вдовин Ю. А. Мамлин В. А. Курс теоретической физики. Том II. – М.: Наука, 1971. – 936 с.
47. Матвеев Н. М. Методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений. – Минск: Вышэйшая школа, 1974. – 768 с.
48. Менский М. Б. Сознание и квантовая механика: Жизнь в параллельных мирах (Чудеса сознания – из квантовой реальности) / Пер. с англ. Ваксмана В. М. – Фрязино: Век 2. 2011. – 320 с.
49. Методы изучения и расчета водного баланса / В. С. Вуглинский и др. Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 398с.
50. Методы ускоренных измерений расходов воды. – Л.: ГГИ, 1983. – 70 с.
51. Налимов В. В. Облик науки. – СПб.–М.: Центр гуманитарных инициатив, 2013. – 368 с.
52. Налимов В. В. Спонтанность сознания: Вероятностная теория смыслов и смысловая архитектура личности. 2-е изд. – М: Водолей Publishers, 2007. – 368 с.
53. Никонов А.П. Апгрейд обезьяны. Большая история маленькой сингулярности. 2-е изд. – Изд-во: НЦ ЭНАС, Питер, 2008. – 480 с.
54. Пенроуз Р. Новый ум короля. О компьютерах, мышлении и законах физики. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 239 с.
55. Попов Д. Н. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем. – М.: Машиностроение, 1977. – 424с.
56. Рождественский Б. Л., Яненко Н. М. Системы квазилинейных уравнений. – М.: Наука, 1978. – 688 с.
57. Розендорн Э. Р. Теория поверхностей. 2-е изд., перераб. и доп. – М. ФИЗИКАЛИТ, 2006. – 304 с.
58. Розовский И. Л., Еременко Е. В., Базилевич В. А. Неустановившееся движение водного потока ниже гидроэлектростанций. – Киев: Наукова думка, 1967. – 276 с.
59. Роттердамский Э. Похвала глупости. / Пер. с латин. П. Губера. – М.: Художественная литература, 1983. – 239 с.
60. СНиП 2.01.14-83. Определение расчетных гидрологических характеристик. Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1985. – 36 с.
61. СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – М.: ФГУП ЦПП; Госстрой России, 2004. – 73 с.
62. Суперкомпьютерное моделирование в физике климатической системы: Учеб. Пособие / В. Н. Лыков и др. Предисл.: В. А. Садовничий. – М.: Изд. МГУ, 2012. – 408 с.

63. Уизем Дж. Линейные и нелинейные волны. – М.: Мир, 1977. – 623 с.
64. Федоров В. Д., Гильманов Т. Г. Экология. – М.: Изд. МГУ, 1980. – 464 с.
65. Хайдеггер М. Бытие и время. Пер. с немец. В. В. Бибихина. – М.: «Ad Marginem», 1997. – 452 с.
66. Эббот М. Б. Гидравлика открытого потока. Вычислительная гидравлика. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 272 с.
67. Эйген М. Самоорганизация материи и эволюция биологических макромолекул. – М.: Мир, 1973. – 216 с.
68. Янчилин В. Л. Логика квантового мира и возникновение жизни на Земле. 2-е изд. – М.: Новый Центр, 2007. – 151 с.
69. Kovalenko Viktor V., Gaidukova Ekaterina V. The Phenomenon of Norzero of long-term Changes in the Total Water Supply in River Basins // American Journal of Environmental Sciences, 2015, DOI: 10.3844// ajessp.2015.
70. Yokosi Sh. The structure of river turbulence. – Bull. Dis. Prev. Res. Inst. Kyoto Univ., 1967, vol. 17, № 2. – P. 1–29.
71. Zurek W. H. Decoherence, einselection, and the qwantum origins of the classical, rev. Mod. Phys. 75, 715 (2003).

Содержание

	Стр.
Введение.....	3
1. Предпосылки для появления частично инфинитного моделирования...	5
1.1. Гидравлические сопротивления, низкочастотные колебания в реках...	5
1.2. Гидрологические последствия изменения климата.....	13
2. Введение в частично инфинитное моделирование.....	20
2.1. Философско-методологические основы частично инфинитного моделирования.....	20
Основные понятия.....	20
Наглядный образ частично инфинитного моделирования.....	25
Селективная роль физической картины мира (ФКМ)	28
Двигаться к истине – значит менять онтологию.....	30
Нефеноменологические и логико-негеоцентрические парадоксы...	31
Пример «работы» введенных понятий.....	32
2.2. Математический аппарат частично инфинитного моделирования.....	34
Линейное мышление заменяется нелинейным.....	35
Замена бесконечномерных систем конечномерными.....	36
Иллюстрация взаимодействия фазовых переменных на эволюционных моделях.....	38
Стохастическое обобщение.....	42
Потенциальные фазовые переменные.....	43
Фрактальная диагностика.....	44
Парадоксальность частично инфинитного моделирования.....	54
Есть ли у частично инфинитного моделирования своя Глупость?..	55
3. Частично инфинитное моделирование в контексте квантовой магии...	59
3.1. «Квантовая магия».....	59
3.2. Пересечения понятий квантовой магии и частично инфинитного моделирования.....	70
3.3. Какие тупики в ЧИМ «высветила квантовая магия»	82
Матрица плотности вероятности.....	84
Сфера Блоха.....	95
Градиент энергии, внешние формы.....	102
Закключение.....	111
Список литературы.....	115

Научное издание

Виктор Васильевич Коваленко

Екатерина Владимировна Гайдукова

Виталий Александрович Хаустов

Владимир Сергеевич Девятов

Наталья Владимировна Викторова

Частично инфинитное моделирование развивающихся гидрологических систем

Монография

Печатается в авторской редакции.

Подписано в печать 22.12.2021 Формат 60×90 1/16.

Гарнитура Times New Roman. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 7,5. Тираж 40 экз. Заказ № 1181.

РГГМУ, 192007, Санкт-Петербург, Воронежская ул., д. 79.
