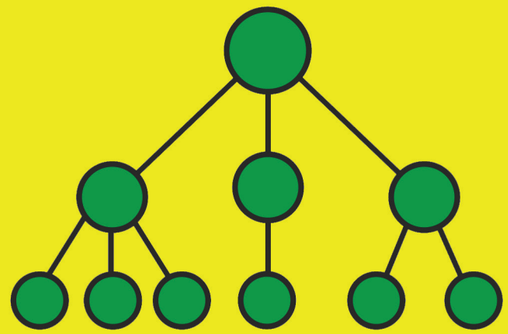
ISSN 1025-532X
ISBN 978-5-907099-29-6
ISBN 978-5-908015-57-8 (24)

И.Я. Павлинов

Иерархическая структура биологической систематики



SCIENTIFIC PRESS Ltd

ЗООЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ № 24

Зоологический музей МГУ

Zoological Museum of Moscow State University



ZOOLOGICHESKIE ISSLEDOVANIA No. 24

I.Ya. Pavlinov

The Hierarchical Structure of Biological Systematics

KMK SCIENTIFIC PRESS

MOSCOW ❖ 2026

ЗООЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ № 24

И.Я. Павлинов

Иерархическая структура биологической систематики

ТОВАРИЩЕСТВО НАУЧНЫХ ИЗДАНИЙ КМК

МОСКВА ❖ 2026

ISSN 1025-532X
ISBN 978-5-907099-29-6
ISBN 978-5-908015-57-8 (24)

ЗООЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ № 24
ZOOLOGICHESKIE ISSLEDOVANIA No. 24

Редакционная коллегия
Главный редактор: М.В. Калякин
О.В. Волцит, К.Г. Михайлов, И.Я. Павлинов, Н.Н. Спасская (секретарь)

Editorial Board
Editor in Chief: M.V. Kalyakin
K.G. Mikhailov, I.Ya. Pavlinov, N.N. Spasskaya (Secretary), O.V. Voltzit

Редактор выпуска
Г.Ю. Любарский

Editor of the Issue
G.Yu. Lyubarsky

И.Я. Павлинов. Иерархическая структура биологической систематики. — Зоологические исследования. 2026. № 24. 153 с.
В книге рассматриваются разнообразные формы иерархий, с которыми имеет дело биологическая систематика — от наиболее общей иерархии всей познавательной ситуации этой дисциплины до наиболее частных иерархий, характерных для разрабатываемых ею таксономических и мерономических классификаций. Представлен углублённый анализ разнообразия иерархий с концептуальной точки зрения и особо указана присущая им нечёткость. Рассмотрены наиболее фундаментальные параметры иерархий и принципы их обоснования, разработки и применения. Обсуждаются доводы за и против ранговых и безранговых таксономических иерархий, при этом подчёркивается, что первая из них означает специфическую рациональность биологической систематики.

I.Ya. Pavlinov. The Hierarchical Structure of Biological Systematics. — Zoologicheskie Issledovania. 2026. No. 24. 153 p.
The book considers various kinds of hierarchies biological systematics deals with, so its scope ranges from the most general hierarchy of the entire cognitive situation of this discipline to the particular ones characteristic of taxonomic and meronomic classifications it elaborates. An in-depth analysis of the diversity of hierarchies from a conceptual perspective is provided, and their inherent fuzziness is highlighted. The most fundamental parameters of hierarchies and principles of their substantiation, elaboration, and implementation are overviewed. The *pros* and *cons* of ranked and rankless taxonomic hierarchies are discussed, with emphasizing of the former as manifesting a specific rationality of biological systematics.

© Павлинов И.Я., 2026
© Зоологический музей МГУ, оформление, 2026
© Товарищество научных изданий КМК, издание, 2026

ПРЕДИСЛОВИЕ

Иерархии повсюду — они присутствуют в окружающем нас мире, в нас самих, в знаниях об этом мире и о нас самих. Предполагается, что они являются одними из самых впечатляющих и загадочных проявлений внутренней упорядоченности всяческих сложных систем любого вида и масштаба. Будучи специфическими атрибутами таких систем, иерархии наделены определёнными общими чертами, но на этом общем фоне они весьма разнообразны по своим свойствам (см. гл. 3).

Благодаря повсеместному распространению иерархически упорядоченных систем различного рода, с которыми люди сталкиваются как в своей профессиональной деятельности, так и в повседневной жизни, слово «иерархия» в настоящее время получило всеобщее признание и широко используется в весьма разных контекстах. Это делает его очень многозначным, обозначающим существенно различные явления. Чтобы устранить столь широкую нежелательную омонимию, это общее понятие обычно уточняется путем добавления к нему определённых прилагательных и/или приставок, что приводит к обширному словарю с большим количеством специальных терминов, и нелегко точно определить, в каком конкретном смысле они используются в тех или иных ситуациях. Все эти неясности составляют заметную часть *проблемы иерархии*, которую рассматривают науки, имеющие дело со сложными системами. Эта проблема сама по себе многоаспектна, в общем случае обозначает *невозможность игнорирования многоуровневости таких систем* (Simon, 1962; Pattee, 1973; Allen, Starr, 1982; Holland, 2014; Koren, 2020).

В связи с этим хотелось бы отметить, что подавляющее большинство авторов, обсуждая различные вопросы иерархического устройства материального и идеального миров, употребляют слово «иерархия» в единственном числе, словно обсуждают «иерархию вообще». На самом же деле они обычно имеют дело со специфическими частными проявлениями сложной организации иерархических структур. Наглядной иллюстрацией такого излишне широкого использования этого ключевого понятия может служить сборник *Interpreting the Hierarchy of Nature* (Grande, Rieppel, 1994), в котором, вопреки очень широкому названию, в основном обсуждается филогенетический паттерн и его связь с эволюционным процессом. Принимая это во внимание, в настоящей книге речь идёт не столько об иерарх*ии* вообще, сколько о конкретных частных иерарх*иях*, при этом имея в виду, конечно, что все они являются разными проявлениями данного общего явления.

* * *

Особое внимание к иерархиям проявилось во второй половине XX в. в связи с активным развитием системных и когнитивных наук и пониманием системного характера всех явлений, на которые направлена познавательная деятельность человека, так же как и самой этой деятельности. Их развитие повлекло за собой особое понимание того, что системно организованная Вселенная, равно как и её отдельные проявления и фрагменты, не так просты, как в том были убеждены позитивисты и в чём они пытались уверить всё научное сообщество. Такое понимание подразумевает, что познание иерархических структур на самом деле не такая уж простая задача, сама возможность решения которой подразумевает специфическое видение окружающего мира на основе *иерархического мышления*. Люди, которым оно свойственно, становятся «упёртыми иерархистами» (hard-line hierarchists), склонными воспринимать всякий сложный объект как иерархически упорядоченную систему (Mesarovic, Macko, 1969; Pattee, 1973; Ahl, Allen, 1996).

О повышенном внимании к иерархиям и разнообразию их проявлений со стороны натурфилософов, философов науки, естествоиспытателей, социологов, математиков, лингвистов и т. д. свидетельствуют многие сотни статей и десятки книг, опубликованных в последнее время на эту тему. Их авторы пытаются ответить на ключевые вопросы, которые достаточно чётко сформулировал один из наиболее известных «упёртых иерархистов» Говард Пэтти в книге «Теория иерархии» (Pattee, 1973): какова природа иерархий, как они возникают, как они эволюционируют, как взаимодействуют их уровни.

Общий фундамент для понимания природы и изучения иерархий составляет современная концептуальная философия науки. Одной из её наиболее заметных отличительных черт является признание того, что сложно структурированный окружающий мир не может быть понят на основе его унифицированных редукционных моделей. Среди рарабатываемых современным концептуализмом (о нём см., напр., Стёпин, 2003; Swoyer, 2006; Bengson et al., 2011) ключевых идей, которые формируют способы рассмотрения иерархий, наиболее значимы следующие: а) онтологическая относительность, б) неустранимое присутствие познающего субъекта в когнитивной ситуации, в) нечёткий характер как познаваемого мира, так и знаний о нём и г) научный плюрализм как одно из условий постижения сложно устроенного многоаспектного мира вокруг нас.

* * *

Биологическая систематика, пожалуй, уникальна среди разделов естественных наук в том, что она начала формироваться в XVI в. именно с освоения включающей иерархии, заимствованной из схоластики, и продолжила своё развитие за счёт её особой доработки (Любарский, 2018; Павлинов, 2018). Последняя была связана с ранжированием иерархических классификаций, включая разработку системы фиксированных таксономических рангов, их терминологического обозначения, правил наименования отнесённых к ним таксонов. Такой подход к описанию разнообразия организмов был «официально» закреплён в XIX в. специальными сводами правил — номенклатурными кодексами (Павлинов, 2015), которые стали характерной чертой систематики, заметно отличающей её от большинства других естественных наук. В XX в. эта традиционная ранговая таксономическая иерархия подверглась резкой критике со стороны нескольких школ систематики. Ближе к концу указанного столетия это вызвало жаркие споры, которые разделили систематиков на два лагеря — на сторонников и противников ранговой или безранговой таксономической иерархии, и этот специфический «раскол» не преодолён по сей день (напр., Ereshefsky, 2001; de Queiroz, 2005; Павлинов, 2015; Любарский, 2018; Pavlinov, 2025).

Однако столь специфический характер новейшего этапа развития таксономической иерархии в систематике, по-видимому, сыграл с ней дурную шутку. Действительно, в то время как некоторые разделы системологии, теоретической физики, экологии, эволюционной биологии развития (evo-devo), географии, социологии обсуждали принципиальные вопросы, касающиеся основ иерархий (см. гл. 2, 3), систематика сосредоточилась на очень конкретном и техническом вопросе о ранговой или безранговой иерархии таксономических классификаций. Основная проблема здесь заключается в том, что подавляющее большинство аргументов за или против каждой из этих точек зрения имеют серьёзную научно-философскую подоплёку, которой в этих дебатах не уделяется должного внимания. По этой причине участники дискуссии, апеллируя к философски нагруженным категориям, таким как «объективное», «научность» и т. п., едва ли принимают во внимание их многозначный характер. При этом игнорируется тот важный факт, что каждое значение зависит от некоторого онто-эпистемического контекста и тем самым является сугубо «локальным» (см. об этом разделы 2.6, 3.2).

В связи со сказанным представляется весьма уместным и своевременным рассмотрение иерархий, с которыми имеет дело биологическая систематика, в их самом общем понимании. Оно показывает, что наша дисциплина сплошь пронизана иерархиями разных уровней общности и содержания. Наиболее значимые из них характерны для всей познавательной ситуации систематики, которая представляет собой глобальную иерархически упорядоченную трёхчленную концептуальную конструкцию (см. раздел 2.1). Более конкретные иерархии подразумеваются общими и частными таксономическими теориями, лежащими в их основе онто-эпистемическими моделями, специфическими концепциями (такими как виды и гомология), конкретными классификациями и т. д. Все эти иерархии требуют тщательного анализа с широкой научно-философской точки зрения, чтобы выявить как общие присущие всем им свойства, так и отли-

чительные особенности, характерные для различного рода частных иерархий.

* * *

Предлагаемый в настоящей книге научно-философский взгляд на биологическую систематику основан на идеях выше упомянутого современного концептуализма и когнитивистики (Swoyer, 2006; Величковский, 2006; Bengson et al., 2011; Thagard, 2023). Подобный общий подход лежит в основе предыдущих книг автора, посвящённых истории и теории биологической систематики. По этой причине рассмотренные здесь основные идеи в некоторой степени повторяют те, которые уже были изложены в тех книгах, что может дать повод обвинить автора в самоповторе. Но на самом деле эти идеи не просто повторяют более ранние авторские мысли и формулировки, а скорее уточняют их таким образом, чтобы они в наибольшей степени соответствовали основной теме данной книги.

Принятый в ней широкий научно-философский контекст подразумевает дедуктивное рассмотрение общей темы книги. Оно начинается с общих представлений о том, каким образом организована познавательная деятельность в систематике как естественнонаучной дисциплине. Далее идут идеи об иерархиях, разработанных в других дисциплинах (системология, экология, география, социология и др.), которые добились бóльшего успеха в данном отношении в сравнении с систематикой. Эти представления и идеи составляют основу анализа иерархической структуры систематики как частного случая общих проявлений иерархической организации Природы и знания о ней. По этой причине книга изобилует концепциями и терминами, разработанными в других дисциплинах и не слишком хорошо знакомыми биологам; соответственно, они расшифрованы с минимально необходимой детальностью. Одной из основных задач автора было показать, как эти «чужеродные» идеи помогают понять и прояснить те вопросы, которые фигурируют в самой систематике. При этом некоторые концепции оказались весьма важными для более глубокого понимания общей темы иерархии в нашей дисциплине — например, *монотонная* иерархия в информатике и *панархия* в экономике (см. гл. 3).

* * *

Как видно из выше сказанного, общая авторская позиция определяет основную тему данной книги как *концептуальное рассмотрение иерархий в биологической систематике*. В основе этой позиции — убеждённость в том, что науки не бывает без научных теорий, а этих последних — без их философского осмысления. В конечном итоге именно философия науки решает, можно ли считать познаваемые природные явления объективно существующими, какое знание является научным, по каким основаниям допустимо считать предмет познанным и т. п. Без всего этого таксономическое знание рискует остаться на том архаичном уровне, который характерен для фолк-систематики (о ней см., напр., Atran, 1990; Павлинов, 2018; также раздел 1.1 настоящей книги) и выражается простейшей формулой — «что вижу, то пою».

Отсюда ясно, что в предлагаемой книге не стóит искать практических рекомендаций относительно иерархического устройства классификаций. Она адресована главным образом тем, кто интересуется научно-философскими основаниями систематики как одного из разделов современного естествознания. В том числе тем, кого занимает вопрос не только о том, *как*, но и *почему* так или иначе выстраиваются иерархические классификации.

* * *

В главе 1 описывается историческое развитие представлений об иерархиях, рассматриваемых в биологической систематике. Дан краткий критический анализ идей этнобиологии, касающихся иерархической структуры фолк-классификаций. Обсуждается разработка античными натурфилософами и средневековыми схоластами рациональных основ познавательной деятельности, основное внимание уделено развитию иерархической родо-видовой схемы. В двух разделах излагается история дебатов вокруг ранговых и безранговых таксономических иерархий. Кратко суммирована история представлений о мерономических иерархиях.

В главе 2 представлен обзор общих идей, разработанных современным концептуализмом, применительно к биологической систематике. Рассматриваются следующие вопросы: что представляет собой когнитивная ситуация в этой дисциплине и как она структурирована; каким образом организованы теоретические основания систематики, включая её базовый понятийный аппарат и иерархическую структуру общей таксономической теории, какова концептуальная трактовка онто-эпистемического статуса иерархий; что такое системное мировоззрение и как оно соотносится с иерархическим видением как биологического разнообразия, так и знаний о нём; каков смысл интерпретации классификации как специфической познавательной системы.

В главе 3 рассматриваются наиболее фундаментальные вопросы, касающиеся иерархий, в том числе что такое иерархия в целом и каковы её разнообразные проявления в биологической систематике. В связи с этим обобщаются основные характеристики иерархий, обсуждается их онто-эпистемический дуализм, анализируется их топология, уровневая архитектура и нечёткий характер. С точки зрения концептуализма рассматриваются общие принципы иерархизации таксономических систем и горячо обсуждаемый в настоящее время вопрос их ранжирования.

В главе 4 кратко характеризуются три основных стиля репрезентации иерархий в биологической систематике — текстовый, древовидный и плоскостной.

* * *

Автор глубоко признателен М.В. Калякину и Г.Ю. Любарскому за внимательное прочтение раннего варианта книги и сделанные замечания.

ГЛАВА 1
ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР

Среди основных принципов современной (неклассической) философии науки, включая эволюционную эпистемологию и когнитивистику, для нас в данной главе имеют первостепенное значение следующие. Во-первых, любую достаточно развитую когнитивную (знаниевую) систему (в понимании Розова, 2008) можно рассматривать как открытую неравновесную систему (см. об этом раздел 2.7). Во-вторых, историческое развитие такой системы предполагает изменения познавательных целей, базовых допущений об исследуемом объекте и исследовательских методах. В-третьих, это развитие аналогично биологической эволюции и влечёт за собой дифференциацию когнитивной системы в связи с изменениями её содержания (цели, допущения, методы) (Popper, 1972; Hull, 1988; Хахлеег, Хукер, 1996; Лекторский, 2001; Меркулов, 2003; Микешина, 2005). В-четвёртых, как следствие, оно предполагает структуризацию системы, в том числе иерархическую, что в нашем случае означает диверсификацию концепций и идей разных уровней общности, составляющих содержание теоретического знания. Наконец, такая развивающаяся система, образно говоря, является «жертвой собственной истории»: на каждом этапе истории её достигнутое состояние в большей или меньшей степени зависит от предшествующих (Brooks, Wiley, 1986). Следовательно, для понимания концептуального содержания биологической систематики на любом этапе её исторического развития, включая современный, важно проследить её истоки и принять во внимание всё многообразие её развивающихся идей. Кроме того, правильное знание истории полезно для сопоставления старых и новых идей, чтобы достаточно трезво оценивать масштаб и оригинальность последних.

Историческое развитие биологической систематики в общем направлено на всё более глубокое понимание структуры биологического разнообразия — точнее, того его аспекта, который в настоящее время обычно называют *систематическим разнообразием*. Это развитие следует за изменением концептуального базиса естествознания, включая представления о причинах материального мира вообще и разнообразия организмов в частности, критерии научности и истинностного статуса таксономического знания, состоятельности исследовательских методов и т. д. Такое видение концептуальной истории систематики обусловливает прежде всего интерес к развитию её теоретического содержания, главным образом таксономических теорий. Опираясь на эти фундаментальные трансформации, следствием которых оказываются изменения конкретных классификаций, выделяются основные направления и этапы в истории этой дисциплины (Павлинов, 2018).

1.1. Истоки: фолк-систематика

Начальный этап истории биологической систематики, который скорее следует считать её предысторией, сформировался в результате познавательной деятельности первобытных людей. Сама эта деятельность сложилась на основе специфической формы адаптивного когнитивного поведения высших животных, способных распознавать сходные и различные объекты и бессознательно так или иначе группировать их — т. е. *классифицировать*. В результате сформировалась так называемая *фолк-систематика* (народная систематика), важной отличительной чертой которой является то, что а) классифицирование вещей по их сходству часто становится в той или иной степени осознанным и целенаправленным и б) их распознаваемые группы обозначаются определёнными языковыми средствами в коммуникативных целях (Atran, 1990; Berlin, 1992; Ellen,

2008; Павлинов, 2015, 2018; Любарский, 2018). Такая первобытная форма познавательной деятельности человека во многом сохраняется в современных традиционных сообществах, она даёт важнейшую информацию о предыстории научной систематики.

Основной продукт классификационной деятельности первобытных людей, связанной с первичной структуризацией их представлений об окружающем мире, традиционно называют *фолк-классификациями*. Однако с точки зрения американской исследовательницы Элеаноры Рош, эти ментальные «модели» структуры разнообразия растительного и животного мира следует считать не классификациями, а *категоризациями* (Rosch, 1973). По мнению Рош, первые разрабатываются на более или менее сформированной рациональной (концептуальной, методологической) основе, тогда как вторые формируются как архаичные типологии на основе неких *прототипических* образцов. Очевидно, категоризация в смысле Э. Рош не имеет отношения к той, которая связана с выделением иерархических категорий в современной систематике (см. раздел 3.4). Эту категоризацию имеет смысл считать вариантом классификации, понимаемой в самом общем смысле, поскольку многие систематики-эмпирики разрабатывают свои таксономические системы на основе интуивно-типологического восприятия живой природы.

Фолк-классификации (или категоризации, если угодно) в значительной степени мотивированы прагматически и, будучи порождением местных народных культур, обычно имеют выраженные локальные отличительные черты. При этом, однако, наиболее продвинутые варианты народных классификаций не столь примитивны и строго утилитарны, как их «животные» предшественники; по крайней мере, некоторые из них в какой-то степени рациональны и обладают определёнными универсальными чертами (Brown, 1991; Atran, 1992; Berlin, 1992; Любарский, 2018).

К числу последних, как считают довольно многие этнобиологи (Б. Берлин, С. Браун, С. Этрен и др.; с ними согласен Г. Любарский), относится их общая иерархическая структура: в соответствующих фолк-классификациях выделяются и именуются некие совокупности организмов разного уровня общности. Подоплёка таких иерархий трактуется двояко. При онтическом рассмотрении предполагается, что они отражают определённую иерархическую структуру разнообразия животных и растений, которая проявляется в целом однотипно в разных природных сообществах. Их эпистемическое рассмотрение исходит из структуралистской концепции единой *когнитивной матрицы* или *когнитивной карты*, которая, как предполагается, является частью общих интеллектуальных способностей представителей вида *Homo sapiens* (Atran, 1990; Atran, Medin, 2008). Эта «матрица», в которую встроен иерархический стиль мышления, заставляет людей воспринимать окружающий мир как иерархически упорядоченный и отражать его с помощью соответствующих иерархически упорядоченных ментальных образов (познавательных моделей). Кроме того, допускается, что такое иерархическое видение окружающего мира может быть результатом неосознанной экстраполяции на него иерархической структуры человеческого общества (Durkheim, Mauss, 1963).

Важно иметь в виду, что предполагаемые иерархические уровни в фолк-классификациях даны их исследователям в неявной форме: они никак не закреплены терминологически их создателями-аборигенами, даже если конкретные так или иначе выделенные группы организмов действительно поименованы (деревья, травы, звери, рыбы, черви и т. д.). По этой причине этнобиологи, чтобы распознавать и обозначать фолк-таксономические ранги, вынуждены применять стандарты, разработанные современной научной систематикой. Одним из таких стандартов является *фолк-номенклатура*, интерпретация которой, согласно первопроходцу в этой области американцу Бренту Берлину, автору книги «Этнобиологическая классификация», основана на предположении, что «этнобиологическая номенклатура — это естественная система наименований, которая показывает, как люди *концептуализируют* живые объекты в окружающей среде» (Berlin, 1992, p. 26; курсив ориг.). Из этого видно, что фолк-классификации представляются исследователям в форме упорядоченных систем народных названий, поэтому их можно рассматривать как *биолингвистические* (Chamberlain, 1992).

В соответствии с указанными стандартами, этнобиологи обычно выделяют от четырёх до шести основных фолк-таксономических иерархических уровней, или рангов, и склонны приписывать им более или менее универсальный характер (рис. 1.1). На самом высоком уровне чаще всего выделяются традиционные «линнеевские» *царства* (растения и животные). Фолк-таксоны, идентифицируемые на следующем

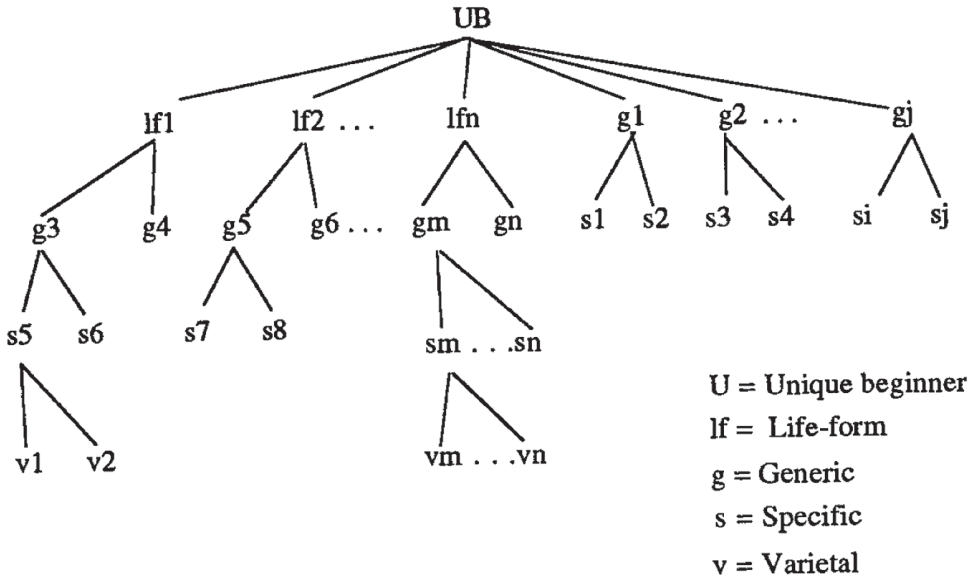


Рис. 1.1. Схема основных иерархических уровней (рангов) в фолк-классификациях (Berlin, 1992).

более низком уровне, обычно соотносятся с *жизненными формами*: среди растений это травы, кустарники и деревья; среди животных — звери, птицы, змеи, рыбы, «мухи», «черви». На следующих более низких уровнях обычно выделяются *фолк-роды* и *фолк-виды*; для случаев, когда невозможно однозначно соотнести эти последние с современными стандартами, вводятся нечёткие категории *родо-вида* (generic species) и *видемы* (specieme) (Bulmer, 1974; Tyler, 1991; Atran, 1998; Atran, Medin, 2008).

Рассматривая общую структуру фолк-классификаций, этнобиологи уделяют особое внимание распознаванию *выделенных* (salient) категорий, которые предложено называть *категориями базового уровня* (Rosch, 1973; Posey, 1984). Они включают объекты, которые являются для коренных народов особо значимыми по тем или иным основаниям (когнитивным, прагматическим и др.). При этом различные исследователи по-разному определяют такие категории, что зависит как от интересов референтных групп, так и от точек зрения исследователей. Те, кто акцентирует внимание на когнитивных установках коренных народов, в таком качестве склонны рассматривать категории высокого уровня (напр., жизненные формы), которые воспринимаются и выделяются как основные структурные компоненты природных сообществ. С другой стороны, акцентирование внимания на прагматической мотивации фолк-классификаций приводит к предположению, что коренные народы склонны прежде всего выделять категории низкого ранга (роды, виды) как наиболее значимые для выживания человека «здесь и сейчас».

Все эти факты могут свидетельствовать о том, что современные исследователи, хотя и стремятся раскрыть нативную структуру фолк-классификаций, на самом деле просто накладывают свои собственные «когнитивные матрицы» на знания коренных народов и тем самым заставляют их, в некотором смысле, «говорить на чужом языке». Разумеется, такой «инструменталистский» по своей сути подход совершенно неизбежен; но и абсолютизировать его не сто́ит. В результате такой некритичный перенос современных концептуальных рамок на местные фолк-классификации, которые формируются в совершенно иных когнитивных контекстах, влечёт за собой их чрезмерную стандартизацию и может приводить к неверным представлениям об их иерархической структуре. Этот вывод представляется особенно актуальным, если рассматривать архаичные системы категоризации как панархии (о них см. раздел 3.3): этот формализм означает, что такие системы дополняются определённым высшим уровнем, который в данном случае сформирован концептуальными схемами современных исследователей. В этой связи следует ещё раз напомнить идею Э. Рош о том, что фолк-классификации (категоризации) и современные классификации выстраиваются на существенно разных основаниях. Поэтому когда некоторые этнобиологи пытаются исследовать фолк-классификации без применения к ним современных шаблонов, те часто оказываются организованными в сети или блоки.

1.2. Иерархизация универсума в Античности

Наиболее значительным вкладом античной натурфилософии в последующее развитие познавательной деятельности человека является её существенная рационализация (Гайденко, 2003). Это означает, что как сама Природа (*φύσισ*), так и знание о ней (*γνόσις*, *επιστόμη*) организованы сходным закономерным (рациональным, разумным) образом — и именно эта единая закономерность делает Природу познаваемой с помощью специфических познавательных средств, которые организованы в Метод в его самом общем значении (Аристотелев *Органон*). Основной целью познавательной деятельности антиков было постижение качественной структуры Природы, поэтому ключевую часть их метода можно представить как специфическую рациональную категоризацию как наблюдаемых, так и воображаемых явлений согласно определённым правилам логики. Соответственно, основные задачи организованного таким образом познавательного процесса включали, во-первых, выделение существенных признаков природных (реальных) объектов и, во-вторых, упорядочивание отсылающих к ним ментальных объектов (концепций, понятий) в иерархическую систему, которая соответствовала бы иерархическому порядку Природы.

На фоне этих общих идей, объединявших античную натурфилософию, последняя была весьма разнородной в том, что касается конкретного понимания причин и структуры как Природы, так и Метода. Обобщая это разнообразие, можно выделить два основных мировоззрения с соответствующими когнитивными средствами, которые были наиболе полно разработаны Платоном и Аристотелем. Они сформировали базовые принципы почти всей классической античной и последующей средневековой философии.

Картина мира Платона (*Πλάτων*; настоящее имя Аристокл, *Αριστοκλής*; 428–348 до н. э.) основывалась на общем понятии *эйдоса* (*είδοσ*) как неизменной вечной надматериальной основы Природы; в этом отношении платоновскую версию натурфилософии по праву можно называть *эйдологией* (Асмус, 1976). По отношению к материальному миру эти эйдосы выступали как *формы* (*μορφή*), обусловливающие бытие вещей в нём. Платоновский универсум был организован нисходящим каскадом причинно-следственных связей, в котором *Единое* (*τὸ ἕν*) служило высшим творческим началом и причиной всего сущего. Этот причинно-следственный каскад начинался с эманации эйдосов высшего порядка, которые, в свою очередь, эманировали эйдосы более низких порядков, пока низшие из них, соединяясь с *материей* (*ὕλη*), не воплощались в конкретные вещи, становясь их *усиями*, или *сущностями* (*οὐσίας*). В процессе глобальной эманации каждый эйдос высшего порядка, порождая следующие эйдосы низших порядков, становился *геносом* (*γένοσ*) по отношению к ним. Соответственно, некая эманируемая идея оказывалась эйдосом не «вообще», а лишь по отношению к породившему её геносу. Это означало, что генос и эйдос были тесно взаимосвязаны и взаимозаменяемы по своему статусу: один не существовал без другого, и каждый мог стать другим в зависимости от его места в общей иерархии эманаций. Такие их отношения подразумевали специфический *родо-видовой дуализм* с сопутствующей ему *родо-видовой неопределённостью*.

Такой процесс последовательной эманации приводил к возникновению всеобъемлющей иерархии геносов и эйдосов различных уровней общности. Последовательность шагов (уровней) эманации порождала *иерархию степеней совершенства* сущностей, которая была упорядочена согласно *Шкале совершенства* в соответствии с их близостью к всеохватной завершённости изначального Единого. Такая упорядоченность впоследствии будет названа *Лестницей совершенства*, полнота которой делает её непрерывной *Лестницей бытия* (*Scala Naturae*), очень популярной среди натурфилософов XVI – начала XIX вв. (Лавджой, 2001). Следует отметить, что Единое со всеми его эманациями геносов и эйдосов сохраняло свою всеобъемлющую целостность; принимая во внимание современное разграничение таксономической (агрегативной) и партономической (холистической) структуры разнообразия сущностей любого уровня общности (см. раздел 2.3), платоновскую эманацию допустимо рассматривать как вариант партономического деления универсума.

Натурфилософия, разработанная Аристотелем (*Ἀριστοτέλης*; 384–322 до н. э.), была основана на мировоззрении, во многом противоположным таковому Платона. В аристотелевой картине мира центральное место занимала концепция усии, а вся Природа представлялась организованной восходящим каскадом причинно-следственных связей, поэтому его натурфилософскую систему можно с полным пра-

вом назвать *усиологией* (Асмус, 1976; Marx, 1977). Согласно Аристотелю, вечные *первичные* (*πρότε*) усии были встроены в кратковременно существующие конкретные вещи, тем самым делая их *такими, какие они есть* (*τὸ τί ἦν εἶναι*). Восходящий причинно-следственный каскад приводил к возникновению вторичных, третичных и так далее усий более высоких уровней общности, которые становились геносами и эйдосами в глобальной иерархии универсума. Последняя была подобна платоновской в том смысле, что включала в себя ту же Лестницу совершенства, но принципиально отличалась от неё противоположной направленностью всеобщей системы причинно-следственных связей.

Следует подчеркнуть, что как платоновская, так и аристотелевская натурфилософии в части онтологии придерживались реалистичного понимания категорий геноса, эйдоса и усии. Их реальность заключалась в том, что они существовали вне (до и помимо) познавательной деятельности человека; этим они радикально отличались от концепций и понятий, которые возникали и существовали в познающем сознании как соответствующие им ментальные образы. Вся Природа исчерпывалась всеобъемлющей иерархией этих категорий разных уровней общности; это означало, что в реальном мире не может существовать ничего, что выходило бы за рамки этой иерархии и не было бы либо геносом, либо эйдосом.

При этом обе рассматриваемые натурфилософии предполагали двоякий способ существования этих категорий: они относились как к качествам (свойствам) вещей, включая организмы, так и к вещам и их совокупностям. Их статус как качеств был первичным, поскольку всё сущее порождалось именно качествами разных уровней общности. Сами же вещи и их совокупности оказывались вторичными в той мере, в какой приобретали своё действительное бытие, т. е. становились такими, какие они есть, благодаря тем элементарным качествам (усиям), которые они воплощали. В современной терминологии первая трактовка (категории как качества вещей) обозначается как *мерономическая*, тогда как вторая (категории как совокупности вещей) — как *таксономическая* (об этом см. раздел 2.2). Такое двоякое бытие, а равно и понимание геноса и эйдоса означало их *таксоно-мерономический дуализм*, который отражал определённое единство двух этих способов существования одних и тех же онтических категорий: они одновременно были и мерономическими, и таксономическими (Павлинов, 2018).

Что касается эпистемологии, то лежавшей в её основании ключевой идеей было признание единства Природы и Метода, объединённых общим рациональным принципом. Это единство подчёркивалось однотипным обозначением их категорий как геносов и эйдосов, что означало *онто-эпистемический дуализм* последних. При этом Платон и Аристотель, несмотря на их противоположные онтологии в отношении характера упорядоченности общего каскада причинности, в значительной степени сходились в основных принципах *дедуктивного* (от общего к частному) построения эпистемологии. Это означало, что основу Метода должна составлять специфическая когнитивная иерархия, которая начинается с постижения *величайших геносов* (*μέγιλστα γένή*) и продолжается последовательным делением ментальных геносов и эйдосов вплоть до низшего уровня усий.

Соответственно такому пониманию Метода, всеобъемлющее знание о Природе исчерпывалось включающей иерархией геносов и эйдосов как базовых понятий разных уровней общности. Поскольку названные категории относились в первую очередь к качествам вещей, а не к их совокупностям, то логика, лежащая в основе этого Метода, была *интенсиональной* (Gotthelf, Lennox, 1987). При этом можно полагать, что на соотношение указанных эпистемических категорий распространялось то же холистическое понимание их общей иерархии, что и в случае их онтических прототипов. На этом основании античный Метод допустимо считать предшественником логической системы *мереологии* (об этих и других схемах и системах см. раздел 2.4).

Иерархическая система геносов и эйдосов служила специфической познавательной моделью Природы. В современных терминах такую модель допустимо рассматривать как своеобразную *классификацию*, соответственно чему категории геноса и эйдоса фигурировали в ней как *классификационные универсалии*. Для нашего рассмотрения первостепенное значение имеет то, что общая схема аргументации, порождавшая эту классификацию, будет затем воплощена схоластикой в логическую *родо-видовую схему*, а эта последняя составит методологическую основу нарождающейся систематики (см. далее).

Общая идея иерархически взаимосвязанных классификационных универсалий стала судьбоносной для их дальнейшего развития неоплатониками и схоластами. Как было сказано вы-

ше, категориальный статус геносов и эйдосов в классификации был того же порядка, что и в их онтически интерпретируемой иерархии с её родо-видовым дуализмом и неопределённостью. Соответственно, они были не абсолютными и неизменяемыми, а скорее относительными и взаимозаменяемыми; при этом их попарная соподчинённость строго соблюдалась на каждом уровне классификации, как и в случае с их онтическими прототипами. В результате некая познавательная категория приобретала статус эйдоса в классификации на своём уровне в результате разделения соответствующего геноса более высокого уровня, при этом она, в свою очередь, становилась геносом, если подвергалась дальнейшему разделению на эйдосы более низкого уровня. Такая специфическая взаимосвязь между этими классификационными категориями выше была обозначена как родо-видовой дуализм, который на протяжении веков будет оставаться в центре комплексной родо-видовой проблематики. В случае его эпистемической реализации он повлёк за собой *безранговую скользящую иерархию* взаимозаменяемых геносов и эйдосов разных уровней общности (Павлинов, 2018).

Приечательно, что Аристотель, подробно излагая своё понимание этих категорий как обозначающих конкретные группы организмов, чётко проводил различие между их онтическим (естественным) и эпистемическим (логическим) толкованиями. С одной стороны, рассматривая их онтически как основные элементы Природы, он трактовал их как непрерывные цепочки поколений и обозначал как *γενέισ* и *φιλέισ*, соответственно. С другой стороны, когда те же категории рассматривались им эпистемически как классификационные единицы (таксоны в современной терминологии), объединяющие сходные вещи, генос обозначался как нечто *односущностное* (*ὁμοούσιος*, *homoousios*), а эйдос — как нечто *одноформенное* (*ὁμοειδή*, *homoeidos*). Один из недавних комментаторов Аристотеля предложил обозначить его классификационные категории (единицы) как *квазирод* и *квазивид* (Lloyd, 1962; не в новейшем понимании, см. Павлинов, 2018), чтобы отличить их от онтически трактуемых.

Впоследствии, когда эти категории станут рассматриваться преимущественно в экстенсиональном аспекте как совокупности вещей (конгрегации), их онто-эпистемический дуализм будет отчасти устранён. Первым, кто сделал это, вероятно, был ученик Аристотеля Теофраст (*Θεόφραστος*, лат. *Theophrastos*; настоящее имя Тиртамос, *Τυρτάμοσ*; ок. 370–288 до н. э.), который в своей «Истории растений» (*Περὶ φυτῶν ἱστορία*) использовал данные категории главным образом в их классификационном значении; в русскоязычном издании этого трактата (1951 г.) они будут стандартно переведены как *род* и *вид*.

1.3. Разработка и освоение родо-видовой схемы

После Платона и Аристотеля общий тренд рационализации понимания как самой Природы, так и методов её исследования, был подхвачен позднеантичными неоплатониками, которые объединили платоновскую онтологию с аристотелевской эпистемологией, и затем средневековыми схоластами, которые поместили их обе в библейский контекст. С точки зрения основной темы нашей книги, одним из их наиболее значительных достижений в развитии такой комплексной онто-эпистемологии стала разработка уже упомянутой дедуктивной родо-видовой схемы последовательного деления понятий. Эта схема стала первым шагом в разработке современных принципов классической (аристотелевой) логики, которая считалась всеобщей вплоть до начала XX в. (Маковельский, 2004). Для нас же более всего важно то, что она послужила основой для развития классификационной методологии в зарождающейся биологической систематике, вооружив её иерархической схемой аргументации и вдобавок подарив эссенциалистскую трактовку ранней таксономической номенклатуры (Павлинов, 2015).

> Прослеживая формирование «иерархического» стиля мышления в ранней натурфилософии и науке, следует отметить, что воплощающая её родовидовая схема на самом деле была выведена из линейной Лестницы совершенства и может рассматриваться как специфическое «расширение» последней (Evangeliou, 1996). Она выстраивалась на основе онтической Лестницы совершенства, согласно которой все объекты располагались в порядке от высшего к низшему. Согласно этому, например, генос «Живое» делился на эйдосы более низкого порядка «Чувствующие» и «Нечувствующие».

Понятийный аппарат (тезаурус) родо-видовой схемы, который разрабатывали схоласты, отражал тот факт, что язык европейской постантичной философии стал преимущественно латинским из-за переноса «центра тяжести» средневековой культуры с греческого на римский. Соответственно, *γένοσ* стал единообразно переводиться как *genus* (род) тогда как *εἶδοσ* трансформировался в *idea*, *forma* или *species* в зави-

симости от контекста, в который он помещался. Первое значение более всего соответствовало первоначальному платоновскому пониманию *εἶδοσ* (идея), тогда как во втором и третьем случаях оно было ближе к его пониманию как *μορφή* (форма). Поэтому категории *forma* (форма) и *species* (вид) фигурировали у многих средневековых философов, начиная с теолога Аврелия Августина (лат. *Aurelius Augustinus*, 354–430), чуть ли не как синонимы (Gilson, 1955). Так что представляется разумным объединять их под общим понятием *видоформа* или *форма-вид* (Gotthelf, Lennox, 1987), чтобы отразить их таксоно-мерономический дуализм (Павлинов, 2018).

Хотя классическая античная натурфилософия, без сомнения, предполагала объективное существование рассматриваемых категорий в их общем онто-эпистемическом толковании, в средневековой схоластике противоречие между их реалистической и номиналистической трактовками стало одним из центральных вопросов онто-эпистемологии. Это объяснялось главным образом тем, что схоласты признавали довольно жёсткую оппозицию между объектами исследования и когнитивными инструментами, применяемыми познающими субъектами, т. е. между онтологией и эпистемологией. Такое их противопоставление усиливалось тем фактом, что интерпретация рода и вида как логических (классификационных) универсалий приобрела первостепенное значение в связи с концентрацией схоластики на принципах рациональных основ познавательной деятельности.

Впервые этот вопрос подробно рассмотрел финикийский неоплатоник Порфирий (Πορφύριος, лат. *Porphyry*, IV в.) в своём трактате (всё ещё на греческом языке) «Введение в ‘Категории’ Аристотеля» (*Εἰσαγωγή*, лат. *Isagoge*; *Introductio in Praedicamenta*). Важно подчеркнуть, что Порфирий исповедовал натурфилософию платоновского реалистического толка, а признаваемый одновременно с этим онто-эпистемический дуализм геноса (рода) и эйдоса (формы-вида) служил основой для надёжного обоснования их эпистемической интерпретации как предикатов. Всё это вместе взятое предполагало прямое соответствие между онтической Лестницей бытия и эпистемической родо-видовой схемой как *Лестницы суждений* (лат. *Scala praedicamentalis*). Исходя из этого, Порфирий подтвердил общую идею о дедуктивном характере выведения эпистемической иерархии геносов и эйдосов, включая их строгое логическое соподчинение в этой иерархии. Он заключил последнюю между «величайшим геносом» (*megistum*) сверху и «самыми специфическими эйдосами» (*specialissimum*) снизу. Кроме того, он обозначил все возможные подразделения соответствующей иерархии как подчинённые (*subalterna*) геносы и эйдосы, причём каждый из них становится либо геносом, либо эйдосом в зависимости от конкретных решаемых когнитивных задач. В рамках этой дедуктивно построенной иерархии а) генос всегда предшествовал эйдосу на каждом шаге дедукции, б) они были эквивалентны в той мере, в какой были взаимозаменяемы по своему предикативному статусу, и в) поэтому иерархия, которую они составляли в целом, была без рангов и скользящей, без чётко фиксированных ступеней дедукции.

Важной частью последующего развития схоластической познавательной программы на основе идей Порфирия стало обоснование трёх основных мировоззрений, а именно *реализма*, *номинализма* и *концептуализма*, соотношение между которыми до сих пор составляет наиболее фундаментальный предмет философских споров в естествознании (см. раздел 2.1). Их обсуждение задало концептуальные рамки всей родо-видовой проблематики, разрабатываемой схоластами: дискуссии вращались в основном вокруг онто-эпистемического статуса родов и видов, включая их происхождение как в природе, так и в сознании, а также их иерархические взаимоотношения. В обоих случаях рассмотрение этой проблематики схоластами косвенно касалось (в нашей терминологии) таксоно-мерономического дуализма, причём акцент делался на понимании этих категорий как сущностей.

Таким образом, схоластика укрепила античную идею о том, что рассматриваемые категории актуально существуют и мысленно распознаются в тесной взаимосвязи. Этот тезис совершенно определённо обозначил ирландский философ и богослов Эриугена (*Johannes Scotus Eriugena*, IX в.), который в трактате «О делении Природы» (*De divisione naturae*) заявил, что «род — это род видов, а виды — это виды рода». Этим он подчеркнул, что а) вид не является независимым от рода, а просто представляет его детализацию, б) некая категория становится родом, если она делится на соответствующие подкатегории более низкого уровня в качестве его видов, в) это означает, что вид становится родом, если делится далее, г) таким образом, их конкретный когнитивный статус не фиксирован. Из-за этого они оказываются взаимосвязанными вышеупомянутым родо-видовым

дуализмом, который (повторим) делает их общую иерархию скользящей безранговой.

* * *

Особый акцент на онтической интерпретации происхождения и иерархических взаимосвязей родов и видов, восходящей к натурфилософии Платона, был привнесён библейской картиной мира в связи с распространением и растущим влиянием христианской церкви. На этой основе сформировался специфический «христианский платонизм», который оказал значительное влияние на позднеантичные и раннесредневековые натурфилософские идеи, имеющие прямое отношение к нашему предмету. Согласно одной из его ранних версий, иерархия всеобщего бытия возникла как воплощение божественных архетипов, или «высших сущностей», включающих в потенции целостность иерархии всей совокупности родов и видов.

Одним из особо примечательных результатов такого натурфилософского взаимовлияния стало появление самого термина «иерархия». Его автором был полумифический персонаж Дионисий Ареопагит (1-й век н. э.) — предполагаемый автор трактата «Ареопагитики» (*Corpus Areopagiticum*, *Dionysiacum*) (IV век, первоначально написан на греческом языке; Hathaway, 1969; Любарский, 2018). Он исходил из библейской онтологической идеи «ангельских чинов», составляющих *Небесную лестницу совершенства*, направленную к Творцу. Эта Лестница отражает последовательность небесных воплощений божественных архетипов: таким образом, Дионисиев неологизм *иерархия* (*ἱερὸς ἄρχων*) этимологически обозначает *истоки* (*ἀρχή*) порядка *сакральных сущностей* (*ἱερω*). Будучи библейской по своему происхождению и содержанию, эта общая «небесная конструкция» была сродни античной Лестнице совершенства универсума, причём и та, и другая были организованы линейно (Лавджой, 2001).

Одни варианты этого небесного порядка действительно были строго линейными и включали последовательность из 9–11 ангельских *чинов* в соответствии с их близостью к Творцу. Однако в других, более сложных вариантах, начиная с ветхозаветной апокрифической «Третьей книги Еноха» (позже Псевдо-Климент, Фома Аквинский и др.) эти чины были сгруппированы в 3–5 фиксированных *степеней* (*τάξες* Псевдо-Дионисия) (Дорофеев, 2001). Благодаря такой группировке строго линейная иерархия становилась включающей двухуровневой блочной иерархией, в которой были выделены определённые агрегации ангельских чинов. Это стало косвенным прототипом вложенной ранговой иерархии, в которой будет зафиксировано несколько иерархических категорий (рангов).

* * *

Признавая некую разделённость онтической и эпистемической компонент когнитивных ситуаций и вместе с тем соглашаясь с онто-эпистемическим дуализмом родов и видов, схоласты уделяли много внимания взаимосвязям их онтической и эпистемической ипостасей. Разбирая этот первостепенный вопрос, римский философ и государственный деятель Боэций (*Anicius Manlius Boethius*, 480–524) в своих «Комментариях к *Isagoge* Порфирия» (*Isagogen Porphyrii Commentorum*) подчёркивал, что роды и виды — это двоякие сущности, бытийствующие в разных ипостасях в реальности и в мыслях (Spade, 1994).

Исходя из этой ключевой идеи, германский богослов и философ Альберт Великий (Albert von Bollstadt, лат. *Albertus Magnus*, 1200–1280) в трактате «О шести принципах» (*De Sex Principiis*) разделил все универсалии на три основные категории: до вещей (*ante rem*, вечные божественные идеи), в вещах (*in re*, воплощения этих идей) и после вещей (*post rem*, концепции, возникающие в человеческом сознании). Эта тройственная категоризация стала особо популярной после её усовершенствования итальянским теологом и философом Фомой Аквинским (*Thomas Aquinas*: 1225–1274) в его многотомном труде «Сумма теологи» (*Summa theologiae*) (Maurer, 1982; Жильсон, 2004). Французский философ Пьер Абеляр (*Petrus Abaelardus*; 1079–1142) в «Трактате о понимании» (*Tractatus de intellectibus*) пишет, что человеческий разум ищет общее в частностях, сравнивая последние друг с другом и уподобляя их (*similitudo* Августина) породившим их божественным идеям. Важно отметить, что Абеляр, по-видимому, был первым, кто включил *когнитивную интенциональность* (*conceptio intentionalis*) в познавательную ситуацию, тем самым подчеркнув, что каждый когнитивный акт является осознанным и целенаправленным; поэтому его признают предшественником концептуализма (Жильсон, 2004).

Примечательно, что схоласты в своих онто-эпистемических изысканиях сохранили Аристотелеву категорию рода практически нетронутой и сосредоточили свои интеллектуальные усилия на виде, разработав для его проявлений разнообразные, иногда весьма подробные категоризации. Это движение было начато Боэ-

цием, который уверял, что «если мы не будем знать, что такое вид, ничто не спасёт нас от заблуждений» (цит. по: Боэций, 1990, с. 12). Аврелий Августин в своем трактате «О Троице» (*De Trinitate*, 410-е гг.) выделил три категории форм-видов: те, которые существуют в объектах (*species corporea*, телесная форма), в их человеческом восприятии (*species impressa*, чувственная форма) и, наконец, формализованные в человеческом разуме (*species expressa*, интенциональная форма). Последователь Августина Халкидий (*Chalcidius*, греч. Χαλκίδιος; конец IV и начало V вв.) в «Комментированном переводе ‘Тимея’» (*Timaeus translatus commentarioque*, начало V в.) проводит различие между архетипическими, или главными (*species archetypa*, *principalis*), и вторичными (*species secunda*) форм-видами. Наиболее подробная схема форм-видов была разработана Аквинатом в форме особых «когнитивных цепочек», которые организовывали всю познавательную деятельность как причинно-связанные последовательности универсалий, а именно: *species sensibiles*, *species in medio*, *species intelligibiles* и т. д. (McGrade, 2003).

Хотя эти разные интерпретации общего понятия формы-вида интересны сами по себе, они не оставили явных следов в его дальнейшем развитии в рамках зарождающейся систематики, в которой категории рода и вида были взяты в их исходном аристотелевом значении.

Английский теолог и философ Уильям Оккам (William of Ockham; 1285–1347), первый великий номиналист, отвергал роды и виды как универсалии на уровне онтологии, но уделял большое внимание их эпистемической функции индуктивного характера (McCord Adams, 1989; Paasch, 2014). По его убеждению, процесс познания начинается с чувственного восприятия вещей, которое предшествует любой концептуализации. За неким начальным чувственным *актом познания* (*actus intelligendi*) следует суммирование частных восприятий в их обобщённый ментальный *образ* (*habitus*). Завершающее конкретный познавательный процесс общее *понятие* (*conceptum*), или *универсалия*, формируется в «душе» познающего субъекта как абстракция многообразия реальных вещей. Согласно Оккаму, термины, обозначающие универсалии, являются всего лишь языковыми единицами, которые ничего не отражают в реальном мире вещей. Эта номиналистическая аргументация будет повторена создателями так называемого «кризиса вида» в конце XIX и начале XX вв.

* * *

Все эти интеллектуальные усилия, направленные на эпистемологию, привели к появлению специфического инструмента средневековых дедуктивных логических умозаключений, который впоследствии станет известен как уже упоминавшаяся *родо-видовая схема*. Последняя а) имеет дело не с самими реальными универсалиями, а с ментальными, существующими в уме в виде понятий и их определений, и б) реализует единую логическую формулу для определения любого понятия (за исключением самого общего) путём указания «ближайшего родового и особенного видового» (*per genus proximum et differentiam specificam*). Вышеупомянутый Эриугена был одним из первых, кто формализовал эту схему в упомянутом труде *De divisione naturae*, в котором представил логику как «искусство, которое разделяет роды на виды и объединяет виды в роды, которое называется *диалектикой*» (цит. по: Erismann, 2007, p. 79). Такое «искусство» позволяет выводить согласно определённым правилам истинные частные суждения о любых анализируемых сущностях из более общих суждений, которые признаются неоспоримо истинными — например, о божественных архетипах. Несмотря на родо-видовой дуализм, иерархическая связь между этими категориями установлена волне строго: род определяет вид, а обратный ход мысли (вид определяет род) запрещён. Соответственно, вид всегда занимает подчинённое положение по отношению к своему роду и не имеет самостоятельного статуса, являясь детализацией последнего. Таким образом, поздняя схоластика, в отличие от своей более ранней предшественницы, стала уделять основное внимание роду и его подразделениям, и именно этот логический подход будет принят первыми систематиками-натуралистами для разработки классификаций живых существ.

Основная терминология названной схемы была разработана Порфирием и затем уточнена философом Роджером Бэконом (Roger Bacon, 1219–1292), который установил *начальное* (*Genus generalissimum*) и *промежуточные* (*Genera subalterna*) логические родовые подразделения и завершил их выделением *крайнего*, далее *неделимого* вида (*Species specialissimum*, *individuum*). Последний в этой иерархической схеме обозначал всего лишь завершающую ступень рассуждений, которая могла относиться к любому уровню обобщения в зависимости от конкретной познавательной задачи. Все эти ступени, за исключением конечной, были

обозначены как роды только (и именно) потому, что они подлежали дальнейшему разделению. При последующей доработке этой схемы схоластами было предложено обозначить начальную точку деления как *Genus summum*, её промежуточные этапы как *Genera intermedia*, последний этап родового деления был обозначен как *Genus proximum*, а его конечная точка — как *Species infima*. Он не делился далее (иначе это был бы очередной род), но был представлен *образцами*: напр., в схеме Порифирия это были Платон и Сократ как представители человеческого вида.

Таким образом, окончательный терминологический вариант разработанной схоластикой всеобъемлющей иерархической родо-видовой схемы, с освоения которой началась история научной систематики, выглядел следующим образом (Павлинов, 2018):

Genus summum
Genus intermedium
.....
Genus intermedium
Genus proximum
Species infima

В этой многоуровневой включающей иерархии ступени деления, соответствующие промежуточным родам, были вполне произвольными, они не были обозначены индивидуальными терминами, их содержание и количество не были заранее фиксированным, а зависели от конкретных исследовательских задач. То же самое относится и к конечному этапу, который легко мог стать промежуточным: например, как много позже предположит английский логик (более известен как ботаник) Джордж Бентэм (George Bentham, 1800–1884) в работе «Новая система логики» (*Outline of a New System of Logic*), «вообще говоря, <...> не существует такого понятия, как *species infima*, т. к. любой вид как единица, к какому бы низкому [уровню деления] он ни принадлежал, подвержен дальнейшему разделению» (Bentham, 1827, p. 117). Именно эта специфическая особенность родо-видовой схемы, как было указано выше, сделала её иерархию безранговой, нефиксированной и скользящей.

Следует, однако, отметить, что эта безранговая схема на самом деле неявно содержала определённый зачаток возможности её последующей ранговой интерпретации. Это было связано с чётким выделением двух базовых иерархических категорий — рода и вида — и, кроме того, нескольких основных шагов последовательного родового деления (*summum*, *intermedium*, *proximum*). Эти ступени позже станут фиксированными рангами в первых версиях ранговой иерархии в биологической систематике в XVIII в. (см. далее). Признание взаимосвязанной пары категорий рода и вида повлечёт за собой весьма своеобразную версию таксономической номенклатуры, в результате чего таксономические обозначения конкретных видов станут сначала *бинарными* (состоящими из двух частей), а затем *биномиальными* (состоящими из двух слов) (Павлинов, 2015).

* * *

С точки зрения развития будущей биологической систематики, важный шаг в совершенствовании логической родо-видовой схемы был сделан благодаря разработке её древовидного графического представления. Его первые версии появились в ранних переизданиях *Isagogen* Боэция и комментариях к нему. Это визуальное представление получило свое общепризнанное обозначение как *дерево Порфирия* (лат. *Arbor Porphirii*, в честь неоплатоника Порфирия) в «Трактате» (*Tractatus*) богослова Петра Испанского (Petrus Hispanus, 1215–1277) (de Rijk, 1972). Изображения *Arbor Porphirii* в разных изданиях *Tractatus* различались по формату (Barsanti, 1992; Rosalinde, 2010), одно из них, довольно живописное, стало наиболее популярным (рис. 1.2).

Основная идея иерархии дерева Порфирия, как и всей родо-видовой схемы, выведена из натурфилософской концепции Платона о последовательной эманации Единого в конкретные роды и виды. Исходя из этого, можно сделать два важных предположения относительно этого дерева: оно а) подразумевает скорее мерономическую, нежели таксономическую интерпретацию соответствующих категорий (см. выше о таксоно-мерономического дуализме) и б) иллюстрирует как шаги их последовательного категориального деления, так и логические связи между ними. И шаги деления, и связи показаны одними и теми же линиями, соединяющими логически связанные роды (шаги деления), что соответствует *линейному* формату дерева Порфирия (см. об этом раздел 4.2).

Последующее развитие этого дерева привело к разделению такой его сложной многозначности. Его интерпретация как «связывающего» будет сохранена логиками, которые активно применяют дерево именно в линейном формате. Наряду с этим, философы и естествоиспытатели разработали «категориальное» дерево как чисто классификационное. Этот вариант графического представления родо-видовой иерархии был ре-

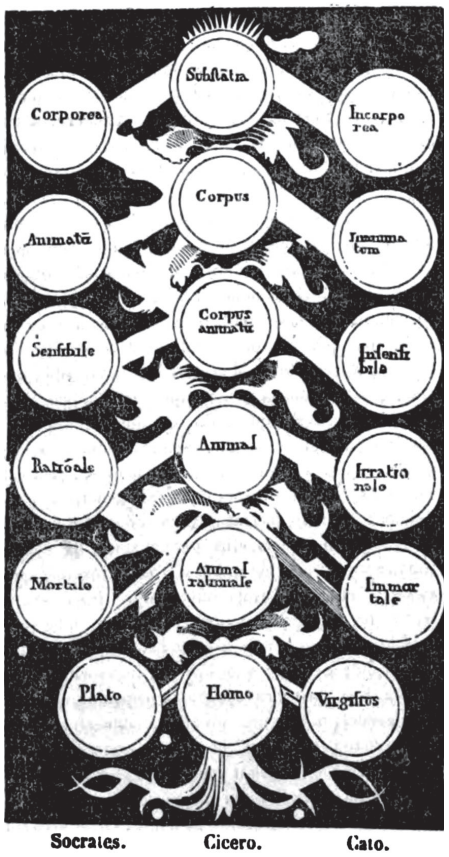


Fig. 1.2. Изображение дерева Порфирия в одном из ранних переизданий *Isagoge* Порфирия (из открытого Интернет-ресурса «The Logic Museum»).

ализован в *скобочном* формате, известном как *дерево Рамуса*. Оно впервые появилось в трактате «Об изобретении диалектики познания» (*De Inventione Dialectica Lucubrationes*, 1479 г.) голландского гуманиста Рудольфа Агриколы (*Rudolphus Agricola*; 1443–1485) и затем усовершенствовано французским логиком Пьером де ля Раме (Pierre de La Ramée, лат. *Petrus Ramus*; 1515–1572) в его труде «Основания диалектики» (*Dialecticae Institutiones*, 1547 г.) (Ong, 1958).

Иерархически упорядоченная структура скобок на «категориальной» древовидной диаграмме (рис. 1.3) была специально разработана как наиболее наглядная демонстрация соподчинения логических сущностей разных уровней общности. Заметная разница между двумя указанными форматами логического дерева, Порфирия и Рамуса, заключалась в том, что первое было ориентировано вертикально, а второе горизонтально относительно страницы инкунабулы или книги. Горизонтальная ориентация дерева Рамуса, вероятно, была обусловлена тем, что она более соответствовала стандартному книжному формату, который к тому времени стал широко распространённым. Всё

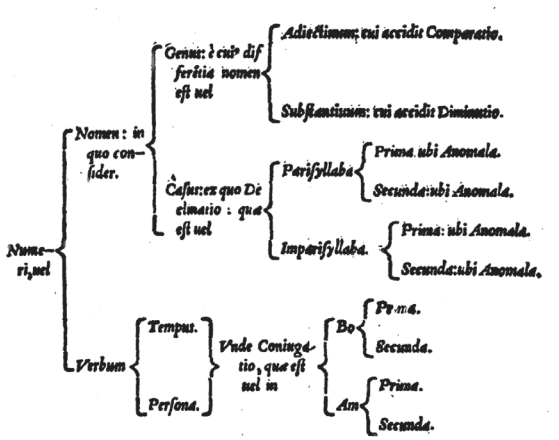


Рис. 1.3. Изображение дерева Рамуса в скобочном формате (Ramus, 1576).

это сделало данное дерево весьма популярным среди натурфилософов и натуралистов. Из первых наиболее интересным (для нас) был трактат «Исследование <...>» (*An essay towards a real character*, 1668 г.) англичанина Джона Уилкинса (John Wilkins; 1614–1672), проиллюстрированный многочисленными деревьями скобочного формата (см. далее). Важно, что именно такой формат представления родо-видовой иерархии впоследствии станет наиболее популярным в ранних трудах по систематике.

В этой последней древовидное представление классификаций стало появляться в некоторых травниках, бестиариях и в самых ранних рационально выстраиваемых классификациях организмов, причём соответствующие схемы в них были именно скобочными, а не линейными. Из них наиболее продвинутыми в этом отношении были «Номенклатура водных животных» (*Nomenclator aquatilium animantium*, 1560 г.) швейцарского натуралиста Конрада Геснера (Conrad Gesner; 1516–1565), «Методы травников» (*Methodi Herbariae*, 1592 г.) богемского натуралиста Адама Залужанского (Adam Zalužanský; 1555–1613) и «О насекомых животных» (*De animalibus insectis*, 1618 г.) итальянского натуралиста Улисса Альдрованди (Ulisse Aldrovandi; 1522–1605) (см. раздел 4.2). С развитием естественного метода схоластической систематики такое графическое представление стало широко применяться для иллюстрации иерархии не только синоптических классификаций растений и животных (Р. Морисон, Дж. Рэй, П. Маньоль и др.), но и некоторых других значимых источников информации. Например, Карл Линней (о нём см. далее) в первых изданиях своих фундаментальных сводок «Система природы» (*Systema naturae*, 1735 г.) и «Классы растений»

(*Classes plantarum*, 1738 г.) изобразил таким образом отношения между различными таксономическими системами предшественников и свою идею о «половой системе» растений.

* * *

Важной предпосылкой к внедрению в систематику схоластических представлений о роде и виде, включая логическую (и, следовательно, классификационную) родо-видовую схему, стало более или менее чёткое разграничение их мерономической и таксономической трактовок. Чтобы подчеркнуть важность этого начинания, следует напомнить, что первая трактовка относится к сущностям вещей, а вторая — к совокупностям этих же вещей. Эти два подхода объединяет таксоно-мерономический дуализм, при котором натурфилософы уделяют наибольшее внимание сущностям, считая их (имея в виду платоновскую эйдологию) первичными по отношению к вещам и их совокупностям. Тем временем систематика станет всё больше интересоваться совокупностями вещей и будет использовать их признаки только как средство для распознавания этих совокупностей.

Первый более чем значимый шаг в этом направлении сделал уже упоминавшийся Альберт Великий в многотомной энциклопедии «О животных» (*De animalibus*, 1479 г.), основанной на аристотелевских зоологических трактатах и названной её ранними комментаторами «Сумма зоологии» (лат. *Summa zoologiae*) по аналогии с «Суммой теологии» (лат. *Summa theologiae*) Фомы Аквинского (см. выше). Альберт объявил в первой книге своей *Summa*, что он намеревается представить описания всех животных «в соответствии с [их] родами и видами», и добавил, что он использует «‘род’ в смысле ‘род птиц’ или ‘род рыб’, поскольку каждый из них содержит множество более мелких родов и видов» (цит. по: Albertus Magnus, 1999, Vol. I, p. 47, 52). Основываясь на этом исходном пункте, он обобщил разнообразие животных в форме довольно подробных описаний их «родов» и «видов», иногда указывая их ранги в названиях соответствующих очерков: например, *De calais duobus generibus falconum*. Такой же, по сути, таксономический подход был характерен для его значительно более краткой ботанической сводки: она включала раздел *Divisiones genera species plantarum*, в котором высшими родами (*Genera summa*) были деревья, кустарники, травы, водоросли, грибы, а один из разделов назывался *Genera et species secundariae*. И всё же его аристотелевские категории рода и вида часто представляли собой смешанные таксономические и мерономические единицы различного уровня общности.

Стоит отдельно отметить, что Альберт понимал онтологию видов живых организмов «по Аристотелю», ссылаясь на то, что в настоящее время называют *генеративной идеей*. Так, он писал в первой книге *De animalibus*, что «виды <...> участвуют в вечном существовании посредством *воспроизведения одних особей от других*, а это может быть так только в том случае, если сила, формирующая животное, передаётся в семени от того, кто производит потомство» (цит. по изданию 1999 г., Vol. I, p. 72; выделено нами). Хотя этот труд, как сказано, был компиляцией зоологических работ Аристотеля, так что Альберт всего лишь повторил идею своего великого предшественника, он заслуживает того, чтобы считаться средневековым провозвестником того, что сейчас известно как *филогетическая (lineage) концепция вида*.

* * *

Общая идея иерархической дедуктивной родо-видовой схемы была осознанно воспринята ранней систематикой XVI–XVII вв. в качестве ключевого инструмента для упорядочивания иерархических классификаций растений и животных на безранговой основе. Например, английский натуралист Джон Рэй (первоначально Wray, лат. *Joannis Raius*; 1627–1705) подчёркивал в нескольких своих трактатах (*De variis Plantarum Methodus*, *Methodus Plantarum emendate*), что растения должны быть классифицированы «в соответствии с правилами логики [и] полное определение [вида] состоит из ближайшего рода и существенных различий» (Ray, 1696, p. 23; Ray, 1733, p. 6). Рассуждая о причинах всего сущего в своей книге «Мудрость Бога» (*The wisdom of God*), Рэй упомянул четыре «основных рода, или отряда» — зверей, птиц, рыб и насекомых (Ray, 1714, p. 21). Аналогичный классификационный подход виден в трактате швейцарского ботаника Каспара Боэна (он же Баугин, лат. *Casparus Bauhinus*; 1560–1624) «Образ представления ботаники» (*ΠΙΝΑΞ theatri botanic*), приоритеты которого подчёркнуты подзаголовком: *Methodicè secundum earum & genera & species proponens* (Bauhin, 1596)

Приверженность ранних систематиков схоластической классификационной родо-видовой схеме проявляется в их сосредоточенности на родах (Павлинов, 2015, 2018; Любарскаий, 2018). Это заметно, например, в «16 книгах о растениях» (*De plantis libri XVI*, 1583 г.) ита-

льянского философа и фитографа Андреа Чезальпино (Andrea Cesalpino; 1524–1603) и в «Очерках ботано-физики» (*Opuscula Botanico-Physica*, 1662 г.) немецкого философа Иоахима Юнга (Joachim Jung; 1587–1657). Ещё одно важное проявление схоластического характера работ того времени можно усмотреть в дроблении категорий рода и вида за счёт их деления на подкатегории *prima*, *secunda*, *tertia*. Примером применения такой категоризации служит травник «История растений» (*De historia stirpium*, 1542 г.) немецкого гербалиста Леонарта Фукса (Leonhart Fuchs; 1501–1566), а также только что упомянутый *Methodus plantarum* Рэя (Arber, 1938; Павлинов, 2018).

В этой связи важно подчеркнуть, что роды и виды, которые натуралисты того времени были склонны выделять на схоластической дедуктивной основе, понимались ими преимущественно как классификационные универсалии без явного биологического смысла. Например, Дж. Рэй в упомянутой книге *The wisdom of God*, характеризуя результаты божественного творения, упоминает виды всех материальных вещей и относит «различные виды неодушевлённых тел к различным формам мельчайших частиц, из которых они состоят» (Ray, 1714, p. 61). Поэтому современный английский зоолог Артур Кейн (Arthur James Cain, 1921–1999) в своём анализе трактатов Баугина обозначает его категории не стандартными, а модифицированными терминами: *generoid* (как бы род) и *speciate* (как бы вид) (Cain, 1994). Это в некоторой степени напоминает то, как эти категории в толковании Аристотеля было предложено назвать квазиродом и квазивидом (см. выше).

* * *

В завершение данного раздела имеет смысл отметить, что, хотя включающая иерархия широко применялась как схоластами, так и ранними натуралистами, само слово «иерархия» никогда не встречалось в их трудах. Весьма вероятной причиной было то, что в те времена этот термин преимущественно использовался в его первоначальном теологическом значении, обозначая линейную небесную иерархию. Первые и довольно редкие случаи его применения в научных текстах и только во «включающем» значении появились в работах начала XIX в.: оно было упомянуто французским натуралистом Ж.-Б. Ламарком в его *Philosophie zoologique* (см. о нём далее), а также некоторыми социологами и натуралистами (А. де Токвиль, О. Конт, Р. Вирхов и др.; см. Verdier, 2006).

1.4. Развитие ранговой таксономической иерархии

Общая тенденция концептуального развития ранней систематики заключалась в замене иерархической безранговой системы, унаследованной от средневековой схоластики, системой иерархических рангов, которая представляла собой другую, несхоластическую версию рационализации нашей дисциплины. Значение этой «новой рациональности» заключалось в том, что включающая ранговая иерархия в то время обеспечивала более прочную и действенную основу для биологических классификаций (см. об этом в разделах 3.3, 3.7). Таким образом, есть достаточные основания полагать, что эта замена имела революционное значение для последующего развития систематики. Разработку системы ранжирования для классификаций можно сравнить по значимости с разработкой декартовой системы координат для графического квазипространственного представления определённых отношений между объектами (Любарский, 2018). Примечательно, что это нововведение укрепило аналитику *дискретной* категоризации и продвинуло рационализацию систематики, являющейся частью натуральной истории, в направлении, противоположном направлению натуральной философии (физика, химия и т. д.), в которой изначально доминировала численная *континуализация* аналитического метода (дифференциальное исчисление и т. д.).

Несмотря на его революционный характер, это знаковое изменение сохранило два важных положения общей схемы безранговой иерархии схоластов. Одним из них стал фундаментальный *принцип равенства рангов*, согласно которому каждое подразделение классификационной единицы высокого уровня приводило к двум или более равноранговым подразделениям более низкого уровня. Другим «наследием» было то, что самая ранняя четырёхуровневая версия таксономической иерархии (Юнг, Турнефор, Линней) была основана на принципиальной четырёхступенчатой структуризации схоластической родо-видовой схемы (см. далее).

Первые признаки фиксированных рангов в классификациях живых существ начали появляться в некоторых передовых трактатах эпохи травников XVI и начала XVII вв. Хотя сами ранги ещё не были закреплены позиционно в иерархиях конкретных классификаций, они стали обозначаться новыми, несхоластическими классификационными терминами. Например,

таксономические разделы труда «Трав живых изображения» (*Herbarum vivae eicones*) немецкого теолога и натуралиста Отто Брунфельса (Otto Brunfels; 1488–1534) были озаглавлены терминами, заимствованными из музыки: «родовые» главы были обозначены как *Rhapsodia*, в то время как «видовые» разделы он назвал *Sententia* или *Paraphrasis* (Arber, 1938; Павлинов, 2015, 2018).

Заключительный исторический этап названной эпохи ознаменовался введением ряда иерархических категорий, которые впоследствии станут основными в систематике. Например, уже упоминавшийся К. Геснер в своём *Nomenclator aquatilium animantium* обозначил главы как отряды/порядки: *Ordo III. De Pisciculus*, *Ordo XII. De Cetis* и т. д. (Gesner, 1560). Голландский (по происхождению) богослов и естествоиспытатель Шарль де Леклюз (Charles de l'Écluse, лат. *Carolus Clusius*; 1526 –1609), автор «Истории редких растений» (*Rariorum Plantarum Historia*), использовал стандартные термины «род» и «вид», но в некоторых главах выделил «классы» для обозначения основных вариантов строения листьев и цветов (Павлинов, 2015, 2018).

Весьма своеобразная версия классификации с фиксированными рангами появилась в вышеупомянутом трактате *An essay towards a real character* Дж. Уилкинса. Его «философский язык» для унифицированного описания иерархической структуры универсума был основан на специфическом дедуктивном классификационном подходе, основу которого составила строго упорядоченная ранговая иерархия всеохватной системы Природы (Wilkins, 1668). Эта система была проиллюстрирована классификационным деревом Рамуса, которую современный исследователь этого «языка» Дж. Маат традиционно, но некорректно отождествил с деревом Порфирия (Maat, 2004). Уилкинс выделил три основных уровня (ранга), обозначенных (в порядке убывания) как *Genera*, *Differentiae* и *Species*, и разместил понятия, относящиеся к конкретным вещам, включая биологические организмы, на вершинах ветвей дерева. Примечательной лингвистической (номенклатурной) частью подхода Уилкинса была специальная кодификация обозначений этих объектов, которая указывала на их положение в его обширной универсальной классификации. Следует добавить, что Дж. Уилкинс пытался привлечь натуралиста Дж. Рэя к своему предприятию, но названный фитограф счёл его совершенно неудовлетворительным (Slaughter, 1982).

* * *

Эпохальный сдвиг в пионерском направлении разработки иерархических ранговых классификаций растений и животных, где ранги были строго зафиксированы как по их положению в иерархии, так и терминологически, начался с работ некоторых ведущих систематиков конца XVII и XVIII вв.

Впервые систему из четырёх фиксированных рангов (*Classis*, *Ordo*, *Genus* и *Species*) в середине XVII в. упомянул Иоахим Юнг в своём труде «Краткая ботано-физика» (*Opuscula botanico-physica*, 1662 г.). Есть достаточные основания предполагать, что такая четырёхуровневая иерархия появилась не случайно по прихоти Юнга, а была выведена из четырёх основных ступеней безранговой иерархии схоластической классификационной схемы: *Genus summum*, *Genus intermedium*, *Genus proximum* и *Species infima* (см. выше; также далее о Линнее).

Следующий шаг сделал французскй ботаник Пьер Маньоль (Pierre Magnol; 1638–1715), который в своей «Общей истории растений» (*Prodromus historiae generalis plantarum*) для ранжирования надродовой ботанической классификации ввёл иерархические категории (ранги) *Sectio* и *Familia*. Категория семейства была заимствована им из социальной организации людей, чтобы подчеркнуть её не логический, а очевидный естественный статус (Magnol, 1689). Эта категория стала основной в ботанической классификации соотечественника и последователя Маньоля Мишеля Адансона (Michel Adanson; 1727–1806), а затем в большинстве классификаций как в ботанике, так и в зоологии, начиная с XIX в.

Важный вклад в начальное развитие всеобъемлющей ранговой иерархии в систематике внёс соотечественник и коллега Маньоля Жозеф Питтон де Турнефор (Joseph Pitton de Tournefort; 1656–1708), который первым среди натуралистов полностью изменил схоластическую схему скользящей родо-видовой иерархии. В своём трактате «Элементы ботаники» (*Élémens de botanique*) он ввёл и последовательно применил упрощенную таксономическую иерархию из четырёх рангов, которые были чётко определены как по их положению и взаимной подчинённости в иерархии, так и по специфическим терминам, а именно: *Classis*, *Sectio*, *Genus* и *Species* (Tournefort, 1694). Это предложение, скорее всего, было продиктовано стремлением к созданию более прочной основы для представления иерархической структуры *Systema Naturae*, и уже

имевшаяся в наличии базовая общая структура схоластов оказалась вполне подходящей для этого. В результате прежний родо-видовой дуализм был устранён с помощью ранговой иерархии с несколькими чётко фиксированными и обозначенными рангами.

Следует особо выделить две очень важные особенности этой инновационной иерархии. Во-первых, Турнефор определённо отделил род от категорий более высокого уровня, так что последние перестали быть просто «другими родами» скользящей иерархии, и каждый из них приобрёл свои собственные статус и обозначение. Важность этой идеи будет впоследствии признана тем, что Турнефора назовут «отцом концепции рода» в ботанике. Во-вторых, то же самое было справедливо и для вида, которого Турнефор лишил схоластических функций завершения конкретного дедуктивного вывода на любом произвольном иерархическом уровне.

Эти идеи Юнга и Турнефора и относительно ранговой таксономической иерархии были доработаны шведским натуралистом Карлом Линнеем (лат. *Carolus Linnaeus*; 1707–1778) в его многочисленных многостраничных трактатах. Он принял те же четыре основных ранга, что и названные предшественники (и, вероятно, опираясь на их труды), и подчеркнул их значимость, указав их в полном названии своей *Systema Naturae*, начиная с её 1-го издания (1735 г.). Обсуждая эти основные ранги в «Критике ботаники» (*Critica botanica*), Линней подтвердил их схоластический источник, особо отметив, что «*Classis* соответствует *Genus summum*, а *Ordo — Genus intermedium*», и согласно этому определил их соподчинённость: «Роды состоят из видов, отряды/порядки из родов и классы из отрядов/порядков» (Linnaeus, 1737, § 251). К этим четырём рангам (категориям), которые впоследствии будут названы главными, Линней добавил ещё два: высший *Empire* и низший *Varietas*. Последняя категория была внутривидовой, Линней обсуждает её в специальном разделе «Философии ботаники» (*Philosophia botanica*), она имела первостепенное значение (Linnaeus, 1751; современный русский перевод: Линней, 1989). Благодаря этому нововведению вид отныне мог быть разделён на разновидности, не теряя своего категориального статуса именно как вида.

Вместе с тем, следует отметить, что линнеевская система ранжирования не была им окончательно зафиксирована. Например, основные группы растений (грибы, водоросли и т. д.) названы видами в «Основаниях ботаники» (*Fundamenta botanica*, 1736 г.), семействами в *Philosophia botanica* и трибами во 2-м томе 12-го издания *Systema Naturae* (1767 г.). Более того, в кратком вводном разделе *Delineatio Plantae* в последнем трактате он указал только две основные категории — род и виды, а класс и отряд/порядок перечислил как частные случаи рода в его широком, очевидно, схоластическом понимании.

Так получилось, что и эта изначальная ранговая таксономическая иерархия, и отдельные таксономические категории, включая вид, в начале XIX в. были названы «линнеевскими», и это их обозначение в настоящее время широко распространено в биологии. Однако следует отметить, что эти ранговые категории а) были введены Турнефором и б) не имели конкретного биологического значения. Фактически они по-прежнему оставались классификационными универсалиями, в равной степени применимыми к царствам растений, животных и минералов. Некоторые из приверженцев Линнея следовали за ним в такой их обобщённой интерпретации (напр., Дж. Скополи, Г. Фишер).

Вводя основные категории в своих трактатах *Critica botanica* и *Philosophia botanica*, Линней, по-видимому, придавал им разный онтический статус; это можно предположить, проанализировав некоторые из его правил образования названий таксонов разных рангов (Павлинов, 2015). Во-первых, односложное родовое название должно быть существительным в единственном числе, отражая тем самым идею о том, что род является фундаментальной единицей Системы Природы. Во-вторых, в отличие от этого, односложные названия надродовых таксонов обычно были существительными во множественном числе, что указывало на их трактовку не столько как реальных природных единиц, сколько как совокупностей родов. Из этого следовало, в-третьих, что родовая часть полного названия вида должна была указывать его родовую принадлежность, в то время как в указании его принадлежности к какому-либо классу или отряду/порядку с помощью таких лексических средств не было особой необходимости. Впрочем, это правило наименования видов вытекало не только из онтических соображений, но и из стандартной схоластической формулы «родовое общее и видовое особенное». Важно отметить, что такой взгляд «раннего» Линнея на онтический статус этих категорий радикально отличался от его более позднего представления об их божественном сотворении (см. ниже).

* * *

Сама идея включающей ранговой надродовой иерархии стала очень популярной среди тех систематиков второй половины XVIII в., которые были приверженцами фундаментальной концепции *Systema Naturae* в отличие от линейной безранговой *Scala Naturae* (о последней см. раздел 1.5). На этом общем фоне проявилась новая тенденция в развитии системы ранжирования, которая заключалась в её значительной фрагментации и, как правило, использовании иной терминологии в сравнении с предложенной Турнефором и Линнеем. Такая тенденция, скорее всего, объяснялась расширяющимся горизонтом систематического разнообразия, что сделало недостаточной систему из четырёх основных рангов.

Эта проблема решалась довольно прагматичным и половинчатым образом: когда чётко очерченная и широко признанная группа становилась слишком большой из-за недавно описанных новых родов, её не разделяли на несколько других групп того же ранга, а выделяли внутри неё несколько подгрупп, чтобы сделать её разнообразие более структурированным. Вновь вводимые иерархические категории получали специфические обозначения, заимствованные из социальных, военных, юридических и т. п. источников, что довольно быстро сделало таким образом структурированные системы многоранговой иерархии в значительной степени нелиннеевскими. Однако вот ведь «исторический курьёз»: существенно обновлённую ранговую таксономическую иерархию, сформировавшуюся в систематике в начале XIX в., швейцарский ботаник Огюстен Пирам де Кандоль (Augustín Pyrámus de Candólle, 1778–1841) в своём эпохальном труде «Элементарная теория ботаники» (*Théorie élémentaire de la botanique*) назвал «линнеевской» (de Candólle, 1813) — и это обозначение, как сказано выше, было принято систематиками и затем вообще биологами почти единодушно.

Указанный исторический тренд дробления и диверсификации общей системы ранжирования в ранней пост-линнеевской систематике привёл к её весьма заметной неустойчивости (Павлинов, 2018). Один из вариантов неканонических ранговых иерархий можно найти во «Введении в историю естественных систем» (*Introductio ad historiam naturalem systems*, 1777 г.) ученика Линнея, итальянского натурфилософа Джованни Скополи (Giovanni Scopoli; 1723–1788), который ввёл следующие таксономические категории (ранги) высокого уровня: *Tribus* ⊃ *Genus* ⊃ *Divisio* > *Order*, тогда как собственно роды были перечислены без указания их ранга. Немецкий естествоиспытатель Готлиб Сторр (Gottlieb Storr; 1749 –1821) в диссертации «Введение в систему млекопитающих» (*Prodromus methodi mammalium*, 1780 г.) разработал совершенно иную, гораздо более дробную систему категорий: *Phalanx* ⊃ *Cohort* ⊃ *Ordo* ⊃ *Missus* ⊃ *Sectio* ⊃ *Coetus* ⊃ *Genus* ⊃ *Family*. Работы французского зоолога Пьера Лятрея (Pierre Latreille; 1762–1833) являются особо наглядным примером нестабильности ранних версий высокоуровневых иерархий в систематике. Он применял в своих книгах разные системы ранжирования, которые выглядели так (по-французски): Classe ⊃ Sous-classe ⊃ Division ⊃ Sous-division ⊃ Ordre в «Естественной истории ракообразных и насекомых» (*Histoire naturelle des Crustacés et des Insectes*, 1801 г.); Classe ⊃ Legion ⊃ Centuria > Cohors ⊃ Ordre в «Родах ракообразных и насекомых» (*Genera Crustaceorum et Insectorum*, 1806 г.); Classe ⊃ Ordre ⊃ Section ⊃Tribus (не всегда) ⊃ Famille в «Общих взглядах на естественный порядок животных» (*Considérations générales sur l'ordre naturel des animaux*, 1810 г.). Кроме того, одна и та же категория (ранг), обозначаемая одним и тем же названием, могла вводится разными авторами в разных позициях: например, *Divisio* было помещено либо между *Order* и *Genus* у Скополи и Ламарка, причём они применяли их противоположную субординацию, либо между *Classis* и *Order* у Лятрея.

Этот терминологический хаос постепенно приобретал более упорядоченный характер. Ранговая фрагментация часто приводила к появлению новых не основных, а *вспомогательных* категорий, которые были терминологически связаны с основными. Примечательно, что такие вспомогательные ранги первоначально вводились как подчинённые (подотряд, подсемейство и т. д.), в то время как вышестоящие категории (надотряд, надсемейство и т. д.) появятся значительно позже: по-видимому, это было специфическим наследием схоластической манеры «делительной» иерархизации родо-видовой схемы. Помимо только что упомянутой *Histoire naturelle* Лятрея, эта зарождающаяся тенденция наглядно проявилась в кратком трактате «Введение в новую систему Царства животных» (*Prodrome d'une nouvelle distribution du Règne animal*) французского зоолога Анри де Блэнвиля (Henri de Blainville, 1777–1850) , который использовал следующие ранги для иерархизации системы

животного царства: Sous-règne ⊃ Type ⊃ Sous-type ⊃ Classe ⊃ Sous-classe ⊃ Ordre. Прагматический и вполне номиналистический характер этих вспомогательных категорий очевиден из того факта, что они часто обозначались не конкретными терминами, а цифрами или формальными символами (такими как §). Все подобные предложения привели к появлению новой терминологии: эта неудержимая ранговая фрагментация и диверсификация в наши дня будет названа *инфляцией рангов*.

* * *

Те натуралисты XVIII и начала XIX вв., которые были склонны к натурфилософскому мышлению, при обсуждении таксономических рангов обычно имели в виду выделение естественных групп. Рассмотрение их онтического статуса было основано на схоластическом (восходящем к неоплатоникам) противопоставлении их реалистической и номиналистической трактовок: основным критерием было то, могут ли выделяемые группы быть приписаны Природе или они являются продуктом человеческого разума. Соответственно, главный вопрос, касающийся реальности (естественности) рангов, в конечном счёте упирался в вопрос о естественных причинах относимых к ним групп организмов. Первоначально ответы на соответствующие вопросы давались на основе библейской натурфилософии со ссылкой на божественное творение. Позже такие причины стали искать на основе других натурфилософских принципов Природы, которые структурируют и упорядочивают её.

Обращение к творению было характерно, например, для Дж. Рэя, который в своей *Historia plantarum* утверждал, что «количество видов в Природе строго определено: Бог прервал на шестой день свою великую работу по созданию новых видов» (Ray, 1686, p. 40). Это, очевидно, указывает на то, что для Рэя вид был естественной категорией, тогда как роды разных уровней общности были результатом применения классификационного метода как «удобного средства краткого изложения ботаники» (там же). Аналогичное обоснование естественности низших категорий было дано «ранним» Линнеем в его *Genera plantarum* и *Philosophia botanica*: вслед за Рэем он верил в то, что «существует столько *видов*, сколько различных *форм* изначально создано Бесконечным Существом» (Linnaeus, 1737, *Ratio operis*, § 5; Linnaeus, 1751, § 157; выделено нами). Эта цитата позволяет предположить, что Линней, скорее всего, полагал, что сотворёнными были не «виды» как особые группы организмов, а «формы» (отчасти в их платоновском понимании) как вышеупомянутые воплощения божественных архетипов (Pavlinov, 2023). Что касается рода, то здесь позиция Линнея была не столь отчётливой: он считал род либо вторичным по отношению к виду, либо имеющим тот же онтический статус, поскольку он «изначально создан таким, каков есть». Следующие отрывки из его *Philosophia botanica* можно рассматривать как обобщение его ранних идей по этому вопросу: «Виды и роды — суть произведение Природы», классы и отряды/порядки — «произведение Природы и Искусства», тогда как «вариетет весьма часто является результатом культивации» (Linnaeus, 1751, § 162).

Многие «отцы-основатели» ранней постсхоластической систематики соглашались с признанием естественности видов, но подчёркивали другие естественные причины. Для них категория видов была естественной, потому что все реальные виды растений и животных в Природе были представлены цепочками поколений, возникающих в результате естественного процесса размножения. В соответствии с этим натуралисты рассматривали видовую категорию как основу естественных классификаций, в то время как другие категории выделялись в них как группировки видов. Например, эту идею более чем ясно выразил английский ботаник Джон Линдли (John Lindley; 1799–1865), подчеркнув, что виды «созданы самой Природой и остаются теми же независимо от их группировок» (Lindley, 1832, p. 307), тогда как высшие категории «не имеют реального существования в Природе» (Lindley, 1835, p. 40). Мнение о неестественном статусе было особенно верно в отношении вспомогательных (вторичных) категорий, которые вводились для удобства и были (словами Линнея) «произведением Искусства».

Однако в более зрелом возрасте Линней разработал совершенно иное представление о естественных группах живых существ, основанное на иной концепции божественного творения, которая больше соответствовала платоновской эйдологии. Эта новая точка зрения была изложена в диссертации его ученика Йоханнеса Гроберга (Johannes Gråberg; *Fundamentum fructificationis,* 1762 г.), но К. Линней, как считают его исследователи (напр., Бобров, 1970), в основном сам готовил диссертации своих студентов. Как бы там ни было, в этой диссертации говорилось, что «вначале Творец создал только по одному растению каждого *естественно-*

го отряда/порядка, отличающемуся от других габитусом и плодоношением»; затем «Он скрестил их друг с другом, так что из их потомства <…> получилось столько *естественных родов*, сколько существовало различных вариантов родительских растений»; наконец, «некоторые роды произвели много *видов*, в то время как другие — нет» (Linnaeus, 1762; курсив ориг.). Как видно, эта версия божественного творения подразумевала, что высшие категории были первичны по отношению к низшим (включая виды), поскольку изначально были созданы Богом как особые «формы» (как указано выше, в их платоновском смысле). Впоследствии эта трактовка была воспроизведена и подтверждена учеником Линнея шведом Йоханом Мюрреем (Johan Murray; 1740–1791) в трактате *Caroli a Linné equitis Systema Vegitabilium*: он писал, что в начале Бог создал «столько различных растений, сколько существует *естественных отрядов/порядков*» (Murray, 1784; курсив ориг.)

В первой половине XIX в. было выдвинуто несколько натурфилософских концепций небиблейского толка, признававших естественный статус высших категорий, но по другим основаниям. Очень популярная доктрина была разработана представителями шеллингианской школы организмической натурфилософии, наиболее активным из которых был немецкий натуралист Лоренц Окен (Lorenz Oken, или Okenfuss; 1779–1851). Как видно из названия этой концепции, она уподобляет всю Природу биологическому организму, и это подразумевает, что Природа партономически разделена на части различного уровня общности точно так же, как организм разделён на органы, ткани и клетки. Соответственно, натуралисты, намеревающиеся выявить естественные группы организмов, должны были прежде раскрыть фундаментальный принцип естественной иерархической расчленённости живой природы, причём естественность выявленных групп подразумевала также и естественность их рангов. Окен пытался воплотить эту идею в своей книге «Фундаментальные исследования природных систем» (*Grundzeichnung des natürlichen Systems*, 1809 г. и последующие переиздания; некоторые его сочинения изданы на русском в 1836–1839 гг.); однако разнообразие его классификаций в разных изданиях указывает на то, что ему, очевидно, не удалось выявить искомую естественную структуризацию живой природы.

Косвенное влияние организмической натурфилософии на представления о причинах естественной ранговой иерархии живого можно обнаружить в филогенетической концепции Э. Геккеля, который отождествлял историю жизни с развитием «генеалогического индивидуума». Эволюционное обоснование как естественных иерархических категорий (рангов), так и относимых к ним групп (таксонов) будет более подробно рассмотрено ниже.

Другая натурфилософская концепция была реализована в так называемой *квинарной* системе англо-австралийского зоолога Уильяма Макли (William MacLeay; 1820–1891), который изложил её принципы в 1-м томе своего труда «Вершины энтомологии» (*Horae Entomologicae*). Его неопифагорейская числовая идея подразумевала, что на каждом уровне таксономической иерархии следует выделять пять подгрупп внутри данной группы, чтобы отразить числовую квинарную гармонию Природы. Он уделил много внимания выявлению правильно расположенных истинных «пятёрок» у некоторых беспозвоночных животных, но обоснование их ранжирования не обсуждал (MacLeay, 1819; см. раздел 4.3).

* * *

В первой половине и в середине XIX в. обозначилась определённая интегративная тенденция в развитии ранговой таксономической иерархии, которая сочетала фрагментацию рангов с их стандартизацией и кодификацией. Уже упоминавшийся О.П. де Кандоль стал первым, кто положил начало этому движению серией своих фундаментальных трудов по теоретическим основаниям ботаники (de Candólle, 1813, 1824). В них он предложил наиболее серьёзно обоснованное для своего времени изложение пост-линнеевской таксономической номенклатуры, в том числе кодифицированную ранговую иерархию ботанических классификаций. Эта иерархия, в её несколько упрощенном варианте, включала следующие ранги: *Class* ⊃ *Subclass* ⊃ *Cohors* ⊃ *Ordo* ⊃ *Tribus* ⊃ *Genus* (*Théorie élémentaire*), тогда как её более подробная версия предполагала также разделение родов на секции, а видов — на разновидности (*Prodromus systematis*). Эта номенклатурная система де Кандоля утвердила важное новшество, которое ввёл М. Адансон несколькими десятилетиями ранее в «Семействах растений» (*Familles des plantes*). Он предложил основывать названия семейств (порядков у де Кандоля) на названиях их наиболее типичных родов (Adanson, 1763), что стало зародышем будущего *принципа типизации* в систематике.

Развитие системы ранжирования включающей иерархии привело в конечном счёте к её

«официальному» закреплению в номенклатурных кодексах, начиная с их самых ранних редакций. Ботаники особенно преуспели в этом отношении: в «Законах ботанической номенклатуры» (*Lois de la nomenclature botanique*, 1867 г.), разработанных Альфонсом де Кандолем (сын О.П. де Кандоля, Alphonse de Candólle; 1806–1893), была представлена система из 15 рангов выше видового уровня, начиная с *Regnum* (рис. 1.4). Зоологи заметно отставали от ботаников в кодификации таксономической иерархии: так, «Кодекс Британской ассоциации» (*Code of the British Association*, также известен как *Strickland Rules*) не представил какой-либо всеобъемлющей таксономической иерархии для животных, хотя и обобщил правила наименования семейств, подсемейств, родов и видов (Strickland et al., 1843).

* * *

Биология XIX в. пережила очень значительный сдвиг в мировоззрении, вызванный глобальной эволюционной идеей о причинах разнообразия и структуры живой природы. Эта идея была с энтузиазмом принята систематиками как вполне реалистичная (с материалистической точки зрения) метафизическая основа исходной идеи о Естественной системе. С самого начала она осваивалась биологической систематикой в нескольких версиях, которые можно объединить в две основные концепции: *макро-* и *микро*эволюционную. Они предложили разные объяснения происхождения и природы разнообразия организмов на разных уровнях общности и тем самым стали решающими в вопросах таксономической иерархии.

Первой из них была макроэволюционная концепция французского натуралиста Жана-Батиста де Ламарка (Jean-Baptiste de Lamarck; 1744–1829), изложенная в его «Зоологической философии» (*Philosophie zoologique*, 1809 г.; русское издание: Ламарк, 1935). Она основывалась на общей идее линейной непрерывной Лестницы бытия и, соответственно, не предполагала естественности включающей дискретной таксономической иерархии (см. ниже). Эволюционные рассуждения Ламарка оказались преждевременными для той эпохи и поэтому не получили большой популярности.

Следующими стали две макроэволюционные концепции второй половины XIX в. немецкого морфолога Эрнста Геккеля (Ernst Heinrich Haeckel; 1834–1919) и американского палеонтолога Эдварда Коупа (Edward Drinker Cope; 1840–1897). Они рассматривали анагенетические макроэволюционные тенденции, которые подразумевались Лестницей совершенства, в данном случае интерпретируемой как эволюционный прогресс. Этот общий подход был объединён под геккелевским термином *филогенетика* и сосредоточился на выявлении и таксономическом приложении родственных связей, называемых *генеалогическими* или *филогенетическими*. На этом общем фоне их эволюционные модели заметно различались тем, что уделяли особое внимание либо дивергентному (Геккель), либо параллельному (Коуп) аспекту эволюционного процесса (Haeckel, 1866, 1895; Cope, 1887).

Regnum vegetabile.
Divisio.
Subdivisio.
Classis.
Subclassis.
Cohors.
Subcohors.
Ordo (gallice : *Famille*).
Subordo (gall. *Sous-famille*).
Tribus.
Subtribus.
Genus.
Subgenus.
Sectio.
Subsectio.
Species.
Subspecies (vel Proles, gall. *Race*).
Varietas.
Subvarietas.
Variatio.
Subvariatio.

Рис. 1.4. Дробная таксономическая иерархия, представленная в проекте ботанической номенклатуры А. де Кандоля (de Candólle, 1867).

Их графическими представлениями служили *генеалогические* (филогенетические) *деревья*, топология (общая конфигурация) которых зависела от базовых филогенетических допущений. Дивергентная концепция Геккеля была представлена древовидной ветвящейся схемой (рис. 1.5; см. также раздел 4.2), а в концепции Коупа эта схема представляла собой набор параллельных линий и больше напоминала «куст». Второй вариант трактовки филогенеза очень наглядно проиллюстрировал ученик Коупа Генри Осборн (Henry Fairfield Osborn; 1857–1935) в своей монографии о хоботных (рис. 1.6).

Таксономические приложения этих филогенетических концепций привели к появлению *филогенетической систематики* в тех же двух основных версиях. Её основной принцип предполагал такое преобразование филогенетических деревьев в классификации, в которых

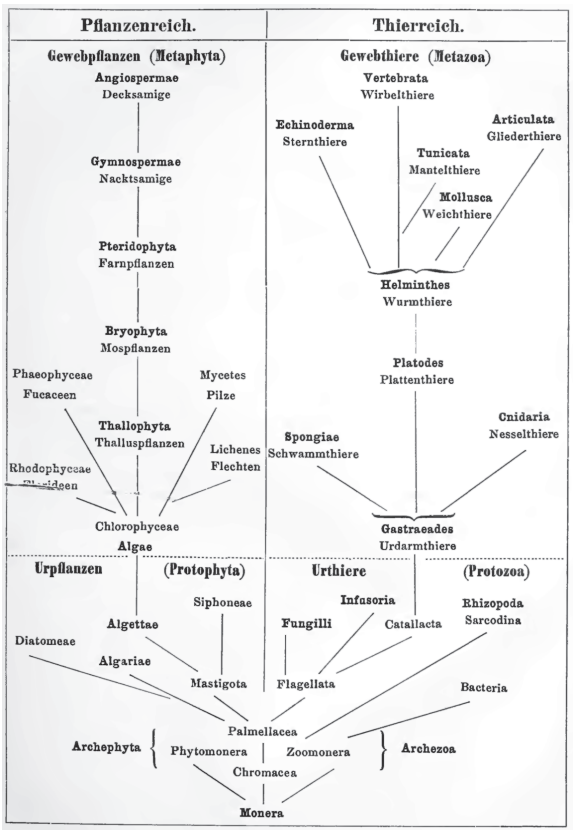


Рис. 1.5. Типичный вариант схематического филогенетического дерева, иллюстрирующего дивергентно-направленный филогенез организмов (Haeckel, 1894).

ветви дерева (родословные) различных порядков были представлены таксонами различного ранга. «Вертикальная» упорядоченность филогенетического дерева или куста определяла аналогичную упорядоченность филогенетической классификации в её стандартном текстовом представлении: это было формализовано *принципом следования* (*рядоположенности*) *таксонов*, который подразумевает, что внутри данного таксона последовательность его подтаксонов начинается с наименее и заканчивалась наиболее продвинутыми. В рамках этой общей упорядоченности геккелева версия руководствовалась *принципом монофилии*, подчеркивающим единство происхождения, тогда как коупова версия основывалась на *принципе полифилии*, подчёркивающем единство анагенетических ступеней в параллельных линиях. Поскольку как филогенетический процесс, так и возникающие в результате филогенетические связи считались объективными, то же самое предполагалось и для филогенетически интерпретируемых таксонов, и для их ранговой иерархии.

Существенно иные микроэволюционные концепции дарвинизма и неоламаркизма были сосредоточены на эволюционных механизмах, ко-

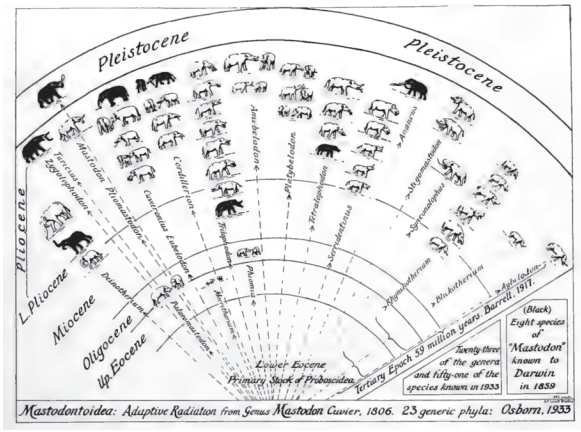


Рис. 1.6. Графическая «кустообразная» схема, иллюстрирующая однонаправленный параллельный филогенез хоботных (Osborn, 1936).

торые действовали на внутривидовых уровнях систематического разнообразия. Эти эволюционные идеи, косвенно поддерживаемые становившей популярной в то время позитивистской философией науки, предлагали довольно радикальное «нелиннеевское» решение рассматриваемой здесь проблемы: только низшие единицы разнообразия и их ранги считались реальными (естественными), в то время как высшие трактовались как в значительной степени номинальные (искусственные). Такая точка зрения поставила знак равенства между таксономическими категориями вида и внутривидовых единиц по их статусу и тем самым уничтожила выделенный статус вида в его классическом «линнеевском» понимании. Всё это неизбежно привлекло внимание многих систематиков конца XIX и начала XX вв. прежде всего к внутривидовому разнообразию и побудило их разработать для него довольно фрагментированные иерархические системы (см. рис. 1.4).

По мере того как эта тенденция развивалась, она привела к разработке многочисленных систем внутривидовых классификационных единиц, выделяемых по специфическим критериям и упорядочиваемых в разные ранговые иерархии. Её самый простой вариант заключался в предложении выделить дробные *микровиды* в рамках классических *макровидов*: первые были обозначены как *жордановы* (в честь французского ботаника Claude Jordan), вторые были названы *линнеонами*. Более фрагментированный вариант предполагал сложную систему сквозной иерархии с двумя основными категориями: высшая включала относительно стабильные *подвид*, *расу* и *нацию*, а низшая — *морфу*, *аберрацию* и *фазу* (Семёнов-Тян-Шанский, 1910; Бианки, 1916). С акцентом на экологический

критерий основная внутривидовая единица была определена как *экотип* (Турессон, 1922); в соответствии с генетическим критерием были предложены две внутривидовые иерархии, одна из них состояла из *компариума*, *коммискуума* и *конвивиума* (Danser, 1929), а другая — из *биотипа*, *чистой линии* и *клона* (Du Rietz, 1930). Сочетание фенетических и генетических критериев привело к распознаванию *гомогенона*, *аллоплоидона*, *феногена*, *фенона* и других единиц (Camp, Gilly, 1943). Такая ситуация была справедливо квалифицирована как «экспериментирование» с внутривидовыми единицами и категориями, которое в конечном итоге привело к появлению нескольких их десятков (Valentine, Löve, 1958).

* * *

Последующее развитие филогенетической систематики продолжало в основном её геккелеву (дивергентную) версию, в результате чего в середине XX в. появились две её обновлённые концепции. Одной из них стала *эволюционная таксономия*, разработанная американским зоологом Джорджем Симпсоном (George Simpson; 1902–1984) в монографии «Принципы таксономии животных» (Simpson, 1961; издана на русском в 2006 г.). Она была обогащена некоторыми дополнительными значимыми допущениями об эволюционном процессе, включая выделение и ранжирование высокоранговых таксонов с учётом масштаба (широты) *адаптивных зон*, занимаемых соответствующими группами организмов. Другая версия была предложена двумя немецкими биологами — ботаником Вальтером Циммерманом (Walter Zimmermann; 1892–1980) в статьях 1930–1940-х гг. и зоологом Вилли Хеннигом (Willi Hennig; 1913–1976) в монография «Основания теории филогенетической систематики» (Hennig, 1950). Данная концепция была основана на очень упрощённом эволюционном сценарии, в котором весь процесс эволюции оказался сведённым к *кладогенезу* (Zimmermann, 1931; Hennig, 1950, 1966), поэтому этот подход Э. Майр предложил назвать *кладистикой* (Mayr, 1965). Соответствующее филогенетическое древо было сведено к *кладограмме*, которая отображала только схему филетических ветвлений. Конечная цель *кладистической систематики* была определена как разработка *кладистической классификации*, в которой иерархия таксонов отражала бы только такую схему ветвления. Для достижения этой цели широко понимаемая классическая (геккелевская) монофилия была разделена на две составляющие — *парафилию* и *голофилию* (строгую монофилию) и только голофилетические группы были признаны удовлетворяющими условию, предполагаемому принципом монофилии.

Последовательное применение руководящих положений кладистики, за что с энтузиазмом ратовали В. Хенниг и его наиболее преданные последователи, привело к разработке *монотонной* ранговой иерархии, не предусматривающей разделения основных и вспомогательных ранговых категорий. Основной *принцип равенства рангов* был заменён *принципом рангового равенства сестринских групп*, что привело к чрезмерной фрагментации ранговой иерархии, особенно из-за того, что предковые виды и их группы-потомки любого иерархического уровня было предложено считать сестринскими группами. Это спровоцировало специальное «терминотворчество», поскольку каждый таксономический ранг должен был обозначаться отдельным термином. Например, в разработанной американскими палеонтологами кладистической классификации млекопитающих в ранговой группе отряда, наряду с уже устоявшимися вспомогательными рангами (надотряд, подотряд, инфраотряд), были выделены ещё парвотряд, гиготряд, миротряд (McKenna, Bell, 1997). Как следствие, кладистическая систематика, несколько выигрывая в строгости своих первоначальных допущений и классификационных процедур, явно проигрывала в определённости иерархической организации классификаций. Чтобы минимизировать эту специфическую неопределённость, было предложено несколько версий *нестрогой* (вырожденной) иерархии (см. раздел 3.7).

Очевидной реакцией на такую жёстко выстраиваемую сверхупрощенную таксономическую теорию становится идея *пост-филогенетической* систематики, которая на самом деле является *пост-кладистической* (Zander, 2013; Павлинов, 2018; Pavlinov, 2021). Это предполагает возрождение более содержательной версии эволюционно интерпретированной таксономической теории с заметным добавлением идей концепции *evo-devo*, в которой сохраняется ранговая иерархия (Minelli, 2015).

* * *

Развитие систем ранжирования таксономических классификаций на протяжении XX в. ознаменовалось появлением нескольких идей, одни из которых были вполне концептуальными, а другие — более техническими.

Первым, на что следует обратить внимание, стало чёткое разграничение понятий таксона, ранга и категории (Woodger, 1937). Этому предшествовало введение понятия *таксона* для обозначения классификационных единиц в традиционных (в основном типологических) таксономических классификациях (Meyer, 1926). До этого важного разделения общее понятие *категории* имело очень широкое значение, относясь либо к группам организмов, либо к уровням их общности, а иногда и к тому и другому (не говоря уже о его философском значении, восходящем к Аристотелю). Рассматриваемое разграничение, которое в настоящее время широко признано, подразумевает следующую интерпретацию соответствующих понятий: *таксон* — это отдельная группа организмов, выделенная в таксономической классификации, *ранг* — это определённый фиксированный уровень общности в классификации, *категория* — это совокупность таксонов, отнесённых к определённому таксономическому рангу. В соответствии с этой специфической терминологией таксоны *распределяются* по рангам, ранги *присваиваются* им, тогда как таксоны являются *членами* категорий, которые *объединяют* их.

Важным стало введение *критериев ранжирования*, которые сделали таксоны, иерархизованные на их основе, более или менее сопоставимыми, по крайней мере в принципе, по некоторым фиксированным свойствам. Типологи предложили выводить ранговую иерархию таксономических классификаций из иерархической организации архетипов (планов строения), при условии, что элементы последних (мероны) разных уровней общности определяют соответствующие таксоны (Васильева, 1989; Любарский, 1996); впоследствии эта идея была формализована в виде *таксоно-мерономического соответствия* (см. раздел 2.2). Филогенетическая систематика ввела хронологическую шкалу ранжирования, которая основана на времени происхождения (эволюционном возрасте) групп и подразумевает, что чем старше группы, тем более высокий ранг присваивается соответствующим таксонам. Эту шкалу было предложено определять, основываясь либо на геохронологических (палеонтологических) данных, либо на показаниях «молекулярных часов». Эволюционная таксономия предложила также учитывать разнообразие таксона (количество его подтаксонов), его морфобиологическую специфику, специфику адаптивной зоны, занимаемой соответствующей группой, и т. п.

Ботаника и зоология внесли несколько технических предложений, касающихся таксономической номенклатуры (Павлинов, 2015). Кодекс ботанической номенклатуры сохранил всю сильно фрагментированную иерархию рангов, разработанную с середины XIX в., охватывая уровни от *Divisio* до *Subvario* без какого-либо их разбиения по группам. В отличие от этого, Кодекс зоологической номенклатуры ограничился более узким диапазоном рангов и структурировал их иерархию, установив несколько ранговых групп. В настоящее время кодифицированы три такие группы: *группа вида*, *группа рода* и *группа семейства*, каждая из которых включает соответствующий основной ранг и все его вторичные (также иногда *вставочные*) суб- и над-ранги в качестве специфических вспомогательных элементов. Кроме того, зоологический кодекс исключил внутриподвидовые ранги (*natio* и т. д.), но это касается только номенклатуры и не означает, что зоологи не имеют права выделять таксоны этих низших рангов в своих исследованиях. Идея ранговых групп была также принята в проектах *БиоКодекса* (BioCode) и *Линц-ЗооКодекса* (Linz ZooCode): в обоих случаях ранговая иерархия расширена до самых высоких уровней, а во втором проекте предлагается обозначать ранговые группы как *серии* (Greuter et al., 2011; Dubois et al. 2019, 2022)

Современные номенклатурные кодексы определяют несколько других иерархий нетаксономического характера, которые имеют отношение к решению некоторых классификационных задач. К ним относятся, например, ранжирование номенклатурных регуляторов, номенклатурных типов и т. д.

1.6. Против таксономической иерархии и её ранжирования

Как было показано выше, систематика началась и первоначально развивалась с внедрения включающей иерархии безрангового (с некоторыми оговорками) характера, заимствовав из схоластики родо-видовую классификационную схему. Её ранговые версии начали разрабатываться в XVIII в. сторонниками натурфилософской концепции иерархически организованной *Systema Naturae*. Однако как сама идея включающей иерархии, так и особенно система её ранжирования натолкнулись на серьёзную критику, исходившую из различных источников.

Первой и наиболее фундаментальной из них была натурфилософская концепция линейной Лестницы природы (*Scala Naturae*), или Цепи

бытия, согласно которой вся Вселенная мыслилась как постепенное «разворачивание» (*evolutio*) форм от низших к высшим (Лавджой, 2001). Эта концепция восходит к идеям Аристотеля о Лестнице совершенства и предполагает следующие фундаментальные свойства упорядоченности Вселенной: её линейность, полярность, полноту, определённость и непрерывность. Предполагалось, что такая Лестница представляет собой целостность, порождённую определённым творческим началом (прототипом и т. п.), так что все организмы со своими сущностями занимают в ней определённые неизменные (фиксированные) позиции, и все они объединены всеобъемлющей сетью сродства, в которой нет пробелов. Следует чётко понимать, что эта натурфилософия выступала не против иерархии вообще, а только против включающей, тогда как линейная иерархия (от низших к высшим) составляла её идейное ядро; иногда такую линейную иерархию называют *скалярной*, или *ступенчатой* (от лат. *scalae*, ступени).

Это мировоззрение было довольно популярным среди европейских натурфилософов и естествоиспытателей в XVIII и в начале XIX вв. Его сторонники отвергали ранговую включающую иерархию *Systema naturalis* в пользу линейного безрангового *Order naturalis*, который, как предполагалось, наиболее точно отражал Лестницу (Цепь) бытия. Один из самых преданных его приверженцев, французский естествоиспытатель Жорж-Луи Леклерк де Бюффон (Georges-Louis Leclerc de Buffon; 1707–1788), следовал натурфилософской максиме Лейбница *Natura non facit saltus* и утверждал во вступительном разделе 1-го тома своей «Естественной истории» (*Histoire naturelle*, 1749 г.), что «в природе действительно существуют только отдельные особи, в то время как роды, отряды, классы существуют только в нашем воображении» (цит. по: Buffon, 1835 , p. 44). Соотечественник и коллега Бюффона Ж.-Б. де Ламарк, который наиболее активно занимался систематическими вопросами, подчёркивал в своей *Philosophie zoologique*, что «систематические подразделения, общие и частные <…> исключительно искусственные построения <…> Ничего подобного природа не создавала <…> Классы, отряды, семейства, роды и [их] наименования — средства нашей изобретательности» (цит. по: Ламарк, 1935, с. 32).

Однако все размышления о Цепи (Лестнице) бытия на самом деле подразумевали рассмотрение Природы не на организменном, а на макроуровне, что очевидно из анализа работ другого

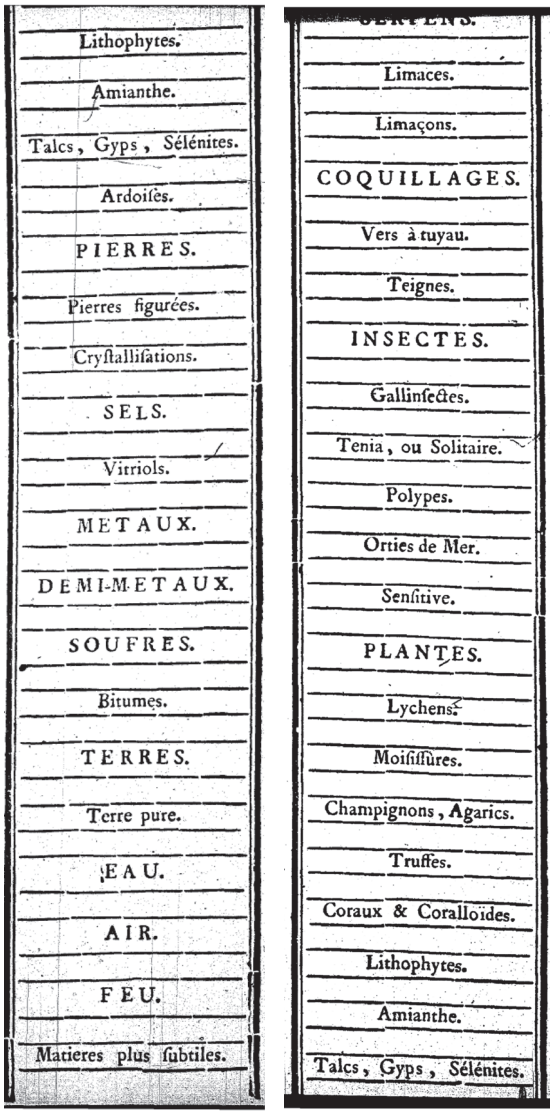


Рис. 1.7. Фрагменты Лестницы (Цепи) Бытия в представлении Ш. Боннэ (Bonnet, 1745).

убеждённого «лестничника» — швейцарского натурфилософа Шарля Бонне (Charles Bonnet; 1720–1793). Действительно, анализируя упорядоченную структуру разнообразия животных в своей книге «Трактат по инсектологии» (*Traite d'Insectologie*), он выделил довольно крупные «звенья» этой Цепи, такие как четвероногие, летучие мыши, водные птицы, черви и т. д. (Bonnet, 1745; рис. 1.7). Очевидно, такое представление структуры разнообразия предполагает как мимум а) наличие элементов включающей двухуровневой иерархии и б) определённых дискретных ступеней в ней, задающих линейную иерархию. Эта идеальная натурфилософская схема плохо совмещалась с реальным разнообразием организмов, поэтому Ламарк, решая свои практические задачи классификации животного мира, выделил в ней около десятка классов и множество отрядов или секций.

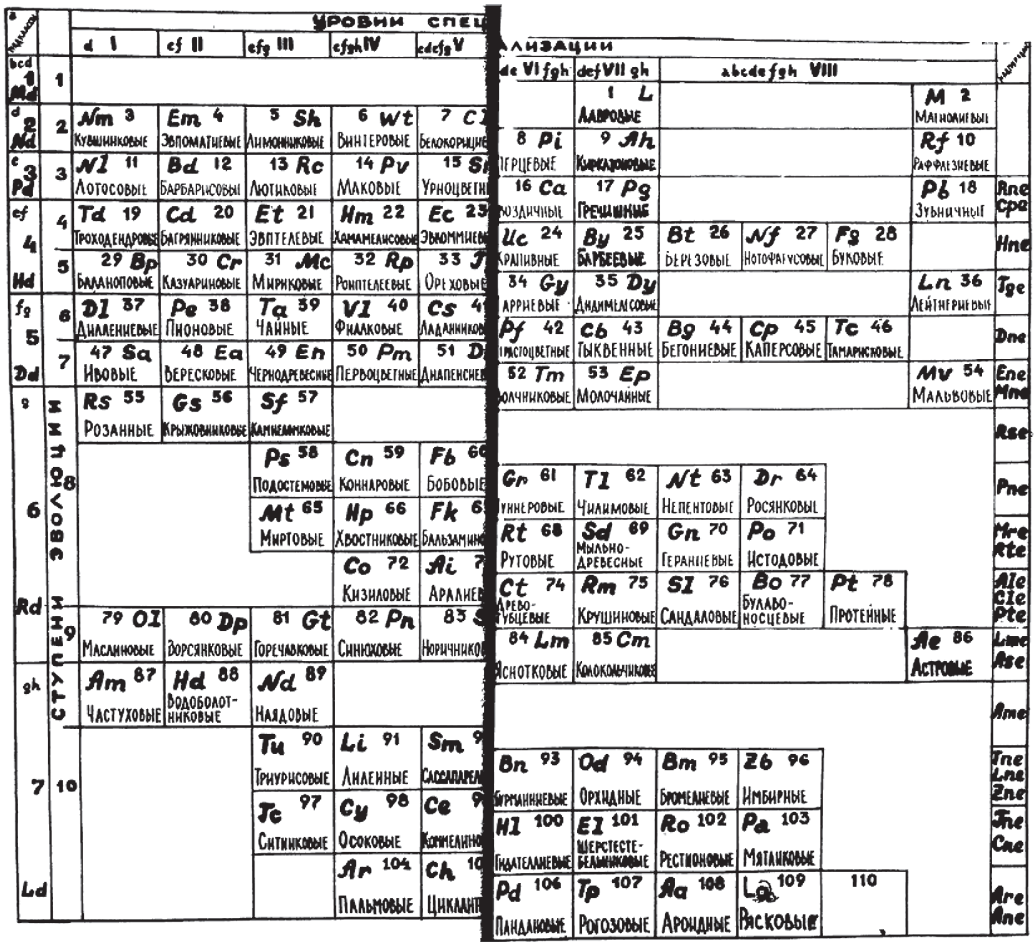


Рис. 1.8. Таблица, иллюстрирующая периодическую систему порядков цветковых растений (Архангельский, 1996).

В начале XX в. возражения против таксономической иерархии исходили из натурфилософской идеи одной из версий онто-рациональной систематики. Среди первых её приверженцев был немецкий натурфилософ Ганс Дриш (Hans Driesch; 1867–1941), который критиковал в своей книге «Наука и философия организма» (*The Science and Philosophy of the Organism*) включающие иерархические классификации (по сложившейся традиции называя их «линнеевскими») за их неспособность предсказывать свойства организмов, в то время как периодическая система в химии превосходно справлялась с этим в отношении химических элементов. Поэтому Дриш настаивал на поиске подобной упорядоченности в разнообразии организмов, которая позволила бы предсказать их существенные свойства, делая соответствующие таксономические системы действительно естественными (Driesch, 1908).

Обращение Дриша к периодической системе как к «образцу для подражания» нашло ряд последователей, которые сосредоточились на поиске рациональной системы периодического типа в разнообразии животных и растений. Одна из недавних попыток воплотить эту идею в систематике цветковых растений (Архангельский, 1996) вылилась в построение некой двумерной таблицы по образцу периодической системы Менделеева (рис. 1.8); впрочем, она была предложена не вместо, а в качестве дополнения к ранжированной филогенетической классификации. Таксономическую систему в таком табличном представлении было предложено обозначить как *комбинативно-градативную*, или сетчатую.

Серьёзная атака на ранговую включающую иерархию таксономических классификаций надвидового уровня была предпринята позитивистски ориентированными школами биологической систематики в начале и середине XX в. Наиболее заметными участниками этого нового движения стали биосистематика и численная фенетика. Они повторяли общие аргументы Оккама и его ранних последователей, а также доводы «лестничников», и все сходились в том, что иерархически организованные классификации яв-

ляются всего лишь специфическими средствами для компактного представления огромного разнообразия организмов.

Во второй половине XX в. эстафету критики таксономических рангов подхватили кладисты и их сторонники, предполагая, что монотонный характер кладогенеза делает любые дискретные шаги в таксономической иерархии «субъективными». Среди прочих аргументов кладисты обосновывают свою негативную позицию в отношении рангов отказом от объективного статуса парафилетических групп. Именно их настойчивое продвижение этих идей привело к провозглашению «анти-ранговой» революции в таксономической номенклатуре, которая вызвала текущие горячие споры о ранговой и безранговой таксономической иерархии (см. раздел 3.7). Многие современные систематики критикуют ранговую таксономическую иерархию как в значительной степени искусственную на основании существенной несопоставимости таксономических категорий, обозначаемых одними и теми же терминами (см. тот же раздел).

Чтобы сделать иерархические классификации более удобными с практической точки зрения, было предложено заменить традиционную терминологию ранговой иерархии числовой кодификацией уровней в безранговой иерархии, что привело к созданию так называемой *нумериклатуры* (Павлинов, 2015). Кладистическая систематика совсем недавно разработала свою собственную версию безранговой номенклатуры, основанную на специфической интерпретации филогенетического (точнее, кладогенетического) паттерна. Эта кампания против ранговой таксономической иерархии завершилась тем, что её инициаторы и наиболее активные участники воплотили свою идею на практике в виде *ФилоКодекса* (PhyloCode) (Cantino, de Queiroz, 2020; Laurin, 2024).

1.7. Краткая история мерономических иерархий

Вопросы, рассмотренные выше в этой главе, касаются главным образом таксономических иерархий, которые включают группы организмов. Но многие из этих вопросов в равной степени относятся и к иерархиям мерономического аспекта систематического разнообразия (об этом и других его аспектах см. раздел 2.2).

Очевидная идея подразделённости организмов на отдельные части родилась ещё в фолк-биологии, что видно из её богатого словаря специфических терминов, обозначающих части у животных и растений. Терминология, разработанная в этой сфере коренными народами, указывает на то, что их мерономические представления о «планах строения» неявно иерархичны, что очевидно, например, из опознания всего человеческого тела в целом, конечностей как частей тела, локтей/коленей и пальцев как частей конечностей, ногтей как частей пальцев и т. д.

Античная и средневековая натурфилософии не проводили чёткого разграничения между таксономическими и мерономическими аспектами разнообразия вещей, включая организмы, которые были тесно связаны таксоно-мерономическим дуализмом. Однако в схоластической систематике XVII–XVIII вв. эти аспекты были когнитивно разделены, а их иерархии стали более или менее самостоятельными объектами исследования.

В предыстории и ранней истории биологической систематики было несколько попыток выработать более или менее стандартизированную мерономическую терминологию, предпринятых некоторыми гербалистами, систематиками и анатомами (напр., И. Бок, К. Линней, Дж. Барклай). Типологи XIX в. разработали общие представления о мерономической иерархии на основе концепций планов строения и архетипов для основных групп животных и отчасти растений (Ж. Кювье, К. Бэр, Р. Оуэн, И. Гёте). Одним из наиболее значимых результатов их исследований стала общая концепция гомологии, определяемой иерархически через отношения между частями одного целого (Р. Оуэн). В XX в. так называемая «новая типология» разработала интересную идею использования мерономических включающих иерархий для обоснования иерархических таксономических систем.

Включающие мерономические иерархии, по-видимому, до последнего времени не подвергались стандартизированному ранжированию и терминологической фиксации унифицированных уровней общности меронов. Что же касается невключающих (линейных) мерономических иерархий и их ранжирования, то этот вопрос постоянно обсуждался со времени Аристотеля, который проводил различие между *существенными* и *случайными* свойствами организмов. В развитии эссенциализма схоластами это аристотелевское ранжирование свойств было доработано введением понятия *главной сущности* (Ансельм Кентерберийский), которое стало одним из краеугольных камней в фундаменте схоластической систематики.

Разные школы систематики разработали специфические критерии для оценки значимости м ранжирования признаков с точки зрения их вклада в итоговые классификации. Те систематики, которые придерживались (явно или неявно) Аристотеля, в связи с этим подчёркивали функциональную важность для организмов их анатомических (и, в конечном счёте, других) структур, представленных классифицирующими признаками (А. Чезальпино, А.-Л. де Жюссье, Ж. Кювье, Дж. Линдли и др.). Другие обращали особое внимание на диагностическую ценность признаков: например, К. Линней предложил различать *естественные*, *существенные* и *искусственные* признаки, из которых первые определяли роды (как *definitio*), а вторые разграничивали их (как *differentia*). Однако среди систематизаторов не было единого мнения относительно того, какие именно органы следует считать наиболее важными в таксономическом отношении: например, первые представители ботанической систематики были либо «короллисты», либо «фруктисты». Типологи придают особое значение признакам, которые в наибольшей степени соотносятся с архетипами (планами строения). Эволюционно интерпретированные систематические признаки оценивались в соответствии с их вкладом в филогенетические реконструкции: Ч. Дарвин и Э. Геккель были первыми, кто предложил этот критерий, и за ними последовали фактически все филогенетики.

В настоящее время оценка классификационной значимости признаков в систематике обычно называется их *дифференциальным взвешиванием*, а соответствующие оценочные значения, приписываемые признакам, называются их *весами*. Этот иерархический подход основан на специфических системах линейного ранжирования и формализован *принципом дифференциального взвешивания*, который составляет существенную часть методологии систематики (Павлинов, 2018).

* * *

Наряду с отрицанием таксономической иерархии, эта же тенденция включала ранжирование признаков по их таксономической значимости (весу). Только что упомянутому принципу дифференциального взвешивания противостоит альтернативный *принцип таксономической эквивалентности*, который подразумевает равные веса признаков. Его прототип был разработан М. Адансоном в рамках разработанной им оригинальной версии Естественного метода. Во второй половине XX в. этот принцип был официально провозглашён и стал активно осваиваться систематиками — сначала приверженцами фенетической идеи (Gilmour, 1940, 1961; Sokal, Sneath, 1963; Sokal, Sneath, 1973; и др.), а затем некоторыми кладистами, которые обосновывают этот подход ссылкой на эпистемологический *принцип полного подтверждения* (total evidence) (напр., Kluge, 1998).

ГЛАВА 2

ФИЛОСОФСКИЕ РЕФЛЕКСИИ

Философия науки рассматривает наиболее фундаментальные проблемы, которые относятся ко всем вопросам, касающимся того, что и как изучает наука и что такое научное знание. Все эти проблемы сосредоточены вокруг определённых онтических и эпистемических идей, по поводу которых среди философов и учёных нет единомыслия.

Вопросы философского характера, безусловно, имеют отношение к биологической систематике, которая исследует специфический аспект биоразнообразия, называемый *систематическим разнообразием*, включая его иерархическую структуру. Основным содержанием философских рефлексий в систематике является осмысление её познавательной ситуации (Павлинов, 2018). Важнейшая функция последней заключается в организации познавательной деятельности в данной дисциплине определённым философски (и, следовательно, научно) значимым образом, включая разработку общих представлений о таксономической теории. Соответственно, серьёзные углублённые обсуждения теоретических вопросов об иерархиях, изучаемых биологической систематикой, должны начинаться с рассмотрения научно-философских оснований этой дисциплины.

2.1. Иерархическая структура познавательной ситуации

Один из постулатов современного концептуализма в сочетании с идеями когнитивной науки утверждает, что любая познавательная деятельность осуществляется в рамках определённой *познавательной ситуации* (Стёпин, 2003; Величковский, 2006; Swoyer, 2006; Thagard, 2023). Последняя не имеет строгого формализованного определения, что вообще характерно для наиболее общих идей и понятий, а существует как неформальное и в значительной степени интуитивное понимание того, каковы общие начальные и граничные условия познавательной деятельности, каковы её базовые регуляторы, каким образом формируются её цели и разрабатываются средства. В таком общем толковании названная ситуация объединяет основные характеристики изучаемых объектов, познавательных процессов и осуществляющих их субъектов.

Основу общих представлений о познавательной ситуации составляет её понимание как состоящей из трёх основных взаимосвязанных компонент. Это а) *онтическая* компонента, индивидуализирующая (очерчивающая) конкретные объекты, подлежащие изучению, б) *эпистемическая* компонента, включающая когнитивные средства, которые разрабатываются для достижения желаемой цели, и в) *субъектная* компонента, отождествляемая с познающими субъектами, которые определяют, что и как нужно изучать. Все три компоненты сложным образом взаимодействуют друг с другом, превращая познавательную ситуацию в единое иерархически организованное целое, которое метафорически удобно трактовать как *когнитивный треугольник* (Павлинов, 2018).

* * *

Рассматривая онтическую компоненту с концептуальной точки зрения, важно прежде всего подчеркнуть, что в случае непосредственно ненаблюдаемых природных объектов (структур, процессов и т. п.) последние представлены в познавательного ситуации не сами по себе, а с помощью более или менее формализованных *когнитивных* (репрезентирующих) *моделей* (фон Берталанфи, 1969; Шрейдер, Шаров, 1982; Вартофский, 1988; Van Fraassen, 2008). Эта общая идея формализуется *принципом репрезентации* (моделирования), согласно которому именно конкретные, должным образом сконструированные когнитивные модели фактически являют-

ся анализируемыми объектами. Каждая такая модель предназначена для «схватывания» тех свойств изучаемого объекта, которые считаются наиболее существенными в рамках конкретной познавательного задачи. Как представляется, в такой версии когнитивную модель можно в некотором приближении трактовать как *идеальный тип* в понимании Макса Вебера (Weber, 1949). Предполагается, что любая непосредственно ненаблюдаемая природная сущность может быть понята в той мере, в какой её когнитивная модель адекватно представляет (репрезентирует) в познавательной ситуации её природный прообраз. В идеале модель должна быть *изоморфна* последнему, но этот изоморфизм не может быть полным: существует множество факторов, которые делают всякую модель в той или иной мере неполной и смещённой (см. ниже).

Для формирования познавательной ситуации особое значение имеют *концептуальные* модели, с помощью каждой из них формируется некий теоретический образ исследуемого явления — систематического разнообразия, каждого его проявления (филогенетическое, типологическое и т. п.) или фрагмента (конкретной группы организмов) и т. п. Разработка таких моделей составляет основное содержание теоретического осмысления исследуемого явления — его *концептуализации*. Должным образом организованная совокупность взаимосвязанных когнитивных моделей разных уровней общности, каждая из которых соотносится с определённым проявлением изучаемого объекта, формирует специфическую *концептуальную реальность*, которая, собственно говоря, и есть онтическая компонента познавательной ситуации.

В практичкском плане, любая репрезентация объекта исследования, отвечающая определённым критериям, может рассматриваться как особый вид его когнитивной модели: она может быть вербальной, математической, графической, физической (материальной) и т. д. В систематике стандартными моделями служат древовидные или плоскостные графические репрезентации структуры как самого систематического разнообразия, так и описывающих его классификаций (см. главу 4).

Любая репрезентирующая модель проще, чем её прообраз, и поэтому может отражать последний лишь частично. Это объясняется тем, что когнитивная модель является результатом избирательного восприятия натурного объекта: как было сказано выше, в модель включаются только те его характеристики, которые считаются существенными для решения конкретной познавательной задачи. Например, при рассмотрении разнообразия организмов их можно охарактеризовать с экологической, филогенетической, генетической, этологической, физиологической и т. п. точек зрения. Соответственно, любой сложно структурированный природный объект может быть представлен несколькими моделями, каждая из которых отражает его отдельные проявления. Этот когнитивный *принцип множественности моделей*, детализирующий более общий *принцип множественности концептуализаций* (Massey, 1999), крайне важен для понимания общих подходов к формированию познавательных ситуаций в систематике, включая определения исследуемых ею объектов, формирование ведущих к ним редукционных каскадов и т. д . (см. об этом далее).

Важную часть принципа репрезентации составляет разработка специальных *правил соответствия*, которые делают различные модели, представляющие один и тот же естественный (эпи)феномен, взаимно интерпретируемыми. Принимается, что разные модели, изоморфные одному объекту, изоморфны и друг другу (с той же оговоркой) (Шрейдер, Шаров, 1982). В систематике это позволяет объединять частные таксономические теории, которые отображают разные проявления систематического разнообразия (типологическое, филогенетическое, биоморфологическое и т. д.), в некую общую теорию (см. об этом раздел 2.5).

* * *

Природное явление, с которым имеет дело биология, — *биота*. Это сложно структурированное образование, элементарными единицами которого являются организмы. Они разнообразны, и основная исследовательская задача любой биологической дисциплины заключается в изучении и объяснении различных проявлений их разнообразия. Последнее в настоящее время называют *биоразнообразием*, которое обычно (но некорректно) рассматривается как предметная область биологической систематики. К сожалению, этому модному словечку-понятию из-за его частого некритического использования в ненаучных контекстах не хватает концептуальной чёткости (Ghilarov, 2001). Чаще всего оно соотносится с чем-то неясным и не слишком осмысленным, трактуется просто как «сумма изменчивости» организмов (напр.: https://en.wikipedia.org/wiki/Biodiversity). Согласно одной из концептуальных версий, биоразнообразие понимается как специфическое

проявление сложно структурированной биоты. Такое его осмысление служит основой для его более строгой концептуализации как особого природного явления, которое может быть предметом научных исследований.

Следующий этап концептуализации, имеющий решающее значение с точки зрения биологической систематики, предполагает «*почти-разложение*» (near-decomposition, см. раздел 3.1) биоразнообразия на его частные проявления более низкого уровня, при этом наиболее важными являются два подхода к их идентификации: *объектный* и *аспектный* (Павлинов, 2018; Pavlinov, 2021). В первом случае предполагается, что некие природные объекты как таковые существуют в качестве неотъемлемых компонентов биоты: таковы организм, его составные части (орган, клетка и т. д.), популяция, экосистема. Во втором случае изучаемые объекты очерчиваются определёнными аспектами рассмотрения, которые фиксируются познающими субъектами в конкретных познавательных ситуациях. При этом предполагается, что такие аспектные проявления биоразнообразия могут рассматриваться как выделенные более или менее естественным образом (т. е. не произвольно), если предполагается наличие определённых природных причин, лежащих в их основе.

Последнее условие подразумевает, что указание причинно-следственных связей, структурирующих биоту, является одним из важнейших условий корректной концептуализации разнообразия организмов и его иерархической организации. Эта ключевая тема онтологии начинается с двух основных вопросов: а) вызван ли изучаемый аспект структуры биоразнообразия какими-либо природными факторами или нет, и б) если да, то каковы конкретные причинно-следственные механизмы, наиболее ответственные за это. В отношении механизмов любого рода (эманация, эволюция, эпигенез, системная структуризация и т. д.) фундаментальный вопрос касается их преимущественно *нисходящего* или *восходящего* направления их действия. Первое характерно для холистического мировоззрения и подразумевает, что природные явления более высокого уровня в значительной мере определяют явления более низкого уровня (наиболее ярким примером является платоновская эманация Единого); второе подразумевает противоположное направление причинно-следственных связей, характерное для редукционистского мировоззрения (такого, как дарвиновская микроэволюция). Конечно, эти два основных причинно-следственных потока сосуществуют и взаимодействуют в природе; однако осознание данной дихотомии имеет большое значение, влияя на понимание онтического статуса некоторых объектов, которые изучает систематика. Например, вид может рассматриваться либо как реальный *феномен* в случае нисходящего характера порождающих его причинно-следственных связей, либо как *эпифеномен* в противном случае (Cracraft, 1989; Pavlinov, 2023; см. ниже).

В эволюционно-ориентированных школах систематики одной из основных составляющих онтической компоненты их когнитивных ситуаций является *эволюционный сценарий* (Eldredge, Cracraft, 1980; Павлинов, 2005). Последний определяет самые общие ключевые параметры эволюционного процесса. Таковыми являются *адаптациогенез* (приспособление организмов к определённой среде обитания), *кладогенез* (дивергентная эволюция), *анагенез* и *параллелизмы* (направленная эволюция в соответствии с определёнными едиными тенденциями), *терминация* (вымирание), *дление* во времени, *расселение* в пространстве и т. д. Этот общий сценарий уточняется до *эволюционных моделей* более частного порядка, которые включают только те параметры, которые считаются наиболее значимыми с некоторой познавательной точки зрения. Конкретные модели могут существенно различаться своим содержанием. Например, классическая модель эволюции как адаптациогенеза включает все только что перечисленные параметры и предполагает её в значительной степени упорядоченный характер. Напротив, популярная в настоящее время *экономная* (parsimonious) модель отбрасывает большинство этих параметров и подразумевает в значительной степени стохастический характер эволюции (Camin, Sokal, 1965; Crisci, 1982). В кладистической систематике соответствующая модель сводит эволюционный процесс к кладогенезу, при этом вклад параллелизмов в формирование систематического разнообразия считается минимальным (Hennig, 1966; Farris, 1983). Имея в виду проблему онтической редукции (см. ниже), можно утверждать, что более сложные сценарии более реалистичны, т. е. соответствующие эволюционные модели более адекватны реальным эволюционным процессам.

Основная проблема здесь в том, что содержательно богатые эволюционные концепции сталкиваются с принципиальной невозможностью желаемого строгого изоморфизма между исходными эволюционными моделями и клас-

сификациями, поскольку они относятся к двум принципиально разным аспектам рассмотрения биоты, *динамическому* и *стационарному*, соответственно (Скарлато, Старобогатов, 1974). Это противоречие формализовано *принципом NP-полноты* (Garey, Johnson, 1979), который применительно к предмету эволюционно интерпретированной систематики утверждает следующее. Чем сложнее онтическая (в частности, эволюционная) модель систематического разнообразия, тем менее достижимой оказывается некоторая классификация, наиболее адекватно представляющая её (Felsenstein, 2004; Павлинов, 2005, 2018). По этой причине каждая достаточно сложная эволюционная модель может служить концептуальной основой для некоторого количества почти одинаково правдоподобных гипотез о филогенетических связях, и каждая из гипотез может быть преобразована в несколько почти одинаково правдоподобных филогенетически состоятельных классификаций. Очевидно, что эта проблема наиболее актуальна для тех исследовательских программ систематики, онтические модели которых содержательно очень богаты, таких как классический эволюционный или типологический подходы.

* * *

Эпистемическая компонента включает набор нормативных предписаний, которые регулируют все когнитивные операции с онтической компонентой. Прежде всего, она предусматривает критерии, в соответствии с которыми потенциальным объектам исследований присваивается определённый онто-эпистемный статус путём а) признания их объективного существования и б) доступности для исследований имеющимися научными средствами. Три хорошо известных классических мировоззрения — реализм, номинализм и концептуализм — в этом отношении кардинально отличаются друг от друга. *Реализм* считает все явления, рассматриваемые естественными науками, как объективно существующие и познаваемые, по крайней мере в принципе. С точки зрения *номинализма*, только физически воспринимаемые и измеряемые объекты могут рассматриваться как реально существующие и рационально познаваемые. *Концептуализм* признаёт объективное существование сложно структурированной Вселенной, различные проявления которой фиксируются в качестве объектов исследований соответствующими концепциями и понятиями, разработанными познающими субъектами. Иерархическая структура биоразнообразия представляет собой наглядный пример этой фундаментальной трихотомии: оно считается либо бесспорно существующим (реализм), либо отсутствующим (номинализм) в Природе, либо должным образом (онтически осмысленно) очерченным соответствующими концепциями (концептуализм).

Другая очень важная функция эпистемологии, связывающая её с онтологией, заключается в формулировании общих принципов разработки когнитивных моделей, концепций, соответствующих понятий и т. д. С эпистемической точки зрения, иерархизация таких моделей может трактоваться как специфический, универсально применимый когнитивный приём, выработанный специально для «свёртки» информации. Например, в таком качестве выступают конкретные компьютерные модели естественных и социальных процессов; в систематике это модели систематического разнообразия и его проявлений, включая таксономические и мерономические классификации. Первостепенное значение имеет разработка специальных описательных (аналитических) языков как когнитивных инструментов, наиболее адекватных структуре различных проявлений (фрагментов, уровней и т. д.) Вселенной, изучаемой конкретными отраслями естественных наук. В этой связи заслуживают упоминания разного рода лингвистические модели, которые лежат в основе так называемых *языковых картин мира* (Gumperz, Levinson, 1996; Величковский, 2006). Наконец, эпистемическая компонента отвечает за разработку исследовательских методологий и критериев для оценки их научного статуса. Её важная часть включает обоснование исследовательской выборки как своего рода *операциональной модели* изучаемого природного явления, включая компоненты биоразнообразия; например, классифицирующие признаки являются когнитивными «мини-моделями» различных особенностей организма (Павлинов, 2018). Особое значение имеет корректная формулировка протоколов формирования выборок, соответствующих конкретным исследовательским задачам.

* * *

Субъектная компонента познавательной ситуации, как и две другие, организована иерархически, охватывая отдельных исследователей, исследовательские группы (школы, лаборатории и т. д.), а также некоторые социальные институции более высокого уровня. На персональном уровне это проявляется в так называемом *личностном знании*, включающем различные *стили мышления* (холистический или элемен-

таристский, интуитивный или рациональный и т. д.). Для нашего обсуждения особое значение имеют системный и иерархический стили мышления, филогенетическое («древесное») мышление; следует также упомянуть противопоставление экстенсионального и интенсионального стилей мышления в отношении иерархий. На более высоком уровне эта компонента включает исследовательские группы (школы), члены которых придерживаются определённых исследовательских программ (в систематике, скажем, филогенетической или типологической). Члены каждой такой группы придерживаются специфического стиля мышления, который «диктует» им, как надлежит рассматривать объект исследования и оперировать его моделями. Наконец, представляется разумным включить сюда, на более высоком уровне, некоторые социальные институции, принимающие решения (напр., выделяющие гранты), поскольку их заключения о поддержке определённых направлений исследовательской деятельности в систематике (напр., молекулярной филогенетики) косвенно влияют на общую структуру её познавательной ситуации.

Роль субъектной компоненты, понимаемой в самом широком смысле, в познавательной ситуации намеренно преуменьшается как классической, так и позитивистской философиями науки, в то время как концептуализм подчеркивает её. Наиболее значимая роль этой компоненты определяется тем фактом, что познание — это не пассивное «отражение» Природы человеческим разумом, а скорее активное взаимодействие объекта и субъекта, которое формирует всю познавательную деятельность (Матурана, Варела, 2019). На этом основании швейцарский психолог Жан Пиаже (Jean Piaget, 1896–1980) утверждал, что знания о Вселенной исходят не из неё самой как таковой, а скорее из взаимодействия субъекта (наблюдателя) с нею (Пиаже, 2004).

Неустранимое присутствие познающего разума в познавательной ситуации очевидно прежде всего из того, что именно этот активный разум формирует всё содержание названной ситуации. Его решающее влияние начинается с постановки конкретных познавательных целей, которые должны быть достигнуты в данной ситуации, и продолжается актуализацией её онтической и эпистемической компонент, а также их взаимосвязи. В конце концов, ответ на вопрос зависит от его формулировки: правильный вопрос подразумевает возможность правильного ответа, в то время как неправильный вопрос вряд ли обещает правильный ответ — но никто иной, как субъект, и задаёт вопросы, и ищет ответы на них. Действительно, если иметь в виду основную тему данной книги, иерархическая когнитивная модель сложно структурированного систематического разнообразия может пониматься как результат его специфического «иерархического» видения теми исследователями, которых иногда называют «*упёртыми иерархистами*» (hard-line hierarchists) (Mesarovic, Macko, 1969; Ahl, Allen, 1996).

Не менее значимо влияние субъектной компоненты в форме *прагматики* познавательной деятельности, которая ставит исследовательские и другие задачи в зависимости от конкретных субъективных мотиваций и намерений (Розов, 2008). Это совершенно очевидно в случае классификационных систем, которые могут разрабатываться как общего, так и специального назначения. В частности, прагматический акцент явно присутствует в обсуждении проблемных вопросов таксономической иерархии с точки зрения номенклатуры (de Queiroz, 1992; de Queiroz, Gauthier, 1992; Laurin, 2024).

* * *

Онтическая и эпистемическая компоненты связаны друг с другом сложным образом. Аргентинский философ науки Марио Бунге ограничивает их взаимосвязь зависимостью эпистемических допущений от онтических (Bunge, 1969). Однако на самом деле они *взаимо*связаны, так что не только онтические суждения в определённой степени влияют на эпистемические, но имеется и обратное влияние, что в совокупности означает специфическое взаимное *онто-эпистемическое соответствие* (Павлинов, 2018; Pavlinov, 2021). Последнее подразумевает, что онтические и эпистемические параметры конкретной познавательной ситуации формируются взаимозависимо и сообща, согласованно формируют её *концептуальный каркас*, или *концептуальное пространство* (в понимании Botha, 1989; Ефремов, 2009).

Очевидно, что онто-эпистемическое соответствие является *неполным*, и это представляет собой наиболее серьёзную проблему для познавательной деятельности, связанной с природными явлениями. Наиболее фундаментальной и неустранимой причиной неполноты является значительно более простая структура описательного языка естествознания по сравнению с описываемыми объектами. Что касается биологической систематики, то указанная неполнота подразумевает принципиальную невозможность

исчерпывающей адекватности классификационной системы какому-либо фрагменту систематического разнообразия. Это влечёт за собой некую *таксономическую неопределённость* (Заренков, 1988; Павлинов, 2018) и требует признания глобального и неустранимого *нечёткого* характера классификаций, отражающих названное разнообразие (см. раздел 3.5).

Рассматриваемое соответствие связывает эти две компоненты специфическим *принципом дополнительности*, который предполагает признание своего рода *онто-эпистемического дуализма* когнитивных моделей, представляющих исследуемые объекты в познавательных ситуациях. Такой дуализм означает, что всякий объект может быть понят только через его совместное онтическое и эпистемическое рассмотрение; в частности, классификации как специфические когнитивные системы (см. раздел 2.7), по меткому выражению Ребекки Брайен, «представляют собой *синтез метафизики и эпистемологии*» (Bryant, 2000, p. 17; курсив ориг.). Если в это рассмотрение включить субъект, то согласно мнению уже упоминавшихся выше системологов Говарда Пэтти и Тимоти Аллена, онто-эпистемический дуализм можно трактовать как *объектно-субъектный*, или дуализм наблюдаемого и наблюдателя (Pattee, 1978; Allen, Starr, 1982). Этот сложный дуализм (или скорее триединство) влечёт за собой *онто-эпистемическую относительность*: утверждения об исследуемых объектах являются контекстно-зависимыми, поэтому они могут иметь разные истинностные значения согласно разным онто-эпистемическим допущениям (Фейерабенд, 1986; García-Carpintero, Kölbel, 2008; Baghramian, Carter, 2025). Этот принципиально важный момент особым образом определяет дилемму объективного или субъективного статуса иерархий, изучаемых биологической систематикой (см. раздел 2.6).

Только что упомянутый онто-эпистемический релятивизм имеет две очевидные ипостаси, онтическую и эпистемическую. Принцип *онтической относительности* (Куайн, 1996) в нашем случае подразумевает, что концептуальное выделение сложно структурированного биоразнообразия в качестве научно значимого объекта исследования зависит от определённых эпистемических предпосылок. Например, согласно физикалистскому *принципу наблюдаемости*, взятому в его крайней форме, имеет смысл изучать только конкретные наблюдаемые организмы, в то время как так называемое «биологическое разнообразие» не может быть изучено, поскольку не наблюдается фактически: все суждения о нём являются предполагаемыми, выводимыми (conjectured). Принцип *эпистемической относительности* (Фейерабенд, 1986) подразумевает, что не существует «абсолютно» истинных и универсально применимых эпистемических инструментов, поскольку их состоятельность во многом зависит от конкретных базовых онтических допущений. Наиболее наглядным примером являются две основные схемы аргументации, дедуктивная и индуктивная, которые разработаны на основе рассуждений о нисходящих или восходящих причинно-следственных связях, упорядочивающих Вселенную. В гораздо более частном случае, представляющем для нас интерес, алгоритмы вывода филогенетических гипотез могут зависеть от разрабатываемых эволюционных моделей (Павлинов, 2005).

Признание онто-эпистемического дуализма оказывает характерное влияние на определение онтического статуса проявлений биоразнообразия, изучаемых систематикой, коль скоро они не наблюдаются непосредственно, а скорее концептуально обосновываются (Павлинов, 2018). В традиционных подходах они делятся на две основные категории: объективные (реальные) и субъективные (искусственные) (см. далее). Однако онто-эпистемный релятивизм делает эту дихотомию слишком примитивной и чрезмерно упрощающей возможный спектр онтических трактовок. Наглядной иллюстрацией разнообразия последних является современное обсуждение онтического статуса видов (Richards, 2010; Pavlinov, 2023).

Другое интригующее следствие онто-эпистемического дуализма и связанной с ним одноимённой относительности заключается во множественности трактовок феноменологической природы изучаемых объектов (не в смысле Гуссерля). С классической точки зрения последние, если они признаются «объективными», обычно рассматриваются как природные *феномены*, которые являются неотъемлемыми элементами объективной реальности и существуют независимо от познающего субъекта. В отличие от этого, с точки зрения концептуализма следует различать по крайней мере два вида онтического статуса: объекты исследования могут рассматриваться либо как *феномены*, либо как *эпифеномены* (Shapiro, Sober, 2007). Частично адаптируя аргументы названных авторов к основной теме нашей книги, представляется оправданным разделить эти два статуса следующим

образом (Павлинов, 2018). При рассмотрении сложно структурированной природной системы, которая (по умолчанию) считается природным феноменом, её собственные элементы можно рассматривать как специфические системные *микропараметры*, которые по праву также могут рассматриваться как природные феномены. С другой стороны, существуют определённые системные свойства и/или отношения, которые сами по себе не имеют чёткого собственного объективного существования, а скорее предполагаются познающими субъектами на основе анализа составляющих систему элементов. Их, как представляется, корректнее рассматривать как специфические системные *макропараметры* и трактовать онтически как эпифеномены. Впечатляющим примером такого нестандартного подхода к вопросам, непосредственно связанным с биоразнообразием, является вышеупомянутая интерпретация видов как «эпифеноменов, развившихся <...> на основе процессов более низкого уровня» (Cracraft, 1989, p. 48).

Метафора «цветной» Вселенной позволяет понять, в чём заключается это различие. То, что действительно (объективно) существует в физическом мире, — это электромагнитные волны различной частоты, являющиеся микропараметрами Вселенной. В отличие от этого, всякие «красные», «синие», «зелёные» и т. д. представляют собой её специфические макропараметры, проявляющиеся в результате определённой физиологической и ментальной деятельности наблюдателя. Эта последняя включает восприятие отражённых волн определённых частот специальными клетками сетчатки глаза и последующую обработку результатов этого восприятия специальными нейронами головного мозга. Таким образом, Вселенная на самом деле бесцветна, тогда как якобы «визуально очевидные» цвета являются эпифеноменальными качествами, обычно обозначаемыми как *квалиа* (Jackson, 1982; Zeki, 2022).

Рассматриваемый в таком ключе, казалось бы тривиальный вопрос о наблюдаемости сходства между организмами, на котором систематика основывает все свои выводы, предстаёт в неожиданно сложном обличии (Павлинов, 2018). Вопреки распространённому мнению о его «очевидности» и, следовательно, «объективности», на чём настаивают как позитивисты, так и «упёртые реалисты» (Gilmour, 1940; Simpson, 1961; Sokal, Sneath, 1963; Мейен, 1978; Любарский, 1996), концептуализм подразумевает, что познающий субъект на самом деле наблюдает не сходство как таковое, а конкретные организмы с их специфическими свойствами. Соответственно, как подчёркивает израильский философ-когнитивист Амос Тверски (Amos Tversky, 1937–1996), то, что обычно считается «объективным сходством», на самом деле является суждением наблюдателя об общности этих организмов по определённым избирательно воспринимаемым свойствам, которое возникает в результате довольно сложного познавательного акта (Tversky, 1977). Таким образом, согласно основам когнитивной психологии, «сходство» следует считать не реальным природным явлением, а скорее эпифеноменом (квалиа), который является результатом познавательной деятельности субъектов, выборочно обращённой к конкретным объектам (Jackson, 1982; Hjørland, 2008; McCabe, 2021). Данный тезис подчёркивает американский философ Эллиот Соубер в статье «Множества, виды и эволюция»: «философы давно осознали, [что] сходство без теории является пустым звуком» (Sober, 1984, p. 336), так что это не «чистая объективность», а некое концептуально зависимое суждение.

Первостепенное значение имеет то, что это соображение тесно связано с понятием биоразнообразия, которое занимает центральное место в биологической систематике. Если рассматривать биоту как сложно структурированное природное явление (феномен), то составляющие её элементы (организмы, локальные экосистемы и т. п.) с их физическими взаимосвязями и присущими им особенностями могут с полным основанием рассматриваться как её микропараметры, заслуживающие признания в качестве природных феноменов. В отличие от этого то, что мы обозначаем и изучаем как био- (или систематическое) разнообразие с его иерархической структурой, представляется более осмысленным рассматривать как макропараметр биоты и приписывать ему эпифеноменальный статус. Другими словами, иерархически структурированное систематическое разнообразие «философически» следует трактовать как некое «интеллектуальное квалиа», представляющее собой специфический концептуальный (ментальный) образ некоторого проявления реальной структуры биоты (Hoffman, 1979; Torday, 2016; Павлинов, 2018).

* * *

В соответствии с онто-эпистемологическим дуализмом, к любому объекту исследования, в том числе к иерархии, можно подходить преимущественно либо с онтической, либо с эпистемической точки зрения, в зависимости от когнитивной установки субъекта. Это «или-или» может подразумевать жёсткую границу между онтически или эпистемически определяемыми

иерархиями, которые трактуются как атрибуты либо самой Природы, либо познания.

Рассматриваемое с точки зрения организации познавательной деятельности, такое субъективно мотивированное предпочтение влечёт за собой специфическое исследовательское *предшествование*, в котором эти компоненты оказываются метафорически связанными отношением «лошадь и телега»; хорошим примером здесь служит филогенетика (Павлинов, 2005, 2018). Например, в «до-нумерической» филогенетике эпистемология следует за онтологией: конкретные методологии филогенетических реконструкций выводятся из определённых предполагаемых закономерностей филогенеза (Hennig, 1966; Wiley, 1981; Павлинов, 1990, 2005). Напротив, в современной численной филетике онтология следует за эпистемологией: филогенез рассматривается как стохастический процесс, чтобы максимально соответствовать базовым статистическим допущениям количественных методов построения филогенетических деревьев (Felsenstein, 2004).

В случае эпистемологического предшествования в познавательной ситуации возникает скрытая «*эпистемологическая ловушка*», если онто-эпистемическое соответствие организовано таким образом, что эпистемическое (методологическое) рассмотрение не только предшествует онтическому, но даже доминирует над ним. Это означает, что, согласно известному афоризму дзен-буддизма, *человек склонен принимать свой палец, указывающий на Луну, за саму Луну*. В нашем случае, когда биологи анализируют иерархическую структуру систематического разнообразия, они часто не осознают, что именно специфическая концепция последнего (указующий «палец») позволяет им «видеть» в природе определённую регулярность, которую они называют иерархией («Луна»).

Сходная специфическая «ловушка» заложена в так называемом *мифологическом* мышлении, к которому склонны многие практические систематики. Они забывают о своих мировоззренческих пристрастиях, лежащих в основе их эмпирических выводов, и поэтому искренне принимают последние за то, что есть «на самом деле» в Природе. Это в неменьшей (если не в большей) степени относится к тем, кто безоговорочно полагается на современные технические средства решения исследовательских задач и, в частности, «фетишизирует» иерархически ветвящиеся деревья, получаемые с помощью численных методов молекулярной филогенетики.

Данный момент можно проиллюстрировать следующим примечательным примером. На одном из теоретических семинаров в Зоологическом музее МГУ одного из лидеров отечественной молекулярной филогенетики спросили, что такое, по его мнению, есть филогенез. Сначала он как будто не понял смысла вопроса, но затем указал пальцем на древовидную диаграмму на своём слайде и заявил: «Вот *это* и есть филогенез!». Таким образом, для него филогенез — это не естественный многоаспектный процесс исторического развития организмов, а всего лишь графическая схема. Достаточно взглянуть на подписи к рисункам в статьях по молекулярной филогенетике, чтобы понять, что такое примитивное «техническое» видение филогенеза широко принято. Разве это не забавно и в то же время не печально?

* * *

Как видно из приведённых выше соображений, познавательная ситуация в биологической систематике представляет собой своеобразную иерархически организованную многогранную концептуальную рамочную конструкцию, предназначенную для организации и осуществления всей познавательной деятельности, связанной с биоразнообразием. По-видимому, это самая первая и самая общая концептуально выстраиваемая иерархия, с оформления которой систематика начинает всю свою исследовательскую деятельность.

На самом высоком уровне концептуализации систематики формируется её общий онто-эпистемический каркас, который включает основополагающие допущения относительно систематического разнообразия (его существование, общая структура, причины и т. д.) и обоснование подходов к его изучению (разработка когнитивных моделей, наиболее подходящих методологий и т. д.). На этом уровне итоговые форматы концептуализации общей познавательной ситуации ни в коем случае не могут служить рабочими инструментами для практических таксономических исследований. Чтобы обеспечить последние, необходимо разрабатывать конкретные интерпретации онтической и эпистемической компонент, и эта многоаспектная операция редукции влечёт за собой множество специфических познавательных ситуаций частного порядка. Лежащие в их основе концептуальные схемы становятся «идейными стержнями» исследовательских программ, реализуемых различными таксономическими школами.

2.2. Иерархии редукционных каскадов

Одно из наиболее фундаментальных обобщений когнитивистики, известное как *принцип абстрагирования* (индивидуации и т. д.), гла-

сит, что любое явление (фрагмент, структурная или функциональная единица, процесс и т. п.) во Вселенной, на которое направлена познавательная деятельность, становится объектом исследования, если оно должным образом индивидуализировано благодаря его «вырезанию» из его всеобщего окружения. Он дополняется *принципом ограниченной сложности*, согласно которому любой исследуемый объект репрезентируется в познавательной ситуации упрощенной моделью (см. выше), делающей его фактически доступным для описания с желаемым уровнем детализации (Gershenson et al., 2007).

Данные фундаментальные принципы являются специфическим следствием взаимосвязей трёх компонент названной ситуации и лежат в основе всей познавательной деятельности. Это объясняется тем, что последняя всегда осуществляется для решения конкретной предопределённой задачи и, следовательно, намеренно избирательна. Познающий субъект (наблюдатель) применяет своего рода *когнитивный фильтр* к Вселенной и рассматривает только тот конкретный объект (явление) и те его свойства, которые считаются существенными для решения данной познавательной задачи; в нашем случае таким объктом (явлением) служит иерархия. Следовательно, абстрагирование означает ни что иное, как *онтическую редукцию* объекта, что приводит к неполноте его репрезентации и влечёт за собой определённый *онтический разрыв* между самим исследуемым объектом (прообразом) и его упрощенной моделью (Salthe, 1985; Вартофский, 1988).

Управляемая субъектом многоступенчатая процедура онтической редукции формирует особый *онтический редукционный каскад*, который начинается с концепции, имеющей самое широкое (в рамках данной познавательной ситуации) значение, и заканчивается операциональными концепциями, предназначенными для решения конкретных исследовательских задач. Этот каскад характеризуется следующими основными параметрами. Его основной компонентой является *редукционный путь*, состоящий из последовательных шагов определённых операций редукции. По своей логической конструкции он подобен иерархической родо-видовой схеме в схоластике. На каждом *шаге редукции* разрабатывается несколько более простых моделей, каждая из которых специфическим образом представляет соответствующий сложный объект-прообраз, зафиксированный на этом шаге.

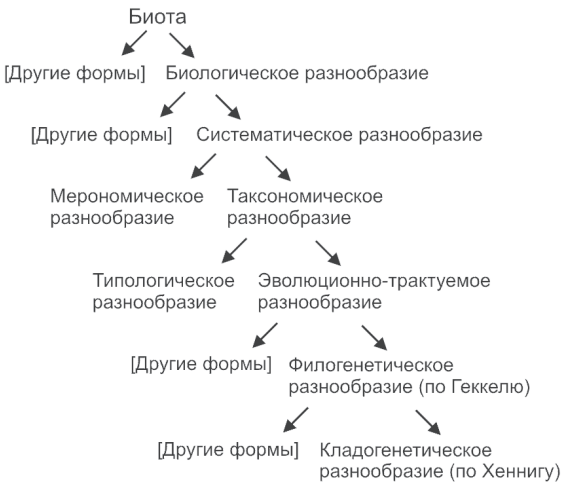


Рис. 2.1. Редукционный каскад перехода от наиболее общей концепции биоты к наиболее частной концепции кладистического паттерна, взятой в качестве примера (Pavlinov, 2024, с изменениями).

Таким образом, весь онтический редукционный каскад состоит из множества ветвящихся редукционных путей.

В систематике такой редукционный каскад (рис. 2.1) начинается с «вырезания» биоразнообразия из общей структуры биоты (Павлинов, 2018). На следующем шаге биоразнообразие разбивается на основные аспектно определяемые проявления (компоненты), которые фиксируются с учётом специфических особенностей (морфологических, экологических, этологических и т. д.) и/или отношений (сходства, родства, пространственной близости и т. д.) организмов. Эти аспектные проявления биоразнообразия очерчивают специфические онтические компоненты частных познавательных ситуаций в соответствующих биологических дисциплинах. Одно из этих проявлений общего разнообразия организмов — *систематическое разнообразие*, в то время как другие аспекты соответствуют его биогеографической, синэкологической и т. п. компонентам. Как видно из выше изложенных соображений, все эти аспекты (компоненты) биоразнообразия следует рассматривать как специфические концептуальные реальности, конструируемые для удовлетворения конкретных познавательных потребностей. Биологическая систематика изучает *систематическую реальность*, которая рассматривается как специфическая концептуальная реальность, составляющая теоретическое ядро онтической компоненты её познавательной ситуации (Зуев, 2002; Павлинов, 2018; см. предыдущий раздел).

Систематическое разнообразие, рассматриваемое в общем смысле, на базовом уровне в свою

очередь подвергается аспектному «почти-разложению», что влечёт за собой выделение двух его основных, сложным образом взаимосвязанных аспектов — *таксономического* (в узком смысле) и *мерономического* (об этой терминолгии см.: Мейен, 1977, 1978; Шрейдер, 1981; Любарский, 1996). Первый соответствует организмам и их группам, второй — их свойствам (атрибутам, характеристикам). Их аспектный статус очевиден из того, что они не существуют отдельно друг от друга, а индивидуализируются познающим субъектом: действительно, как не может быть вещей (включая организмы) без их атрибутов, точно так же не может быть атрибутов без вещей как их «носителей». Соответственно, взаимосвязь этих аспектов, рассматриваемая на этом базовом онтическом уровне, может быть понята как специфическое проявление упомянутого ранее т*аксоно-мерономического дуализма* (см. раздел 1.2; также раздел 3.6). Он представляет собой уточнение *принципа двойственности* в теории классификации (Панова, Шрейдер, 1975; Шрейдер, 1981) — своеобразный аналог корпускулярно-волнового дуализма в микрофизике. Это означает, что таксономический и мерономический аспекты равномощны друг другу и всему систематическому разнообразию, они дополняют друг друга до целостности последнего.

«Почти-разложение» относительного единства этих двух аспектов, диктуемое конкретными исследовательскими задачами, влечёт за собой две частные одноимённые иерархии — *таксономическую* и *мерономическую*. Они определяются как совокупности таксонов и меронов, соответственно, и становятся относительно самостоятельными объектами исследования. Их равномощность и дуализм позволяют связать их концептуально посредством *таксоно-мерономического соответствия*, которое играет важную роль в иерархизации классификационных систем (см. раздел 3.6).

* * *

Прежде чем продолжить обсуждение этого важного вопроса, необходимо дать специальное разъяснение понятиям *таксономии*, *мерономии* и *партономии*, как они применяются в нашей книге.

Их признание было вызвано двумя важными концептуальными новинками. С одной стороны, мерономическое разбиение, основанное на отношениях «целое – часть», было специфическим образом формализовано польским математиком Станиславом Лесневским (Stanisław Leśniewski; 1886–1939), который в своей книге «Основы общей теории множеств» (*Podstawy ogolnej teorii mnogosei*, 1916 г.) разработал для этого случая логическую систему *мереологии* (Calosi, Graziani, 2014; см. также раздел 2.4). С другой стороны, немецкий морфолог-теоретик Адольф Мейер-Абих (Adolf Meyer-Abich, до 1938 г. Meyer; 1893–1971) в книге «Логика морфологии» (Meyer, 1926) предложил понятие *таксона* для обозначения типологически определяемой классификационной единицы в противоположность *филону* (термин Геккеля) как филогенетически определённой единице.

Вслед за этим британский биолог-теоретик Джозеф Вуджер (Joseph Woodger; 1894–1981) в монографии «Аксиоматический метод в биологии» предложил выделить два основных типа иерархий в биологической систематике — *агрегативную* «линнеевскую» и *дивизивную* филогенетически определяемую (*D*-иерархия) (Woodger, 1937). Они соответствовали двум существенно разным типам членения: первое актуально для экстенсиональных, второе для мереологических логических систем. Первое из них логик Джон Грегг (John R. Gregg) в книге «Язык таксономии» обозначил как *таксономическое* членение: оно было основано на «агрегативной» точке зрения и подразумевало разделение множеств, классов и т. п. составных совокупностей на подмножества, подклассы и т. п. (Gregg, 1954). Второй подход Сергей Викторович Мейен (1935–1987) совместно с Юлием Анатольевичем Шрейдером (1927–1998) обозначил как *мерономическое* членение, которое опиралось на холистическую точку зрения и подразумевало разделение интегрированных целостностей на их части (Мейен, Шрейдер, 1976; см. также Мейен, 1977, 1978; Шрейдер, 1981; Любарский, 1996; Чебанов, 2017); иногда его результат называют *мереологической* иерархией (Jansen, Schulz, 2014). Термин *партономия* был предложен американской психологиней Барбарой Тверски в значении, близком к мерономии (Winston et al., 1987; Tversky, 1989), в настоящее время он также приобрёл определённую популярность (напр., Mahner, Bunge, 1997; Beghtol, 2000; Rieppel, 2006; Tversky, 2013). Э. Майр обозначил эти два варианта членений как *агрегативный* и *конститутивный* (aggregational, constitutive) (Mayr, 1982; Rieppel, 2009a).

В настоящей книге эти три понятия предлагается конкретизировать следующим образом. Они, с одной стороны, соответствуют «почти-разложению» иерархической структуры био-

разнообразия на его частные аспектные проявления, а с другой — специфическим способам его рассмотрения.

Термины «партономия» и «мерономия» соответствуют холистической трактовке сложно структурированных объектов. Термин *партономический* предлагается использовать в широком смысле и применять к целостным сущностям любого рода и любых уровней общности — от *Единого* в платоновской космологии до коллективных единиц низшего уровня в живой природе (виды, колонии, экосистемы и т. п.) и человеческом обществе (семьи, племена, организации и т. п.). В систематике такова трактовка биоразнообразия, принятая организмизмом, типологией и отчасти филогенетикой (но см. ниже).

Термин *мерономический* будет пониматься в более узком смысле и относиться: а) к разделению физических тел на их атрибуты (части, свойства, функции и т. п.), б) к одному из специфических аспектов систематического разнообразия, как они были определены выше, и в) к классификационным системам, репрезентирующим этот аспект разнообразия организмов. В случае организмов эти атрибуты в общем случае называются *меронами*; их предложено также называть *морфемами*. Авторы этих терминов имели в виду главным образом анатомические структуры — органы, клетки, биомолекулы и т. п. Но представляется разумным расширенное толкование мерона, включающее все так или иначе индивидуализируемые атрибуты биологического организма, включая физиологические функции, окраску, модели поведения и т. п.

Что касается термина «таксономический», то его применение здесь в смысле Б. Тверски (противопоставление партономическому членению) едва ли уместно, поскольку в контексте биологической систематики он традиционно имеет совсем другое значение. Соответственно, таким образом будут обозначаться: а) ещё один специфический аспект систематического разнообразия, альтернативный мерономическому, и б) конкретные классификационные системы в качестве когнитивных моделей этого аспекта: все они будут единообразно называться *таксономическими*. В случае членения совокупностей типа множества или класса, соответствующие иерархии будут называться *агрегативными*.

Однако следует обратить внимание на тот факт, что, как это обычно бывает в случае сложно структурированных объектов, общепринятая дихотомия агрегативных (таксономических в смысле Тверски) и партономных разбиений оказывается слишком грубой. Как отметила польская исследовательница Эльжбета Гурска, включающая иерархия воинских подразделений, которая обычно рассматривается как типичный пример агрегативного членения, на самом деле наделена некоторыми партономическими свойствами (Górska, 2001, 2002). Это объясняется тем, что каждое такое подразделение любого ранга имеет системную природу, а его элементы (солдаты, командиры и т. д.) тесно взаимосвязаны выполнением определённых функций, поэтому каждое подразделение представляет собой нечто большее, чем просто их сумму. Следовательно, между агрегативным и партономическим имеет смысл поместить *систематический* способ рассмотрения и членения подобных объектов (Шаталкин, 2012). Возможно, сюда следует относить членение биоразнообразия и соответствующих классификационных систем.

* * *

Аспектное «почти-разложение» таксономического (в узком смысле) разнообразия приводит к выделению тех его специфических проявлений, которые изучаются различными школами систематики, а именно филогенетическому, типологическому, биоморфологическому, популяционному и т. д. (Павлинов, 2018). Они формализованы соответствующими концепциями, каждая из которых, в свою очередь, может быть редуцирована до концепций следующего более низкого уровня, разработанных для более частных проявлений названного разнообразия. Например, типологическое разнообразие может быть представлено на основе типологических описаний по Кювье (планы строения), Гёте (метаморфозы в пределах архетипа) и Бэру (стадии онтогенеза) ; филогенетическое разнообразие — на основе концепций Геккеля (классическая филогенетика), Дарвина (микроэволюционная модель), Симпсона (эволюционная таксономия) и Хеннига (кладогенетика). Объектное «почти-разложение» таксономического разнообразия предполагает распознавание конкретных групп организмов, в общем случае называемых *таксонами* (виды, семейства, биоморфы и т. п.). Кроме того, в качестве особого класса таксономических объектов могут рассматриваться особо интересующие нас уровни (ранги) таксономической иерархии.

«Почти-разложение» мерономического разнообразия также может быть как аспектным, так и объектным, что приводит к выделению отдельных составляющих обобщённого организма

(архетипа), которые в общем случае называются *меронами*. Аспектными меронами можно считать окраску, поведенческие модели, физиологические функции и т. д., объектные мероны — это части организма. В распознавании меронов любого вида и уровня ключевую роль играет *гомологизация*, которая служит основанием для разработки мерономических классификаций. На операциональном уровне редукционного каскада мероны преобразуются в классификационные *признаки*, которые используются при разработке таксономических классификаций.

* * *

Редукционный каскад организован асимметрично, поскольку состоит из преимущественно нисходящих переходов между концепциями разных уровней. Следовательно, весь каскад можно интерпретировать как иерархически упорядоченную преимущественно *дедуктивно-номологическую* когнитивную систему, в которой концепции более низкого уровня являются производными концепций более высокого уровня (Hempel, 1966; Woodward, 2003). Однако в нём могут присутствовать и противоположные (индуктивные) связи, возникающие в результате конкретизации определённых концепций высокого уровня содержанием соответствующих концепций низкого уровня. Кроме того, в пределах этого каскада могут возникать некие «анастомозы» из-за частичного слияния различных путей при обмене различными концепциями (почти) одного и того же уровня общности специфическими идеями. Этот тезис иллюстрируется *эволюционной типологией*, которая возникла как слияние геккелевской филогенетики с типологией платоновского типа (Васильева, 1992, 1998); другим примером является с*труктурная кладистика*, объединяющая Хеннигову кладистику и бэровскую типологию (Platnick, 1979; Nelson, Platnick, 1981).

При оценке когнитивного статуса концепций, занимающих различные позиции в рамках редукционного каскада, важно иметь в виду вышеупомянутый онтический разрыв, который имеет тенденцию расширяться с возрастанием степени редукции. Соответственно, разумно предположить, что чем длиннее редукционный путь, ведущий от концепций самого высокого уровня к концепциям низкого уровня, тем шире разделяющий их онтический разрыв.

При рассмотрении идей, относящихся к теме данной книги, следует учитывать следующие важные особенности включающей иерархии каскада онтических редукций (Павлинов, 2018). Во-первых, существует множество способов формирования такого рода каскадов в зависимости от концептуальных каркасов конкретных познавательных ситуаций и исследовательских задач. Соответственно, во-вторых, каждый такой каскад может начинаться со специфических концепций самого высокого уровня и заканчиваться соответствующими специфическими концепциями самого низкого уровня, с разной степенью фрагментации соединяющих их путей. В-третьих, этот каскад предполагает дедуктивное структурирование исходного концептуального пространства, так что каждая концепция более низкого уровня выводится на некотором шаге редукции не сама по себе, а как особая интерпретация концепции более высокого уровня. Следовательно, каждый путь редукции включает определённую последовательность семантически взаимосвязанных концепций разных уровней общности. Это означает, в-четвёртых, что любая концепция некоторого уровня общности приобретает своё смысловое значение только в контексте соответствующих включающих концепций более высокого уровня. Сказанное особенно верно в отношении операциональных концепций, которые могут оказаться биологически бессмысленными, если разрабатываются и/или применяются формально, т. е. без ссылки на какие-либо биологически содержательные концептуальные модели. В-пятых, систематика имеет дело с многоаспектными природными явлениями, каждое из которых может быть сведено к нескольким когнитивным моделям (концепциям), акцентирующим внимание на его отдельных специфических свойствах. Соответственно, общий редукционный каскад включает ряд «параллельных» последовательно ветвящихся путей редукции, что приводит к умножению концепций низких уровней. Вышеупомянутые частные интерпретации типологической и филогенетической концепций иллюстрируют эту идею; другим хорошо известным примером служит общая концепция вида, для которой предложено не менее десятка частных интерпретаций.

* * *

Таким образом, общий каскад онтической редукции порождает включающую иерархию когнитивных моделей (концепций) разных уровней обобщённости, причём эти модели умножаются от вершины к основанию каскада, так что последний можно рассматривать как специфическую концептуальную *онтическую пирамиду* (Павлинов, 2018). Биологическая систематика имела дело с этой фундаментальной

иерархической конструкцией с самого начала своего исторического развития. Конечно, она не была её собственным «изобретением»: историческим предшественником этой концептуальной иерархии была *пирамида понятий* средневековой схоластики (Маковельский, 2004).

Хотя рассматриваемая пирамида относится к онтической компоненте познавательной ситуации, не следует забывать, что на самом деле она порождается эпистемической операцией редукции. Последнее замечание позволяет обратить особое внимание на тот факт, что весь каскад онтической редукции можно рассматривать с более широкой онто-эпистемической точки зрения как специфическое представление так называемого *дерева* (*принятия*) *решений* (Mesarovic, Macko, 1969; Левитин, 2006) Действительно, в рамках каждого редукционного пути переход от одного шага к другому осуществляется в результате определённого решения, принимаемого исследователем, который выбирает один из нескольких возможных путей более низкого уровня. Такую конструкцию предложено называть *иерархией уровней принятия решений*, или *аналитической иерархией* (Saaty, Vargas, 2012; Brunelli, 2015). Данная интерпретация обязывает выделить несколько важных моментов, значимых для нашего обсуждения.

Прежде всего, важно подчеркнуть, что редукционный каскад является важной частью всякой познавательной ситуации, они не существуют по отельности. Далее, соотнесение этого каскада с деревом принятия решений позволяет отождествить пути редукции с последовательностями конкретных решений. Метафора дерева принятия решений позволяет уподобить каскад онтической редукции (и соответствующую концептуальную пирамиду) иерархически организованной *информационной системе*, а каждый из путей редукции — конкретным *информационным потокам* в ней (см. также раздел 2.7). Это означает, что на каждом шаге редукции принимаемые решения влекут за собой определённые изменения информации о систематическом разнообразии как объекте исследования. Первостепенное значение имеет то, что редукционный характер таких путей подразумевает, что при прохождении через них информационных потоков происходит постепенное уменьшение содержания информации об этом объекте. Наконец, каждое решение, касающееся выбора одного из следующих путей более низкого уровня, является вероятностным и содержит некоторую неопределённость. Следовательно, все иерархии редукционных каскадов и соответствующих концептуальных пирамид являются вероятностными нечёткими конструкциями, полными неопределённостей.

Все эти соображения имеют прямое отношение к основной теме этой книги — т. е. к природе иерархий, с которыми имеет дело биологическая систематика. Действительно, как подчёркивалось выше, концептуальное «почти-разложение» биоразнообразия на конкретные аспектные иерархические структуры (экологические, систематические и т. д.) фиксируется субъектами в соответствии с их исследовательскими или иными задачами. То же самое справедливо и для конкретных иерархий, на которые можно концептуально «почти-разложить» систематическое разнообразие, а именно: типологическое, филогенетическое, биоморфное и т. д. Будучи взаимовложенными, все они вместе составляют целостность общей иерархической организации биоты, и именно познающие субъекты а) обосновывают саму возможность «почти-разложения» рассматриваемого целого на отдельные компоненты и б) фактически индивидуализируют их как конкретные объекты исследования. Исходя из определённых онто-эпистемических допущений, можно обоснованно задаться вопросом: являются ли все эти частные иерархии реальными («объективными») атрибутами общего биоразнообразия? Ответ на этот фундаментальный вопрос не столь очевиден, как хотелось бы (см. далее).

* * *

Все идеи, касающиеся онтической редукции, также применимы к эпистемической компоненте познавательной ситуации, где она принимает форму *эпистемической редукции*, приводящей к аналогичному *эпистемическому каскаду редукций*. Последний влечёт за собой пирамиду эпистемических операций разных уровней общности, которую можно назвать *эпистемической пирамидой*. Один из высших уровней в последней занимает вышеупомянутый принцип репрезентации, реализация которого подменяет объект исследования его когнитивной моделью и преобразует тем самым соответствующий фрагмент объективной реальности в концептуальную реальность. Важной частью каскада эпистемической редукции (и соответствующей пирамиды) является *инструменталистская редукция*, означающая, что любая познавательная деятельность аналитического характера в конечном счёте сводится к определённым технологическим операциям путём при-

менения некоторых алгоритмизированных процедур в качестве когнитивных инструментов. Эта специфическая форма редукции, очевидно, имеет большое значение для изучения систематического разнообразия.

Алгоритмизированный методологический подход, если его абсолютизировать, порождает эпистемическую проблему *инструментализма*, которая представляет собой одну из крайних версий прагматизма (Stanford, 2016). Такой подход в конечном итоге приводит к замене мышления о сложном объекте выполнением определённых стандартных технических операций, приложенным к его упрощенным когнитивным моделям, так что творческая личность учёных фактически подменяется искусственным интеллектом. Названная проблема очевидна, например, в квантовой физике, где соответствующие содержательные когнитивные модели элементарных частиц сводятся к конкретным решениям уравнения Шрёдингера. В систематике сказанное верно в отношении вышеупомянутой редукционистской подмены реального филогенеза его суррогатами в форме графических древовидных схем. По этой причине один из наиболее интригующих вопросов, касающихся знания, полученного таким «инструменталистским» способом, заключается в следующем: каково в нём соотношение между свойствами объекта исследования как такового и свойствами конкретного метода? В систематике такого рода неопределённость связана, в частности, с иерархическими классификациями: в какой степени они отражают реальное свойство систематического разнообразия, а в какой являются лишь специфическим побочным продуктом применяемых классификационных алгоритмов (Sneath, Sokal, 1973; Rieppel, 2006, 2007; Павлинов, 2018; Pavlinov, 2021)?

Другой вид эпистемической редукции, в некотором смысле противоположный только что рассмотренному инструменталистскому, предполагают *феноменологические* рассуждения (в смысле Гуссерля), согласно которым основное внимание уделяется не самому познаваемому объекту, а способу его интуитивного постижения. При этом, согласно ботанику Алексею Оскольскому, «предметом <...> рассмотрения является не сам таксон, а способ ‘имения дела’ с таксоном» (Оскольский, 2007, с. 224). Соответственно, по мнению его единомышленника зоолога Александра Стекольникова, «реальность таксона <...> никак не связана <...> с его соответствием ‘объективной реальности’» (Стекольников, 2007, с. 114). Такая интуитивистская редукция в конечном итоге порождает ту же познавательную проблему, что и инструменталистская: адекватность классификаций структуре таксономического разнообразия оказывается неопределённой.

2.3. О понятиях и определениях

Одна из основных функций эпистемологии заключается в разработке понятий, которые формируют всю онто-эпистемическую структуру познавательной ситуации в систематике путём составления её базового тезауруса. Что касается онтологии (в её философском смысле), то одно из наиболее фундаментальных положений концептуализма гласит, что именно корректно определённые понятия, являющиеся «маркерами» соответствующих концепций, позволяют исследователям фиксировать конкретные проявления структуры биоразнообразия в качестве специфических объектов исследования. Это достигается указанием существенных свойств объектов, которые необходимы и достаточны для их распознавания и включения соответствующих понятий в базовый тезаурус. В некотором смысле, как было сказано выше, корректное определение можно рассматривать как когнитивную модель объекта, представляющую его в познавательной ситуации. При этом подразумевается, что если объект явно не определён надлежащим образом, то он не представлен в этой ситуации и, соответственно, отсутствует в конструируемой концептуальной реальности. Сказанное по сути означает, что почти вся концептуализация систематики может быть сведена к определениям её понятий, так что её базовый тезаурус может быть интерпретирован, при некоторых допущениях, как сжатое представление её онтологии.

При разработке такого тезауруса важно проводить различие между *теоретическими* (концептуальными) и *операциональными* (рабочими) определениями. В случае биоразнообразия первые относятся к его проявлениям в их общем смысле, тогда как вторые предназначены для их практического распознавания: они скорее идентифицируются, чем определяются. Например, в случае биологического вида (Pavlinov, 2023) теоретическое определение соответствующего понятия (концепция высокого уровня) позволяет отличить «вид» от неких «невидовых» явлений (таких как экоморфы, гильдии и т. п.). То же самое верно в отношении частных теоретических концепций вида: они позволяют различать, скажем, экологические и филогенетические виды на основе их корректных определений. Эти

теоретические концепции низкого уровня формируют содержательные рамки практических исследований биоразнообразия и в значительной степени предопределяют их результаты. На их основе разрабатываются операциональные определения для распознавания (идентификации) конкретных видов с учётом доступных исходных данных. Соответственно, любые эмпирические данные о видовом разнообразии будут биологически осмысленными и значимыми в той мере, в какой чётко определены лежащие в их основе теоретические понятия.

На теоретическом уровне важно различать «*абсолютные*» и *относительные* определения. В первом случае исследуемый объект может быть определён путём указания его собственных свойств, во втором случае имеются в виду его отношения с другими объектами. Например, таксономический ранг может быть определён либо абсолютно со ссылкой на некоторый внешний параметр иерархизации, либо относительно со ссылкой на другие ранги в классификационной иерархии (см. раздел 3.1). Однако, вообще говоря, все определения в некотором смысле являются «относительными», поскольку любое определение объекта даётся для того, чтобы отличить его от других объектов «того же рода» (в смысле Урманцева, 1978), и все они должны быть каким-то образом соотнесены друг с другом в некоем общем содержательном контексте, в котором они сравниваются.

Последнее означает, что все теоретические определения являются контекстно-зависимыми, т. е. относительными также и в этом смысле. С одной стороны, значимый контекст для частного определения обеспечивается всей иерархией определений более высокого уровня в рамках конкретной концептуальной пирамиды. С другой стороны, такой контекст может быть задан частной познавательной задачей. В общем случае это означает, что исследуемый объект не дан «объективно» как таковой, а концептуально формируется субъектом посредством данного теоретического определения на основе конкретных онто-эпистемических допущений.

В систематике объектами, которые должны быть определены в первую очередь, являются систематическое разнообразие со всеми его проявлениями, классификация как его когнитивная модель и структурные свойства обоих, включая их иерархии и основные составляющие (таксоны и признаки). *Интенсиональное* теоретическое определение характерно для эссенциалистского и типологического подходов: оно подразумевает, что понятия определяются путём указания собственных свойств объектов исследования. В отличие от этого, *экстенсиональное* определение, которое в значительной степени характерно для фенетического и кладистического подходов, подразумевает указание либо структурных элементов рассматриваемого объекта (скажем, родов в семействе), либо его отношений (таких как родство, сходство и т. д.) с другим объектам «того же рода». Сочетание этих двух способов определения объекта исследования влечёт за собой двухпараметрическую концепцию, охватывающую его интенсиональные и экстенсиональные характеристики (Stumme, 1999). Наконец, *остенсиональное* (остенсивное) определение подразумевает прямое указание на образцы, предположительно принадлежащие определяемому объекту, что делает его скорее эмпирическим, чем теоретическим. Возможность такого определения таксона иногда предполагается указанием его номенклатурного типа или гипотетического предкового вида.

Что касается иерархий и их уровней (рангов), рассматриваемых в качестве специфических объектов исследования в систематике, то их можно определять как интенсионально, так и экстенсионально, но не остенсионально. Их интенсиональные теоретические определения могут содержать указание процессов, предположительно порождающих иерархии, и их существенных параметров (см. о них раздел 3.7), а экстенсиональные указывают структуру иерархии и положение отдельных уровней (рангов) в ней.

* * *

Существует несколько фундаментальных эпистемических обобщений, которые имеют отношение к проблеме корректного определения понятий систематики (Кураев, Лазарев, 1988; Войшвилло, 1989; Margolis, Laurence, 2011).

Принцип конструктивности утверждает, что как сам объект исследования, так и любая из его характеристик могут считаться включёнными в познавательную ситуацию, только если им даны необходимые определения, которые разрабатываются в рамках этой познавательной ситуации или заимствуются извне. Каждое такое определение, независимо от его происхождения, должно соответствовать некоторым условиям, прежде всего *общности*, *полноте*, *строгости* и *эксплицитности*, которые формализуются соответствующими принципами. При корректном определении изучаемая «эмпирическая сущ-

ность» становится «определённой сущностью», представленной в когнитивной ситуации концепцией (понятием) как её когнитивной моделью.

Строгое соблюдение рациональных требований к корректному определению объектов исследования существенно ограничено общим многоаспектным *принципом неопределённости*. Он означает, что любые содержательные определения эмпирических сущностей, в том числе изучаемых биологической систематикой, включают некоторую долю неопределённости. Последняя имеет множество причин и обличий, наиболее значимые из них заключаются в следующем.

Весьма специфический когнитивный принцип предполагает *обратную зависимость между строгостью и содержательностью понятия*: чем более строго определено понятие, тем меньше вероятность того, что в природе существует что-то, чему оно может точно соответствовать. Этот принцип подразумевает невозможность того, что выше перечисленные и другие условия определений могут быть соблюдены буквально и одновременно, поэтому исследователям фактически приходится иметь дело с приблизительными формулировками.

В систематике хорошим примером такой обратной зависимости является понятие голофилии (строгой монофилии) в кладистике, которое оказывается тем менее значимым с биологической точки зрения, чем более строго его пытаются определить. Некоторые специфические ограничения на корректное операциональное определение монофилии делают эту концепцию непростой для практического применения. В частности, строгое определение голофилетической группы (предок и все его известные потомки) приводит к так называемому *парадоксу Плэтника*: монотипический род нельзя считать голофилетическим, поскольку он включает только один вид, который является чьим-то потомком (Nelson, Platnick 1981; Павлинов, 1990, 2018).

Принцип неполноты определений, который является важным уточнением вышеупомянутой неполноты репрезентаций, гласит, что логически невозможно дать исчерпывающее определение какому-либо понятию, относящемуся к конкретному природному объекту. Одно из его положений (см. далее о другом, не менее важном) гласит, что любое рациональное знание о биоразнообразии, воплощённое в соответствующих понятиях, неизбежно является неполным, что лежит в основе рассмотренной выше онтической редукции. Чтобы сделать определения содержательно более полными, недостаток их рационально выстраиваемого «строгого реализма» компенсируется интуитивным пониманием, что делает их нечёткими и в некоторой степени метафорическими (Kittay, 1987; Murphy, 2002). Как следствие, любое содержательное понятие, относящееся к сложной природной (или любой другой) сущности, можно рассматривать как некую «сферу», состоящую из двух частей: «ядра» в форме более или менее формализованного рационального определения и его метафорической «оболочки».

Соответственно, семантика таксономического тезауруса, по-видимому, наиболее адекватно описывается на основе *нечёткой логики* (Заде, 1976; Ygaer, Zadeh, 1992), которая реализуется с помощью *вероятностной модели* языка естественных наук (Налимов, 1979). Это означает, что каждое понятие может быть определено более или менее строго только в его концептуальном «ядре», используя логическое отношение «*A* есть *B*», в то время как его «периферия» остаётся нечёткой, предполагая контекстуальные частные определения типа «*A* может быть *B1*, *B2*, *B3*…». Следовательно, понятия, составляющие базовый тезаурус систематики как естественнонаучной дисциплины, не могут рассматриваться как полноценные *жёсткие десигнаторы* (в смысле Kripke, 1980). Такие нечётко определённые понятия различаются своими «ядрами», но могут пересекаться «периферия ми»; они поддаются взаимной интерпретации в той мере, в какой сопоставимы их «ядра» (Кун, 1977).

Из этих соображений следует, что каждое таксономическое понятие (концепция) существует в общей познавательной ситуации систематики как совокупность взаимосвязанных контекстно-зависимых частных определений, которые соотносят с определяемым объектом некое семантическое «облако смыслов». Это означает, что некоторое нечётко заданное понятие *B* наделено «доверительным интервалом» его возможных значений с приписываемыми им вероятностями реализации. В данной конкретной познавательной ситуации такое понятие конкретизируется (уточняется) специфическим образом путём выбора одного из его частных определений (либо *B1*, либо *B2*, либо *B3*…), которое и становится конкретным исследовательским инструментом. Понятие таксона представляет собой типичный пример такого рода: его «ядро» отсылает к определённому единству, а его «периферия» определяет это единство поразному (контекстно-зависимо) в типологии, фенетике, филогенетике и т. д. посредством его частных интерпретаций.

Все это делает весь концептуальный каркас нашей дисциплины нечётко очерченным и структурированным (Павлинов, 2018; Pavlinov, 2021). Это особенно характерно для эмпирической (в том числе фолк-системтической, интуитивной) классификационной деятельности, которая не подчинена каким-либо априорно разработанным рациональным схемам. Результатом оказывается выделение выше упомянутых категорий в смысле Э. Рош (см. раздел 1.1) на основе нечётких и не всегда очевидных прототипов, которые воспринимаются как их когнитивно значимые «ядра».

* * *

Выше рассмотренный редукционный каскад фактически представляет собой дедуктивную включающую иерархию понятий и их определений разных уровней общности. Соответствующий *каскад определений* подразумевает, что каждое из них формулируется не само по себе, а как уточнение определения более широкого включающего понятия. Такой дедуктивный подход полностью согласуется с классической теорией определений, согласно которой любые «логические виды» могут быть определены надлежащим образом путём логического разделения включающего их «логического рода» (Войшвилло, 1989). К такому же выводу, но в более стандартном концептуальном оформлении, мы приходим, если рассматриваемая пирамида дополняется вышеупомянутым *принципом неполноты*. Последний, развитый на основе одноимённой теоремы Гёделя в общем эпистемическом значении (Антипенко, 1986), говорит о том, что понятие не может быть корректно определено в рамках его собственного базового тезауруса: для этого нужен более широкий концептуальный контекст. Поэтому для корректного определения некоторго частного понятия требуется более общее понятие, которое включало бы определяемое и обеспечивало бы для него содержательный контекст. Рассматриваемая с такой точки зрения индуктивная (восходящая) схема определений от простейших к более общим понятиям, за которую единодушно выступают эмпиризм и особенно позитивизм, неверна.

Например, при рассмотрении понятий, относящихся к основной теме нашей книги, первоначально необходимо определить, что такое «классификация» и что такое «иерархия», затем что такое «единица классификации» и что такое «иерархический уровень», за чем следует определение понятия «таксон» как некой частной единицы классификации, и, наконец, определение, скажем, понятия «семейство» как таксона определённого иерархического уровня. Весьма впечатляющим примером является *понятие вида* (Pavlinov, 2023): его наиболее популярное в настоящее время определение, основанное на указании неких взаимодействий его организмов, является индуктивным и поэтому, по всей очевидности, логически несостоятельным. Вместо этого, следуя дедуктивной схеме, сначала нужно определить биоразнообразие, затем его структурные единицы, а вид определяется на этой основе как одна из таких единиц. Согласно такому подходу, для того, чтобы определить иерархию любого рода, необходимо сначала дать определение некоторому явлению, которому иерархия может быть приписана как его собственное свойство. Забегая вперед, отметим, что такое явление представляет собой систему в самом общем её понимании, будь то физическая или ментальная, естественная или искусственная (см. раздел 2.7).

* * *

Современные компьютерно-ориентированные исследования предлагают особый подход к общей проблеме определений, считая её основной задачей разработку некоторой *полномасштабной* (full-blown) *онтологии* как части особой познавательной ситуации, формулируемой в понятиях биоинформатики (напр., Page, 2004; Franz, Thau, 2010). В данном случае центральное понятие онтологии понимается не в философском, а в техническом смысле как «машиночитаемая, семантически структурированная база знаний, используемая для представления терминов и их определений» (Göpel, 2024, p. 4). Такие онтологии затрагивают в основном мерономический аспект систематического разнообразия, имея дело с точными определениями структурных элементов организмов (напр., Mabee et al., 2007; Mungall et al., 2010; Cooper et al., 2013; Vogt et al., 2013; Wirkner et al., 2017; Göpel, 2024). Фактическа они продолжают дело по разработке унифицированной анатомической терминологии, начатое натуралистами XVI–XVIII вв. Эти мерономические онтологии (генные, клеточные, для отдельных систем органов в пределах конкретных групп организмов и т. п.) призваны служить шаблонами, делающими описания организмов более подходящими для их унифицированных сравнений. Данный подход, как обещают его разработчики, должен способствовать более строгому определению концепции гомологии, что необходимо для прогресса как в таксономическом, так и в мерономическом разделах биологической систематики

(напр., Roux, Robinson-Rechavi, 2010; Dececchi et al., 2015; Göpel, 2024).

Однако чрезмерный оптимизм, которым заряжены разработчики технически стандартизованных онтологий, сталкивается с теми же проблемами, которые обсуждались выше в отношении философски понимаемой онтологии. В рассматриваемом случае такая «техническая онтология» оказывается релятивистской из-за того, что любые организменные конституенты (мероны) могут быть естественным образом идентифицированы только в контексте иерархий внутри- и межорганизменных отношений. Проблема возникает из-за множественности таких иерархий, которые, как правило, нагружают решение этого вопроса значительной долей эпистемологии (Мейен, 1978; Любарский, 1996; Павлинов, 2011б; Minelli, 2023a), из-за чего любой конкретный мерон оказывается наделённым нечётко заданным «облаком смыслов», частные версии которых зависят от конкретных онто-эпистемических контекстов. Примером подобной «эпистемической ловушки» является разнообразие одинаково осмысленных определений такого, казалось бы, отчётливо заданного мерона как конечность тетрапод: оно вызвано разнообразием возможных способов его вычленения в рамках нечёткой иерархии обобщённого архетипа этих животных (Кузнецов, 1999).

2.4. Пирамиды рассуждений: логики, методологии, методы

Все отрасли естественных наук с самого начала руководствуются идеей рациональности; она восходит к Античности, её современную классическую версию называют *картезианской* в честь французского философа Рене Декарта (René Descartes, лат. *Cartesius*; 1596–1650), внёсшего наиболее заметный вклад в её развитие. Её актуальность безусловна для биологической систематики, которая возникла и первоначально развивалась на основе освоения рациональной родо-видовой схемы. Таким образом, последовательная разработка рациональных оснований эпистемической компоненты познавательной ситуации нашей дисциплины составляет одну из ключевых задач её концептуального развития. Для достижения этой цели только что названная идея формализована общим *принципом рациональности*, согласно которому познавательная деятельность, чтобы быть научно-состоятельной, должна осуществляться на основе определённых рационально обоснованных, чётко сформулированных и надлежащим образом применённых принципов, правил и предписаний. Этот принцип подразумевает, что научный характер как процесса познания, так и совокупного знания о систематическом разнообразии организмов в значительной степени обеспечивается тем, что они основаны на определённых эпистемических положениях, которые составляют многогранный *принцип научности*.

* * *

Реализация принципа рациональности ведёт к созданию сложно структурированной иерархически организованной эпистемической конструкции, которую можно назвать *пирамидой рассуждений*. Её общая структура определяется рассмотренным выше редукционным каскадом и формализуется *принципом пирамиды*, согласно которому процедура рассуждений следует общей дедуктивной схеме, начиная с наиболее общих и заканчивая наиболее частными (Minto, 2008). Содержательные рассуждения, входящие в сферу интересов биологической систематики, начинаются с мировоззрений, которые занимают верхнюю позицию в этой пирамиде и наделяют её общим онтическим смыслом. Каждое из них служит источником, во-первых, для формулирования условий познаваемости и, во-вторых, для обоснования конкретных исследовательских методологий (в их общем смысле Аристотелева *Органона*), которые согласуются с этими условиями и приводят к рационально выведенному и, следовательно, считающемуся научно значимым знанию.

Следующий, чисто эпистемический уровень реализации базовых принципов подразумевает, что для того, чтобы исследовательская методология была признана научно состоятельной, она должна основываться на прочной логической основе. Что касается биологической систематики, то этот общий *принцип логичности* в его крайнем воплощении требует, чтобы классифицирование было в первую очередь логической процедурой и осуществлялось на основе некой «общей» универсальной логической системы, одинаково применимой к разнообразиям любой природы (Thompson, 1952; Любищев, 1968, 1972; Заренков, 1988; Покровский, 2014). Однако современная логика весьма многолика в своей базовой силлогистике, поэтому на самом деле существует множество логических систем, которые являются более или менее локальными по своему значению и приложениям, что делает идею якобы «общей» универсальной логики несостоятельной. Эти конкретные логики разрабатываются как специфические аксиома-

тические системы, которые различаются набором «внутренне» непротиворечивых базовых аксиом и правил вывода. Исходя из этого, возникает принципиальная задача обоснования выбора конкретной логической системы, которая должна рассматриваться как предпочтительная с точки зрения только что указанного принципа.

Первая из таких систем была разработана раннесредневековой схоластикой и стала известна как *классическая* (Аристотелева) *двузначная* (бинарная) логика. Именно эта система считалась и считается «общей», или «универсальной» логикой, однако она изначально существует в нескольких вариантах, из которых две пары противоположностей актуальны для систематики. Одна из этих пар включает *интенсиональную* логику классов и *экстенсиональную* логику множеств: первая подразумевает определение таксонов и меронов указанием их существенных признаков (атрибутов и т. п.), вторая определяет их указанием их состава (Pellegrin, 1987). Эти логические системы реализованы в таксономической номенклатуре: интенсиональная логика лежит в основе *принципа диагностирования*, экстенсиональная логика в основе *принципа очерчивания* (circumscription) таксонов (Павлинов, 2015). Другая пара включает *дедуктивную* и *индуктивную* логические системы, которые предполагают обоснование истинностного статуса логических выводов, соответственно, либо от общего к частному, либо от частного к общему. В систематике они реализуются с помощью соответствующих классификационных алгоритмов, которые хорошо известны из практики численной таксономии (Sokal, Sneath, 1963; Sneath, Sokal, 1973; Abbot et al., 1985; Sokal, Rohlf, 2009).

Классическая дедуктивная логика была первой, которой овладела зарождающаяся биологическая систематика, и она сохранялась в ней на протяжении нескольких столетий. Эта логическая система основана на *принципе исключённого третьего*, который дополняется несколькими другими (Ивлев, 1992); её базовую версию, актуальную для систематики, можно резюмировать следующим образом. Последовательное пошаговое деление таксонов осуществляется по *единому основанию* (совместное использование нескольких нескоррелированных признаков запрещено), должно быть *исчерпывающим* (таксон делится на подтаксоны без остатка), таксоны выделяются как *дискретные* (одно- и разноранговые таксоны должны быть взаимоисключающими), их иерархия является *непрерывной* (все фиксированные иерархические шаги деления должны применяться единообразно, без пробелов во всех частях классификации). В индуктивной версии классической логики последние три базовые аксиомы применяются аналогичным образом.

С середины XIX в. разрабатываются системы *неклассической* логики, которые участвуют в формировании оснований неклассической рациональности (Михайлов, 1983; Шуман, 2001). Из этих систем наиболее важной для разных естественных наук, включая систематику, стала *многозначная* логика. Её *трёхзначный* вариант добавляет *неопределённые* суждения об объектах исследования. В систематике трёхзначная логика формально обосновывает обычную практику нарушения принципа исчерпывающего деления таксонов путём выявления «таксономических остатков», каковыми считают таксоны с неясной принадлежностью (*incertae sedis*).

Вероятностный вариант многозначной логики учитывает вероятности истинности суждений о таксонах. Его специфической версией является *байесова* логика, которая оперирует *условными* вероятностями истинностного статуса суждений. Её иногда называют «байесовой философией науки» (Lin, 2024); она широко применяется в численной филетике (напр., Felsenstein, 2004; Bolstad, 2007).

Классический принцип единого основания деления изначально подразумевался эссенциалистской интерпретацией классификаций. Он делал определение таксонов *монотетическим* и в таком качестве активно использовался схоластической систематикой, хотя и с некоторыми оговорками. Пост-схоластическая систематика отвергла его в пользу *принципа множественности оснований деления*, предполагающего *политетическое* определение таксона. Этот принцип получил серьёзное онтическое обоснование в эволюционно интерпретируемых таксономических теориях, в фенетической систематике он считается чисто методологическим.

Требование непрерывности таксономической иерархии, предполагающее упорядочение всех таксонов в рамках данной классификации в соответствии с единым параметром иерархизации, является одним из наиболее важных в классической систематике. Его применение к классификациям, основанным на экстенсиональной логике, приводит к так называемому *парадоксу Грегга*, который одно время обсуждался весьма оживлённо. Смысл этого парадокса в том, что при экстенсиональном опре-

делении выделение монотипических таксонов оказывается избыточным: включающий и включаемый таксоны экстенсионально совпадают. Соответственно, в случае интенсионального определения таксонов этого парадокса нет (Buck, Hull, 1966; Griffiths, 1974; Шаталкин, 1988, 1995, 2012; Мавродиев, 2002; Павлинов, 2018). Требование непрерывности в значительной степени смягчается *принципом нестрогой* (вырожденной) *иерархии*, который частично реализуется кладистической систематикой.

Уже упоминавшаяся *нечёткая* логика подразумевает, что все суждения и оценки их истинности в науке вероятностные и контекстно-зависимые, поэтому они не могут быть строго определены унифицированным образом. Эта очень гибкая логическая система обосновывает контекстный характер всех суждений о таксонах, включая их признаки, границы и ранги, в зависимости от содержания частных таксономических теорий (о них см. следующий раздел).

Концептуально значимой версией неклассической логики является *модальная* логика, которая подчёркивает активную роль познающего субъекта в рассуждениях, делая их истинностные оценки субъектно- и контекстно-зависимыми (Blackburn et al., 2001).

Весьма специфическую версию неклассической логики предлагает *однозначная* логическая система, нередко называемая *воображаемой* (Васильев, 1989). Она отрицает классический *принцип эквивалентности* положительных («*А*») и отрицательных («*не-А*») суждений и вместо этого утверждает, что только положительные суждения имеют смысл, в то время как отрицательные — нет. В систематике это касается таксономической значимости наличия или отсутствия классифицирующих признаков, которые считаются эквивалентными в классической систематике и неэквивалентными в некоторых её неклассических школах. Руководящий в кладистике операциональный *принцип синапоморфии*, который постулирует диагностику таксонов только по *синапоморфиям* (положительные *А*), тогда как *симплезиоморфии* (отрицательные *не-А*) исключаются как бессмысленные (Hennig, 1966; Wiley, 1981), можно считать частной реализацией данной логической системы (Павлинов, 1990, 2018).

Из двух рассмотренных выше общих трактовок членения сложно структурированных объектов, которое может быть либо *агрегативным* (элементаристским), либо *партономическим* (холистическим), традиционные логические системы, очевидно, применимы к первой. Вторая рассматривается в рамках уже упомянутой логической системы *мереологии*, формализующей отношения «целое-часть», в систематике она актуальна в тех её разделах, которые рассматривают биоразнообразие целостно (организмизм, типология, частично филогенетика). Противостояние между элементаристской и холистической оценками таксонов и меронов касается таких вопросов, как различие между их определениями как классов и описаниями как квазииндивидов, значимость или неуместность сходства организмов как непременного условия их принадлежности к таксону и т. д. (Buck, Hull, 1966).

Особое значение для неклассической систематики имеет *квантовая* логика, которая обосновывает непротиворечивый характер процедур объединения формально несовместимых утверждений об одном и том же объекте *отношением дополнительности* (Васюков, 2005; Арманд, 2008). Эта специфическая логическая система была первоначально разработана для квантовой физики (отсюда её название). В систематике она неявно лежит в основе разработки так называемых *фасетных классификаций* (о них см., напр., Broughton, 2023), которые объединяют различные концепции, относящиеся к одному и тому же явлению, — например, частные концепции вида, без нивелирования их специфических особенностей (Pavlinov, 2023).

Этот беглый обзор логических оснований биологической систематики хотелось бы завершить следующими важными соображениями. Любая логическая система — это всего лишь специфический технический инструмент, предназначенный для обеспечения логической непротиворечивости («логической истинности») выводимых суждений относительно исходных, априори принимаемых как безусловно истинные в рамках определённой аксиоматически заданной логической системы. Таким образом, акцент на логических основаниях систематики представляет собой еще одну версию упомянутого выше инструментализма, в котором логическая силлогистика является специфическим инструментом обоснования (вывода) истинных суждений. Проблема здесь в том, что «логическая истинность» последних не говорит ничего определённого об отношении соответствующих суждений к изучаемым явлениям природы, т. е. об их «объективной истинности». Это тем более верно в свете существования различных логических систем, суждения которых «вну-

тренне» непротиворечивы по отношению к их собственной аксиоматике, независимо от того, являются ли они «внешне» непротиворечивыми по отношению как к этим явлениям, так и к другим логическим системам. Этот важный момент обязывает напомнить о несоответствии между интерсубъективностью и объективностью научного знания (об этом см. также ниже): теперь можно сказать, что первая апеллирует к «логической истине», тогда как вторая подразумевает «объективную истину». Особое значение имеет то, что согласно одному из условий неклассической рациональности разные онтологии могут предполагать специфические логические инструменты, которые наиболее согласуются с их базовыми допущениями (Шуман, 2001). С точки зрения рассмотренного выше онто-эпистемического соответствия и «предшествования», данный вывод означает, что в биологической систематике именно логические принципы разработки классификаций должны следовать за онтическими предпосылками, а не наоборот (Griffiths, 2000; Субботин, 2001; Щедровицкий, 2004; Павлинов, 2018).

* * *

Следующие уровни «пирамиды рассуждений» заняты многочисленными методологическими принципами и предписаниями, которые в систематике обобщаются с помощью классификационных методологий. Основной целью этой части эпистемической компоненты познавательной ситуации являются обоснование и разработка, во-первых, схем аргументации и, во-вторых, конкретных методов как специфических исследовательских инструментов для реализации этих схем в таксономических исследованиях.

Схемы аргументации представляют собой определённые «шаблоны», в соответствии с которыми организуется и осуществляется вся исследовательская деятельность в систематике. В этом качестве они лежат в основе более конкретных методологических принципов. Общепризнанными являются три основные схемы, которые по-разному реализуются в конкретных исследовательских программах.

Индуктивная схема основана на идее, что научное знание, чтобы быть объективным и, следовательно, истинным, должно выводиться непосредственно из наблюдаемых фактов и быть как теоретически, так и субъектно нейтральным. Её онто-эпистемическую основу составляет Аристотелева онтология восходящего каскада причинно-следственных связей в Природе, дополненная индуктивной логикой. Результатом реализации последней являются индуктивные классификационные алгоритмы. В современном формате эта схема укоренена в эмпирических идеях картезианского рационализма, она стала особенно популярной благодаря позитивистской философии науки. Обобщения о явлениях природы рассматриваются как гипотезы, истинностный статус которых обосновывается с помощью *подтверждений* фактами. В систематике «факты» представляют собой наблюдения над организмами и их признаками, а первичные обобщения включают суждения об отношениях сходства. Одним из основных методологических инструментов для индуктивных выводов является *принцип всеобщего подтверждения* (total evidence), разработанный позитивизмом и широко используемый в фенетической и частично кладистической систематике (Gilmour, 1940; Sokal, Sneath, 1963; Sneath, Sokal, 1973; Kluge, 1998; Rieppel, 2005, 2009b). Однако в пост-позитивистской философии строго эмпирические индуктивные выводы признаются неосуществимыми.

Дедуктивная схема аргументации предполагает обоснование суждений более низкого порядка (частных) о явлениях природы путём обращения к суждениям более высокого порядка (общим), причём последние составляют онтический компонент познавательной ситуации. Исходно она обоснована натурфилософией платоновского толка, которая предполагала нисходящий каскад причинно-следственных связей между природными явлениями. Итоговое знание, полученное таким образом, зависит от базовой онтологии и субъектно-нейтрально; соответствующие суждения об этих явлениях не имеют гипотетического статуса: они считаются истинными в той мере, в какой исходные суждения о явлениях более высокого порядка считаются истинными и дедуктивная логика их вывода применена надлежащим образом. Биологическая систематика начала свою историю с освоения дедуктивной схемы, которая доминировала в ней вплоть до начала XIX в., когда её реализовали несколько натурфилософских школ (сверхорганизменный характер природы, пифагорейская гармония чисел и др.).

Гипотетико-дедуктивная схема аргументации включает определённую комбинацию индуктивных и дедуктивных рассуждений. Она подразумевает довольно богатую базовую онтологию, в которой Природа предстаёт как сложно организованная иерархическая система, упоря-

доченная как восходящими, так и нисходящими каскадами причинно-следственных связей. Суждения о природных явлениях выводятся из наблюдений над эмпирическими данными, но они становятся научно обоснованными только в контексте базовых допущений онтического характера и потому являются теоретико-зависимыми. При этом признаётся активное участие субъекта в познавательной деятельности, что делает научное знание субъектно-зависимым. Истинность гипотез о природных явлениях проверяется в соответствии с *принципом фальсификации*. Возможность применения этой схемы в систематике активно обсуждалась в течение последних нескольких десятилетий, что было инициировано развитием кладистики (Platnick, Gaffney, 1977; Ruse, 1979; Wiley, 1981; Песенко, 1991; Kluge, 1997; Hull, 1999; Rieppel, 2003; Rieppel et al., 2006; Павлинов, 2018).

Более локальное значение имеет *абдуктивная* схема аргументации, которая акцентирует вимание на неформализованном личностном знании и делает рациональные рамки суждений не слишком строгими (Masalova, 2013; Douven, 2021). Она иногда рассматривается применительно к разработке классификаций в биологиченской систематике (Fitzhugh, 2006).

Что касается собственно методологий, они в совокупности формируют так называемый *научный метод* в его самом общем значении; в классической систематике в таком качестве обычно обсуждается традиционно понимаемый *естественный метод*. Наиболее интригующий вопрос, который здесь обычно рассматривается, заключается в следующем: что именно делает метод научным? Возможные ответы на этот вопрос даёт вышеупомянутый принцип научности с его конкретными *критериями научности*. Очевидно, что как этот принцип, так и соответствующие критерии, которые он подразумевает, не являются универсальными и зависят от принимаемой за основу научно-философской доктрины.

Следуя основным положениям концептуализма, представляется разумным основывать рассмотрение этого фрагмента «пирамиды рассуждений» на принципе онто-эпистемического соответствия; конкретизация последнего превращает его в *принцип методологического соответствия*. Это означает, что для того, чтобы методология была признана научно состоятельной, она должна соответствовать базовым онто-эпистемическим допущениям конкретной познавательной ситуации. Ещё одно важное методологическое условие, имеющее общее значение, связано с *принципом эффективности метода*: метод должен позволять должным образом решать исследовательскую задачу в разумные сроки. *Принцип ограниченности метода* утверждает, что каждый конкретный метод является локальным с точки зрения его разрешающих возможностей из-за определённых присущих ему технических ограничений. В нашем случае этот принцип означает, что, вероятно, не может существовать какого-либо универсального классификационного метода, который был бы одинаково эффективен для исследования любых проявлений систематического разнообразия. Поэтому требуется специальное обоснование для переноса некоторого классификационного подхода из одной познавательной ситуации систематики в другую (например, из фенетики в филогенетику).

Из конкретных методов, используемых в систематических исследованиях, на нижних уровнях «пирамиды рассуждений» можно выделить следующие основные их группы (Павлинов, 2018). *Выборочные методы* применяются на этапе подготовки исходных данных, они формируют исследовательскую выборку как операционную модель изучаемого фрагмента систематического разнообразия. *Описательные методы* служат средством записи информации о выборке в форме, которая делает систематическое исследование действительно возможным. *Сравнительные методы* включают аналитические инструменты для выявления определённой структуры исследуемой выборки путём сравнения её элементов (экземпляров и их признаков). *Экспериментальные методы* предполагают прямые или косвенные манипуляции с этими элементами — например, гибридизация живых экземпляров, компьютерное моделирование. *Математические методы* основаны на численных оценках реконструируемых отношений и на вычислительных алгоритмах. Наконец, *классификационные методы* представляют собой своего рода квинтэссенцию эмпирической исследовательской деятельности в систематике как классифицирующей дисциплине, реализуя вышеупомянутую классификационную методологию на операциональном уровне.

2.5. Иерархическая структура таксономической теории

Для того чтобы нормально развиваться и продуктивно функционировать, биологическая систематика должна разрабатывать свою биологически значимую теоретическую базу, которая в общем случае называется *таксономи-*

ческой теорией (ТТ). Следуя общим условиям того, что называется «*построением теории*» (Dubin, 1978), разработка ТТ представляет собой одну из главных целей и средств концептуализации этой биологической дисциплины. Основной вектор её развития в целом определяется как более полное понимание систематического разнообразия и направлен на разработку его наиболее репрезентативных концептуальных моделей. Раздел систематики, который непосредственно занимается ТТ, с начала XIX в. называют *таксономией*, когда этот термин был введён в обиход О.П. де Кандолем (de Candólle, 1813). Однако этот термин нередко применяется ко всей систематике, а также используется для обозначения любой иерархической упорядоченности.

Излишне говорить, что принятой здесь концептуальной точке зрения решительно противостоит эмпиризм, руководящую идею которого У. Уилер в статье с характерным названием «Современные тенденции в биологической теории» (Wheeler, 1929, p. 100) выразил так: систематика «не имеет теории, являясь всего лишь диагностикой и классификацией». Эта позиция весьма популярна среди практиков-систематиков, которые полагаются на своё интуитивное (личностное) знание и реализуют «своё стремление к истине, не обращаясь к теоретическим выкладкам» (уже упоминавшийся А. Стекольников, 2003, с. 367). Однако такое нетеоретическое устремление препятствует нормальному развитию научной систематики и фактически низводит её до варианта фолк-систематики.

В современной (пост-позитивистской) науке нет единого понимания того, чем является или должна быть научная теория. При этом научный плюрализм, который признаётся на самом базовом научно-философском уровне, подразумевает, что не так давно доминировавшее физикалистское понимание построения теории как единственно правильное (Stoljar, 2024) на самом деле является лишь одной из нескольких возможностей (Suppes, 1978; Поппер, 1983; Ludwig, Ruphy, 2024). Такая общепознавательная позиция подразумевает осмысленность разработки особого рода естественно-научных теорий, которые не предназначены для выдвижения гипотез, объяснения или предсказания конкретных фактов, а формируют теоретические основы для исследования определённых аспектов Природы. Такие теории достаточно обычны в биологии: например, Т. Аллен рассматривает теорию иерархии, разрабатываемую для экологических систем, именно в таком ключе (Allen, 2008). То же самое, по-видимому, справедливо и для ТТ, основной и наиболее важной целью которой, по мнению автора, является обеспечение общих теоретических оснований для исследования систематического разнообразия (Павлинов, 2011a, 2018; Pavlinov, 2021).

Памятуя о трёхкомпонентной структуре познавательной ситуации, в которой действует систематика, и особенно о метафоре «когнитивного треугольника» (см. раздел 2.1), разумно рассматривать ТТ как центр последнего. Такое её метафорическое толкование ясно высвечивает один из ключевых моментов в понимании когнитивного статуса ТТ: её содержание согласованно формируется всеми тремя основными компонентами названной ситуации и, следовательно, изменяется в соответствии с их взаимосвязанным историческим развитием.

Базовая структура ТТ, как она понимается здесь, в первую очередь определяется её рассмотрением как специфической *квазиаксиоматической системы*. Элементарными единицами последней являются концепции и понятия, которые используются при построении такой системы и всех её подсистем. Как правило, аксиоматический подход подразумевает определённую достаточно жёсткую формализацию как самих концепций, так и операций над ними в соответствии с некоторыми стандартными протоколами, что является не самой простой задачей. Поэтому, имея в виду рассмотренные выше проблемы определения таксономических понятий, первым шагом в разработке ТТ как квазиаксиоматики является прояснение когнитивного статуса её базовых положений. Для этого предлагается выделить две их основные категории в соответствии с тем, как они функционируют в познавательной ситуации.

Те концепции, которые относятся к её онтической компоненте и отвечают на первый ключевой вопрос «*что*?» — что именно исследует систематика? — можно квалифицировать как *квазиаксиомы* или *презумпции* (об этом см. Rasnitsyn, 1996; Павлинов, 2011a, 2018). Квазиаксиомы принимаются априори в «абсолютной» форме: их истинностный статус не ставится под сомнение и не проверяется в рамках проводимого таксономического исследования. В отличие от них, презумпции принимаются в вероятностной форме, их истинностный статус может изменяться (возрастать или снижаться) в результате конкретных исследований. Утверждения, относящиеся к эпистемической компоненте познавательной ситуации, отвечают на второй ключевой вопрос «*как*?» — как именно систематика

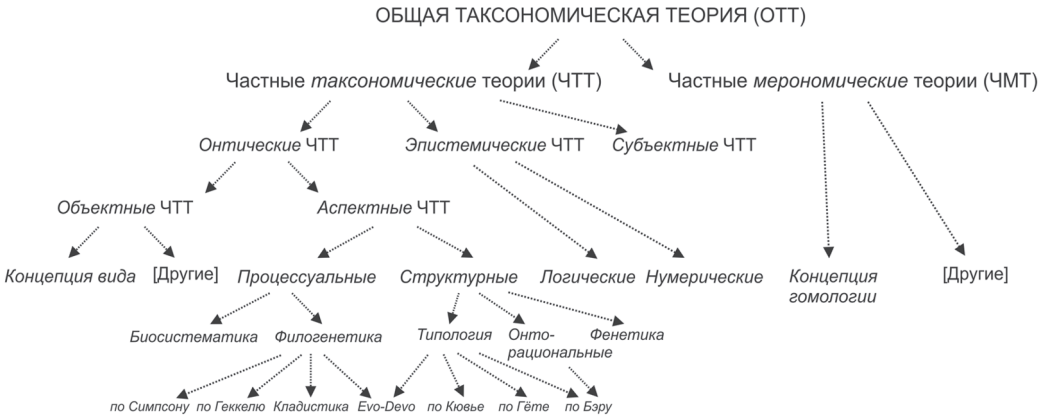


Рис. 2.2. Общая иерархическая структура таксономической теории (Pavlinov, 2024, с изменениями).

исследует систематическое разнообразие? Соответственно, они рассматриваются как *правила вывода*, именно их наиболее уместно назвать *принципами* систематики.

Из рассмотренного выше онто-эпистемического дуализма ясно, что такое разделение базовых положений таксономической квазиаксиоматики не является чем-то постоянно заданным; на самом деле, они довольно нечёткие и зависят от общей конфигурации конкретных познавательных ситуаций. Это особенно верно в отношении понимания иерархической структуры систематического разнообразия, которую можно рассматривать как с онтической, так и с эпистемической точек зрения. Соответственно, утверждения об иерархиях могут либо быть отнесены к собственно разнообразию в форме квазиаксиом/презумпций, либо рассматриваться как методологические «устройства» для анализа структуры биоразнообразия. Аналогичная оговорка должна быть сделана и в отношении разграничения квазиаксиом и презумпций: различие между ними также нечётко и зависит от специфических онто-эпистемических предпосылок. Например, филогенетическое определение систематического разнообразия вводится в качестве обязательной квазиаксиомы в большинстве эволюционно интерпретируемых ТТ, тогда как в типологических ТТ оно считается опционной презумпцией. Исходя из этого, логично предполагать, что любые суждения о гомологиях всегда являются предположительными презупциями.

Любая более или менее развитая теория представляет собой сложно организованную иерархическую конструкцию, содержащую множество взаимосвязанных концепций и понятий разных уровней общности. Эта иерархия включает в себя базовую структуру ТТ, которую можно разделить на три основные категории, а именно: *основополагающие*, *первого порядка* и *второго порядка* (Tennis, 2015). Несколько детализируя эту базовую схему, можно принять, что иерархическая структура ТТ более или менее чётко соответствует рассмотренной выше концептуальной пирамиде (рис. 2.2).

Её верхнюю позицию занимает *общая* ТТ (ОТТ), которая соответствует основополагающей категории теоретических конструкций в биологической систематике. Основная цель ОТТ состоит в разработке наиболее общих положений, формирующих онто-эпистемический каркас всей познавательной ситуации в нашей дисциплине. Эти общие положения детализируются концептуальными *частными* ТТ, которые соответствуют обобщениям первого порядка о биоразнообразии. Это означает, что ОТТ как таковая не предназначена для решения конкретных классификационных задач: она служит своего рода рамочной *метатеорией* и обеспечивает содержательную концептуальную основу для разработки частных ТТ более низкого уровня, которые формализуют концептуальные условия для решения этих задач. Принимая во внимание один из основных постулатов современного концептуализма, касающийся определённой специфики теоретических оснований в отдельных отраслях естествознания, следует предположить возможность разработки конкретных ТТ для различных царств живой природы, принципиально различающихся естественной историей организмов. При таком рассмотрении мы, по-видимому, достаточно естественно подходим к идее *таксономического плюрализма*, согласно которой разнообразие таксономических теорий вполне нормально. Этот специфический плюрализм можно считать разновидностью *интегрального плюрализма* (в понимании Bunge,

1969), который провозглашает как единство мира (в нашем случае биоразнообразия), так и разнообразие возможных способов его концептуализации.

Более специальные теории первого порядка занимают средние уровни в пирамиде ОТТ и связаны с концептуализацией конкретных аспектов и объектов, с которыми имеет дело систематика. Соответственно, ОТТ сначала подразделяется на две основные группы — частные *таксономические* (ЧТТ) и *мерономические* (ЧМТ) теории, которые относятся к двум основным аспектам систематического разнообразия. ЧТТ, в свою очередь, подразделяются на теоретические конструкты следующего более низкого уровня общности, согласно определённым путям редукции в рамках соответствующей концептуальной пирамиды. Самые низкие уровни последней заняты операциональными интерпретациями концептуальных ЧТТ: эти *операциональные* ЧТТ второго порядка служат специфическими инструментами для разработки конкретных таксономических систем. Важно подчеркнуть, что операциональные ЧТТ разрабатываются как специфические интерпретации определённых концептуальных ЧТТ более высокого уровня общности, которые обеспечивают содержательный контекст для них и делают их биологически осмысленными. ЧМТ концептуализируют все аспекты членения обобщённых организмов, включая реконструкцию их архетипов и планов строения, разработку критериев гомологии, индивидуацию конкретных меронов для разработки классифицирующих признаков и т. д.

В соответствии с трёхкомпонентной структурой познавательной ситуации целесообразно выделить три основных категории концептуальных ЧТТ. Одну из них составляют *онтические* ЧТТ, которые могут быть *аспектными* или *объектными* в зависимости от того, как распознаются соответствующие проявления систематического разнообразия (см. раздел 2.1). Аспектные ЧТТ рассматривают его типологические, филогенетические, биоморфные и т. д. проявления; объектные ЧТТ фокусируются на конкретных единицах таксономического разнообразия (таких, как виды). *Эпистемические* ЧТТ имеют дело с классификационными методологиями, которые применяются для исследования онтически определённых объектов, — например, логические или нумерические ЧТТ. Наконец, *субъектно-ориентированные* ЧТТ подчёркивают особую значимость субъектной компоненты познавательной ситуации: примером служит «феноменологическая» ЧТТ, которая основное внимание уделяет личностному знанию.

* * *

Из онтических ЧТТ особое значение имеют аспектные, которые служат основой для разработки исследовательских программ в систематике. Эти программы представляют собой важные элементы её познавательной ситуации и заслуживают отдельного краткого комментария.

Развитие наиболее значимых из этих программ было обусловлено серьёзными сдвигами в мировоззрениях и/или базовых методологиях в концептуальной истории систематики. Если смотреть широко и несколько неформально, то первые их зачатки начали появляться вместе с возникновением биологической систематики как естественнонаучной отрасли в XV–XVI вв. Их довольно продвинутые версии стали приобретать характерные очертания в XIX в. (типология, нумерология, классическая филогенетика и т. д.), они продолжали развиваться и диверсифицироваться на протяжении всего XX в. (биосистематика, фенетика, несколько версий филогенетики и «рационалистики», биоморфика и т. д.). Исследовательские программы в систематике были «официально» признаны стараниями американского философа науки Дэвида Халла (David Hull, 1935–2010) в середине XX в. в весьма урезанном варианте трёх «современных систематических философий» — фенетической, эволюционной и кладистической (Hull, 1970).

Эта идея «трёх философий» стала очень популярной (напр., Mayr, 1982; Hull, 1988; Песенко, 1989; Minelli, 1993; Schuh, 2000; Ereshefsky, 2001; Расницын, 2002), хотя давала чрезмерно упрощенную картину теоретических основ биологической систематики и привела к весьма искажённому представлению о её действительном концептуальном содержании. На самом деле, как было отмечено выше, разнообразие исследовательских программ в целом воспроизводит иерархию аспектных ЧТТ, так что, если принять во внимание всю долгую концептуальную историю этой дисциплины, в ней можно выделить не менее дюжины таких теорий и соответствующих программ, причём не менее шести из них можно отнести к категории «современных» (Павлинов, 2018). Сохранение многих идей, лежащих в их основе, и даже возрождение некоторых когда-то забытых (таких как безранговая иерархия) — всё это отражает плюралистическую природу

биологической систематики, хотя в ней всё ещё процветает классический монизм.

Достоинства иерархического подхода к выстраиванию концептуального пространства в систематике отчётливо проявляются в случае двух объектных частных теорий, которые рассматривают базовые единицы таксономического и мерономического разнообразия — вида и гомологии (Павлинов, 2009, 2011б, 2018; Pavlinov, 2021, 2023). В обоих случаях речь идёт о многообразии частных концепций, каковое многообразие порождает соответствующие проблемные ситуации, известные как *проблема вида* и *проблема гомологии*. В качестве одного из возможных общих решений предлагается выстраивание соответствующих пирамид из концепций разного уровня общности. При этом подчёркивается, что в обоих случаях эти пирамиды должны выстраиваться на дедуктивной основе, которая более всего соответствует общей классической схеме логических определений через «родовое общее и видовое особенное».

В случае вида такой подход означает, что восходящее к XVII–XVIII вв. и общепринятое в настоящее время определение вида как совокупности неким образом взаимодействующих между собой организмов или популяций не может считаться корректным, поскольку по сути является индуктивным. Следуя дедуктивной схеме, соответствующая пирамида должна выстраиваться таким образом, что сначала даётся общее определение вида как одной из базовых единиц таксономического разнообразия, а в её содержательном контексте выводятся видовые концепции частности порядка — генеалогическая, репродуктивная («биологическая»), экологическая и т. п. (Mayden, 1997; Павлинов, 2009, 2018; Richards, 2010; Naomi, 2011; Baetu, 2012; Zachos, 2016; Pavlinov, 2023). В этой связи особое значение приобретает требование обосновывать операциональные концепции (фенетическую, на основе генетического баркодинга и др.) в рамках соответствующих содержательных теоретических: в противном случае выделяемые на их основе единицы таксономического разнообразия с высокой вероятностью оказываются «суррогатами» с неясным биологическим содержанием.

Аналогичное рассмотрение проблемы гомологии на иерархической основе приводит к необходимости разработки некой *синтетической* или *комбинаторной* концепции (Minelli, 1998; Scotland, 2010; Minelli, Fusco, 2013). В ней гомология трактуется в рамках концепции evo-devo как канализованное развитие структурных/процессуальных квази-автономных компартментов (меронов) организмов в онто- и филогенезе (Wagner, 1989, 1994; Laubichler, 2000; Brigandt, 2002, 2007; Szucsich, Wirkner, 2007). В этой связи привлекательной представляется метафорическая концепция *эпигенетического ландшафта* (Уоддингтон, 1970; Striedter, 1998).

2.6. Насколько объективны иерархии и ранги?

Наиболее важный атрибут классической и позитивистской философии науки — разъединение познающего субъекта и познаваемого объекта в познавательной ситуации. Эта ключевая идея базируется на убеждённости в том, что такое «отчуждение» субъекта позволяет получить непредвзятое «объективное» знание, которое отражает то, что «есть на самом деле», и благодаря этому квалифицируется как научно значимое. Соответственно, одна из ключевых задач эпистемологии такого рода заключается в том, чтобы минимизировать и в конечном итоге свести на нет субъектное влияние на знание, чтобы сделать его «объективным». Принципы картезианской рациональности служат в основном именно для решения этой фундаментальной познавательной задачи.

Одно из основных требований этой классической рациональности гласит: для того, чтобы некоторое природное явление было признано реально существующим и «объективно» познаваемым, оно должно быть «физически» воспринимаемым и измеримым. Это дополнено идеей, лежащей в основе современного физикализма, согласно которой только такое знание заслуживает подлинно научного статуса, если оно может быть выражено математической формулой. Этот физикалистский принцип, господствовавший в естествознании вплоть до середины XX в., имеет серьёзную метафизическую подоплёку: никто иной, как немецкий философ Иммануил Кант (Immanuel Kant; 1724–1804) заявил в своих «Метафизических основах естествознания» (*Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft*, 1786 г.), что «в любом частном учении о природе можно найти науки в собственном смысле лишь столько, сколько имеется в ней *математики*» (цит. по: Кант, 1999, с. 235; курсив ориг.).

С этой физикалистской точки зрения, вся классическая систематика почти со всеми её концептуальными конструкциями, включая представления об иерархии биоразнообразия, была объявлена «собиранием марок» и оказалась вы-

брошенной из «нормального» естествознания, понимаемого на физикалистский манер. Биосистематика начала XX в. первой восприняла эту идею, за ней последовала численная фенетика. Их приверженцы единодушно признали, что надвидовые группы в природе не существуют, поскольку ненаблюдаемы, так что любые предположения относительно их иерархии являются субъективными и должны быть отброшены.

Сторонники кладистики, унаследовав идею реальности надвидовой иерархии от классической филогенетики, занимают негативную позицию в отношении её рангового характера. Согласно этой точке зрения, реально существующее систематическое разнообразие имеет иерархическую структуру, но поскольку оно является результатом предположительно монотонного (без разрывов) ветвления филетических линий, в его иерархии отсутствуют какие-либо фиксированные дискретные уровни (ранги) (Eldredge, Cracraft, 1980; de Queiroz, Gauthier, 1992). Следовательно, традиционное ранжирование таксономической иерархии не соответствует ничему реально существующему в природе, т. е. в значительной степени субъективно (de Queiroz, 1997; Ereshefsky, 2004; Zachos, 2011).

Современный концептуализм не согласен с таким безусловным противопоставлением онтической, эпистемической и субъектной компонент познавательной ситуации. Вместо этого признаётся неразрывная взаимосвязь между всеми ними, что обуславливает неустранимое влияние познающего субъекта как на процесс, так и на результаты познания (Матурана, Варела, 2001; Ильин, 2003). С этой точки зрения, некорректно однозначно квалифицировать любые суждения о тех или иных ненаблюдаемых природных явлениях как чисто объективные или субъективные, поскольку они зависят от соответствующих онто-эпистемических допущений, формулируемых субъектом. Это означает, как заявил Г. Пэтти во Введении к уже упоминавшемуся сборнику *Hierarchy Theory*, в теории иерархии «*соотношение между структурным и описательным уровнями является центральной проблемой*» (Pattee, 1973, p. 136; курсив ориг.). В этой цитате «структурный» относится к объективным свойствам, а «описательный» к эпистемическим и субъективным эффектам. Согласно этому, было бы слишком опрометчиво при обсуждении вопросов, касающихся иерархий, игнорировать неустранимый эффект присутствия субъекта (наблюдателя) в познавательной ситуации. Чёткое понимание неразрывности объект-субъектного дуализма весьма характерно для дискуссий по вопросам иерархии в экологии и социологии (напр., Pattee, 1973; Allen, Starr, 1982; Ahl, Allen, 1996; Floridi 2008; Wu, 2013), но оно, к сожалению, отсутствует почти во всех соответствующих теоретических дискуссиях в биологической систематике (напр., Simpson, 1961; Hennig, 1966; Platnick, 1979; Eldredge, 1985; Расницын, 2002; Ereshefsky, 2002, 2004; Захаров, 2005; Zachos, 2011; Зуев, 2015).

Концептуалистская идея в общем случае подразумевает, что в случае непосредственно ненаблюдаемых сложных природных образований нет ничего похожего на «абсолютную объективность» или противоположную ей «абсолютную субъективность», которую можно было бы однозначно приписать им. Однако такая их контекстно-зависимая интерпретация вовсе не означает, что все объекты, изучаемые биологической систематикой, начиная с отношений сходства и заканчивая общей структурой биоразнообразия, являются всего лишь некими «фантомами», не имеющими ничего общего с объективной биологической реальностью. Фактически, все они в той или иной форме соотносятся с некоторыми проявлениями реально существующей структуры биоты и, следовательно, могут рассматриваться как *квазиобъективные*. В таком качестве они представляют собой более или менее чётко очерченные познаваемые объекты как элементы познавательной ситуации. Единственная оговорка, которую следует определённо иметь в виду, заключается в том, что эти объекты появляются в последней в результате специфического взаимодействия познающих субъектов с познаваемыми сущностями. В этой связи важно ещё раз отметить сказанное выше о эпифеноменологическом статусе биоразнообразия и его иерархии (см. также раздел 3.2).

* * *

Анализ каскада онтической редукции позволяет подчеркнуть (отчасти повторить) следующие ключевые моменты, касающиеся проблемы объективно-субъективного дуализма иерархических паттернов, изучаемых биологической систематикой. Во-первых, онтическая редукция является неотъемлемой частью любой познавательной деятельности и является результатом сложного взаимодействия всех трёх компонент познавательной ситуации. Во-вторых, именно познающий субъект осуществляет эту деятельность, «запускает» весь каскад онтической редукции, определяет его структуру и преобразует,

таким образом, объекты исследования в соответствующие когнитивные модели. В-третьих, невозможно разделить влияние этих компонент, но можно рассмотреть и оценить «качественно» их относительный вклад в результирующее знание. В-четвёртых, поскольку информационное содержание когнитивной модели всегда меньше, чем её естественного прообраза, они неизбежно разделены определённым онтическим разрывом, диапазон которого расширяется по мере увеличения степени редукции. В-пятых, это влечёт за собой постепенное увеличение онтических разрывов и, соответственно, уменьшение содержания информации о систематическом разнообразии в этих моделях при последовательном построении редукционного каскада. Следовательно, в конечном счёте эффект активности субъекта возрастает по мере редукции, что влечёт за собой уменьшение доли «объективной» и увеличение доли «субъективной» составляющих в систематическом знании от вершины к основанию этого каскада.

С концептуальной точки зрения, вся иерархическая структура редукционного каскада подразумевает, что оценка «степени» объективности или субъективности некоторого природного явления, по мнению ряда философов науки, получает своё обоснование в рамках включающей концепции высшего уровня общности, «объясняющая объективность» (explanatory objectivity) которой несомненно признаётся в данном научном сообществе (Hempel, 1966; Hull, 2001). В нашем случае это справедливо, прежде всего, для эволюционного процесса и общего филогенетического паттерна, которые неизменно рассматриваются эволюционистами как «объективные» и иерархически организованные. Нечто подобное можно предположить и в отношении рангового характера иерархий, изучаемых филогенетической систематикой: основной вопрос заключается в том, можно ли ранговость достаточно правдоподобно вывести в рамках определённого правдоподобного эволюционного сценария (подробнее см. раздел 3.7).

С другой стороны, необходимо принимать во внимание два серьёзных препятствия для рассмотрения иерархий, независимо от их безрангового или рангового характера, как «абсолютно» объективных, которые обусловлены эффектом субъектной и эпистемической компонент. Первое — это уже упоминавшаяся ментальная «когнитивная матрица» или «когнитивная карта» человека, являющаяся частью личностного знания: она организована иерархически и побуждает познающих субъектов видеть иерархии повсюду в Природе и обществе (Brown, 1991; Atran et al., 2002; Norenzayan, Heine, 2005; Pumain, 2006; Atran, Medin, 2008; Любарский, 2018). Второе носит методологический характер и включает иерархические классификационные алгоритмы, начиная от логической родо-видовой схемы и заканчивая современными методами кластеризации. После их применения возникает чрезвычайно важный вопрос: что в результирующих иерархиях классификационных систем отражает предполагаемую естественную иерархию, а что является результатом применённых методов кластеризации (Hawksworth, Bisby, 1988; Павлинов, 2018)?

Исходя из этих соображений, можно с уверенностью прийти к следующим важным выводам, касающимся филогенетической систематики, взятой в качестве примера. Очевидно, что все филогенетические концепции, будучи специфическими когнитивными моделями, несомненно, являются редукционными, поэтому каждая из них, столь же несомненно, содержит смесь объективной и субъективной компонент, хотя и в разной степени. При сравнении в этом отношении концепций классической филогенетики Геккеля и кладистики Хеннига их степени редукции можно оценить следующим образом.

Первая, охватывая многочисленные свойства многоаспектной биологической эволюции (кладогенетическую и анагенетическую составляющие, параллелизм эволюционных путей, их адаптационистские объяснения, временную протяжённость и т. д.), является более «объективной» и, следовательно, более значимой с биологической точки зрения. Напротив, кладистика сводит эволюцию к её кладогенетической составляющей и игнорирует все остальные, поэтому она более «субъективна» и относится к чему-то биологически незначимому, вроде «сферического коня в вакууме». Последний вывод подкрепляется как хенниговской концепцией *семафоронта* (Hennig, 1966), так и молекулярно-генетическими последовательностями, используемыми для построения филогенетических схем, которые дают сверхупрощенное представление организмов на основе специфических онто-эпистемических соображений. Такая идеализированная кладогенетическая модель имеет к реальному эволюционному процессу отношения не больше, чем, скажем, тщательно вычищенный скелет к живому организму: и то, и другое — мёртвые артефакты (Pavlinov, 2024). Однако, как это ни парадоксально, ор-

тодоксальный кладист Кевин де Куэйрос в статье «Систематика и дарвиновская революция» именно кладистическую таксономическую теорию, отказывающуюся от значительной части эволюционного содержания, громогласно объявил «истинно эволюционной систематикой» (de Queiroz, 1988, p. 247).

Субъективный характер кладистической идеи особо подчёркивается тем фактом, что её германские «отцы-основатели», разрабатывая её основы, были сильно мотивированы стремлением иметь такую филогенетическую модель, которая а) была бы максимально свободной от «субъективных» спекулятивных предположений об эволюции, характерных для традиционных подходов, и б) позволила бы разрабатывать стабильные таксономические системы, максимально совместимые с такой моделью (Павлинов, 2005, 2018; Rieppel, 2016). Они нашли следующее решение задачи, которое вполне соответствовало их заданному условию: весь многогранный эволюционный процесс должен быть сведён к кладогенезу, его графическое представление — к стилизованной кладограмме, а результирующая классификация — к иерархии голофилетических групп. Итак, именно они изначально изобрели некоего «эволюционного сферического коня в вакууме» и провозгласили его «объективный» характер. Этот подход приглянулся многим систематикам, которые сочетают филогенетическую идею с определёнными элементами позитивистской философии науки, что и стало причиной «кладистической революции» в новейшей систематике.

Сторонники такой точки зрения уверены, что численные методы, будучи минимально зависимыми от субъективных особенностей исследователей, в этом смысле являются «объективными». Вдохновлённые этой уверенностью, они утверждают, что применение таких методов гарантирует «объективность» полученных классификаций, и это, по их мнению, подтверждается тем фактом, что различные методы дают сходные результаты (напр., Sneath, Sokal, 1973; Gower, 1988; Beckett, Lidgard, 2014). Однако, апеллируя к последнему аргументу, они, очевидно, путают онтическую *объективность* с эпистемической *интерсубъективностью*: первая подразумевает максимальное соответствие между моделируемыми природными явлениями и их когнитивными моделями, тогда как вторая просто стремится к повторяемости результатов применения стандартизованных аналитических процедур к должным образом стандартизованным данным (Smaling, 1992; Reynolds, 2016). Таким образом, при совместном рассмотрении инструментализма и интерсубъективности возникает проблема корректной истинностной интерпретации результатов, полученных с помощью различных аналитических методов. Поскольку они выводятся аксиоматически, любое сходство или различие в результатах их применения может просто отражать сходство или различие в их аксиоматических основаниях, что не имеет ничего общего с предполагаемой «объективностью» этих результатов (Шаталкин, 1983; см. также выше о логических основаниях систематики).

2.7. Как важно быть системой

Одна из ключевых идей неклассической философии науки утверждает, что Вселенная и её всевозможные проявления (аспекты, фрагменты и т. д.) сложно структурированы и не допускают чрезмерно упрощенных редукционистских описаний и объяснений. Одним из наиболее важных следствий этой общей идеи является предположение о *системной природе* сложных объектов, с которыми имеет дело наука, будь то материальные или идеальные. Его осознание требует определённой реорганизации познающего человеческого разума, которое наполняется специфическим *системным мышлением*, являющимся вариантом холистического мышления (фон Берталанфи, 1969; Checkland, 1988; Anderson, Johnson, 1997; Hester, Adams, 2014). Это делает основными единицами научных исследований не некие совокупности изолированных элементарных объектов разного рода, а их более или менее интегрированные и структурированные комплексы. Такой взгляд на «природу вещей» привёл к растущему интересу теоретиков к свойствам сложно организованных объектов, которые делают их *системами*. Несколько версий теории систем, предлагаемых в равной степени как «общие» (фон Берталанфи, 1969; Laszlo, 1972; Rapoport, 1986; Урманцев, 1988; Weinberg, 2011; и др.), составляют концептуальное ядро науки о системах, которое иногда называют «системной философией» (Laszlo, 1972; Klir, 2001). На фоне различий в деталях, они сходятся в некоторых фундаментальных решениях, представляющих для нас интерес и кратко изложенных в данном разделе.

В самом общем понимании система — это такая сложно организованная сущность, которая а) *структурирована*, т. е. состоит из мно-

жества упорядоченных взаимосвязанных компонент и благодаря этому б) *интегрирована* в такой степени, что функционирует и развивается как единое целое. Структуру системы в наиболее общем виде можно интерпретировать как сформированную определёнными отношениями между её составляющими, поэтому любой системный объект справедливо рассматривать как *реляционный*. Целостность системы означает, что она наделена некоторыми имманентными качествами, которые делают её чем-то «бóльшим», чем просто сумма её составляющих. Она одновременно и дифференцирована, и интегрирована посредством специфических потоков вещества или/и энергии или/и информации как внутри самой системы между её составляющими, так и между системой и её окружением. Эти составляющие участвуют в названных потоках как *интеракторы* или *репликаторы* (Hull, 1980; Heyes, Plotkin, 1988; Tëmkin, Eldredge, 2015): первые участвуют в потоках материи и энергии, вторые передают информацию (напр., ментальную, культурную, концептуальную, генетическую и т. д.) как внутри системы, так и вне неё.

С увеличением количества составляющих системы и их взаимосвязей она приобретает некоторые дополнительные эмерджентные свойства и становится *сложной* (Simon, 1962, 1991; Laszlo, 1972; Bar-Yam, 1997; Holland, 2014). Эдгар Морин в статье «Ограниченная сложность, общая сложность» утверждает, что «любая система, какой бы она ни была, сложна по своей собственной природе» и что неклассическая «парадигма сложности <…> подразумевает *принцип различения* и *принцип сопряжения*» (distinction & conjunction), согласно которым «знания частей недостаточно, но и знания целого как такового недостаточно, если игнорировать его части», поэтому только «взаимосвязь целого и частей» может обеспечить реальное понимание системы (Morin, 2007, p. 10; курсив добавлен). При этом понимание сложности включает в себя некоторую долю субъективизма: американский системолог Герберт Саймон (Herbert Simon; 1916–2001) в статье «Насколько сложны сложные системы?» пишет, что «сложность может заключаться в структуре системы, но она также может заключаться и в глазах наблюдателя за этой системой» (Simon, 1976, p. 508). С ним согласен его коллега Цзяньго Ву (Jianguo Wu): «сложные системы воспринимаются людьми как сложные, потому что большое количество их взаимодействующих компонент не поддаётся простому описанию и пониманию» (Wu, 2013, p. 298). Таким образом, в целом «по-настоящему сложные системы — это те, которые почти по определению не поддаются полному и детальному описанию» (Mesarovic, Macko, 1969, p. 30).

При рассмотрении систем с этой точки зрения было предложено выделить три их основных категории — *малые*, *средние* и *большие* (small-number, medium-number, large-number) (Allen, Starr, 1982; Weinberg, 2011). Малая система допускает описание путём перечисления свойств её компонент: примером может служить обобщённый биологический организм (архетип), описываемый посредством перечисления его органов (меронов). Средняя система содержат слишком много компонент, чтобы её можно было охарактеризовать указанием их индивидуальных свойств, но их слишком мало, чтобы получить надёжную усреднённую характеристику такой системы. Наконец, большую систему можно охарактеризовать средними значениями свойств её компонент. В биологической систематике эта категоризация имеет отношение к характеристике таксонов разных уровней общности: таксоны низкого уровня (виды и т. д.) обычно характеризуются как большие системы средними показателями, таксоны наиболее высокого уровня (классы и т. д.) характеризуются как малые системы указанием их диагностических признаков. При этом, однако, все они могут рассматриваться как средние системы, специфические характеристики которых могут быть указаны вероятностно как «наиболее обычные» или «как правило».

Системы, которые обмениваются с окружающей средой веществом, энергией и информацией, называются *открытыми*. Их особым классом являются *неравновесные* (диссипативные) системы; все живые и многие неживые открытые системы относятся к этому типу. Согласно так называемой *теореме Пригожина*, одной из ключевых в неравновесной термодинамике, изучающей такие системы, последние существуют вдали от точки термодинамического равновесия за счёт «экспорта» собственной энтропии в окружающую среду, что позволяет им становиться более сложными и структурированными, включая иерархическую организацию (Пригожин, Стенгерс, 1986; Demirel, 2002). Эта общая модель наглядно иллюстрируется биологической эволюцией: с представленной здесь точки зрения, это понятие относится к историческому развитию биоты как открытой неравновесной системы, что подразумевает её постепен-

ное усложнение на различных уровнях, включая её структурирование и иерархизацию (Brooks, Wiley, 1986; Gladyshev, 2017). В частности, это связано с усложнением организмов, что позволяет им более эффективно участвовать в сложно структурированных экосистемных взаимодействиях в качестве интеграторов и репликаторов.

* * *

Общепризнано, что одной из важнейших характеристик, делающих специфически организованный объект системой, является его *иерархическая* структура (иерархичность). Как было сказано выше, любая сложная система обладает определёнными сущностными всеобъемлющими свойствами, которые не допускают её упрощенного представления, и одним из них является именно системная иерархия (фон Берталанфи, 1969). На этом основании сложная система и её иерархическое устройство считаются настолько тесно взаимосвязанными, что системолог Г. Саймон считает их почти синонимами, когда пишет «иерархическая система, или иерархия» (Simon, 1962, p. 468). Однако, как всегда, это общее мнение вовсе не универсально: например, автор книги «Будущее сложности» Питер Бэйофу вовсе не упоминает иерархию как нечто, заслуживающее особого рассмотрения в контексте сложности (Baofu, 2007).

Общая иерархическая структурированность сложной системы определяется её «*почти-разложимостью*» (в смысле Simon, 1962; см. раздел 3.1) на определённые компоненты, которая может быть *горизонтальной* и *вертикальной*. Первая предполагает «почти-разложимость» системы на *частные иерархии*, вторая предполагает её «почти-разложимость» на *уровни* (слои и т. п.) любого рода — общности, совершенства, структурности, концептуальности и т. д. Многоуровневая иерархия характеризуется определённой последовательной упорядоченностью уровней, так что взаимодействия компонент иерархии естественным образом дифференцируются на *внутри-* и *междууровневые*. Эти взаимодействия имеют первостепенное значение для восприятия совокупности «вертикально» упорядоченных объектов как иерархической системы. С этой точки зрения, набор так называемых «китайских шкатулок» (или «русских матрёшек»), обычно рассматриваемый как типичный пример включающей иерархии, не является системой, поскольку их составляющие функционально не взаимодействуют (King, 1997). Таким образом, не все иерархии являются системами в строгом смысле этого слова. Однако согласно другому взгляду на иерархии, они не обязательно подразумевают функциональные взаимодействия между их компонентами — достаточно пространственных или иных «нефункциональных» отношений (McShea, 2016).

Последнее замечание имеет прямое касательство к классификационным иерархиям, поскольку считается, что их единицы (таксоны, мероны и др.), распределённые по их уровням, функционально не взаимодействуют. Однако они взаимодействуют посредством информационных потоков, которые интегрируют их в классификационные системы. Следовательно, такая «информационная» интерпретация их взаимодействий предполагает возможность рассмотрения таксономических иерархий как особого случая системных иерархий.

* * *

Существует много категорий систем, выделение которые зависит от конкретных способов «системного видения» мира и различаются особенностями вышеупомянутых потоков, объединяющих и дифференцирующих их, особенностями их иерархической структуризации, а также конкретными исследовательскими задачами. Принимая во внимание, что наше рассмотрение адресуется главным образом биоразнообразию, здесь достаточно выделить два общих подхода к категоризации системных образований и их иерархий, которые наиболее значимы для наших целей.

Один из них предполагает очевидное разграничение преимущественно онтических и эпистемических систем, с которыми имеет дело биологическая систематика. Принимается, что *онтические* системы принадлежат к «внешним» мирам, существующим вне каких-либо познавательных ситуаций: такие системы можно условно обозначить как *физические* в самом широком смысле, включая те, которые относятся к биологической и социальной сферам, а также к платоновскому, пифагорейскому и другим идеальным мирам. *Эпистемические* системы относятся к «внутренним» мирам, созданным творческой деятельностью человека: это в основном *ментальные* системы, которые включают любые субъективные образы физических систем. Ментальные системы имеют дело с информацией о физических системах; все *знаниевые* (knowledge) системы, включая когнитивные (см. ниже), которые представляют для нас наибольший интерес, относятся к этому типу.

Другая категоризация основана на специфических взаимодействиях внутри самих си-

стемных объектов и с их внешней средой, в данном случае также выделяются два основных типа систем. В одних указанные взаимодействия включают обмен материей + энергией + информацией, в других речь идёт только об обмене информацией. Соответственно, системные объекты первого типа могут быть обозначены как *материальные* системы, второго типа — как *информационные* системы. Некоторые информационные системы, характеризуемые специфическим способом фиксации и передачи информации, называются *символьными* или *описательными*. Они наиболее широко обсуждаются в контексте компьютерных технологий и менеджмента; сюда можно также отнести классификационные системы, которые включают характеристики таксонов/меронов. Для нашего обсуждения важно подчеркнуть, что информационные системы предполагаются наделёнными большинством характеристик открытых неравновесных сложных систем.

Концепция информации имеет очень разнообразные значения, от используемых в широком обыденном смысле до строго определённых математически и физически. Она составляет основу общей теории информации, которая столь же разнородна по своему содержанию, как и общая теория систем. Вместе с тем, в её содержании есть один важный общий момент, который нас особенно интересует, — тесная связь между понятиями информации, знания и определённости. Соответственно, термин «информация» используется здесь для обозначения *конкретного знания* о каком-либо объекте исследования. При этом предполагается, что чем больше информации содержится в когнитивной модели последнего, тем выше адекватность модели и тем более определёнными являются знания об этом объекте.

* * *

Информационные системы и их иерархии представляют для нас первостепенный интерес. Они неоднородны в отношении выполняемых ими функций и способов упорядочения проходящих через них информационных потоков. Это позволяет дифференцировать такие системы по уровням общности и выстраивать их в специфическую концептуальную пирамиду. На самом высоком уровне следует различать уже упоминавшиеся физические и ментальные информационные системы; из тех, что изучает систематика, генеалогические иерархии являются физическими, их репрезентации — ментальными системами. Среди последних также можно выделить два основных типа, которые можно назвать *организационными* (контролирующими) и *знаниевыми* системами. Эта дихотомия, как всегда, не является строгой из-за существования некоторых информационных систем, которые по своим свойствам занимают промежуточное положение между этими двумя и частично пересекаются с ними, — например, *лингвистические* системы и специфические системы *организации знаний*. В этой связи стоит отметить, что любые знаниевые системы, включая классификации, могут быть частично интерпретированы как лингвистические, а частично — как системы организации знаний (контролирующие).

Среди различных видов знаниевых систем наиболее важными для нас являются *когнитивные* системы, которые разрабатываются почти исключительно для выполнения когнитивных функций, охватывая как процедуры, так и результаты познавательной деятельности. Наука имеет дело с разработкой главным образом таких систем, которые функционируют как специфические когнитивные модели изучаемых объектов. В частности, любая должным образом выстроенная познавательная ситуация может рассматриваться как когнитивная система высокого уровня, тогда как её компартменты (редукционные каскады, концептуальные пирамиды, частные концепции, когнитивные модели, классификации и т. д.) являются системами более низких уровней.

Что касается информационных потоков в таких системах, то для того, чтобы понять, как они организованы, следует иметь в виду, что любая когнитивная система, вообще говоря, конструируется познающим субъектом. Соответственно, такие системы отличаются от контролирующих тем, что их компартменты вовлечены в информационные потоки не напрямую, а при посредстве познающих субъектов. В нашем случае информационные потоки в них соответствуют отношениям между организмами, которые могут быть родственными, сходственными и др. Важно то, что именно субъект а) выбирает из множества конкретных отношений те, которые будут использоваться в качестве основы для разработки соответствующих когнитивных систем, и б) анализирует эти отношения и оценивает определяемую ими близость организмов, которую интерпретирует с точки зрения плотности соответствующих информационных потоков (см. далее).

Исходя из этих соображений, целесообразно ввести фундаментально важный *принцип неустранимого посредничества исследователя* (наблюдателя) в организации и функциониро-

вании когнитивных систем, в том числе разрабатываемых в систематике. Соответственно, используя вышеупомянутую терминологию Д. Халла, компартменты такой системы, которые участвуют в информационных потоках, вероятно, следует рассматривать как репликаторы, тогда как субъекты, которые опосредуют эти потоки, должны быть признаны и определены как *медиаторы* (посредники). Это подразумевает довольно своеобразный характер когнитивных систем, согласно которому их можно рассматривать как особый класс *панархических* систем. Это понятие было исходно предложено для сложных функциональных взаимодействий экологических и социальных систем (Gunderson et al., 2022), но его актуальность для когнитивных систем выглядит вполне оправданной. В данном случае подразумевается, что базовый уровень иерархии познавательной ситуации задаётся её онто-эпистемическими каркасом, он дополняется субъектом, который функционирует в качестве его регулятора (см. раздел 2.1). Соответственно, всестороннее объяснение когнитивных систем, включая анализ их причин, развития, структуры, функций и т. д., должно учитывать как этот принцип посредничества, так и их панархическую интерпретацию.

В этом отношении когнитивные системы в чём-то подобны произведениям искусства (литературным, музыкальным и т. п.). Действительно, последние имеют смысл в той мере, в какой они адекватно воспринимаются субъектами (читателями, слушателями и т. п.) в процессе их специфической *со-творческой* активности. Таким образом, любой сложный комплекс «композиция + воспринимающий субъект» может быть представлен как специфическая панархическая система.

Другим важным моментом, который не следует упускать из виду, является то, что когнитивные системы являются *эволюирующими*; эта общая идея, очевидно, справедлива для тех систем, с которыми имеет дело биологическая систематика. Как показано в «исторической» главе нашей книги, познавательная ситуация этой дисциплины, наряду со всеми её составляющими (теории, концепции, классификации и т. п.), веками развивалась, следуя определённым закономерным тенденциям. «Концептуальная среда», неким образом организовывавшая их, включала меняющиеся общие онто-эпистемические контексты, которые открывали новые многообещающие и закрывали устаревшие перспективы этого концептуального развития, точно так же, как биологическая эволюция регулируется извне посредством открытия новых и закрытия деградировавших адаптивных зон. В связи с этим можно обоснованно позаимствовать из эволюционной биологии концепцию *развиваемости* (evolvability, см. Kirschner, Gerhart, 1998; Payne, Wagner, 2019) и считать её неотъемлемым свойством любой познавательной ситуации, что в общем случае означает её способность порождать новые концепции для обновления или замены старых.

* * *

Конкретные когнитивные системы, разрабатываемые систематикой, различаются тем, как они интерпретируют и представляют (моделируют) структуру систематического разнообразия. Британский математик и философ Альфред Уайтхед (Alfred North Whitehead; 1861–1947) в общем случае выделил две основные трактовки разнообразия — *количественную* и *качественную*; соответственно, информация о структуре разнообразия обобщается двумя основными типами когнитивных систем — *параметрическими* и *классификационными*. В случае преимущественно одноуровневых (линейных) отношений, например, предполагаемых Лестницей бытия, соответствующая когнитивная система является параметрической, в то время как в случае многоуровневых иерархических отношений, как в Системе природы, это классификация.

Параметрические системы описывают количественные закономерности в отношениях между переменными (исследуемыми параметрами), которые характеризуют изучаемое разнообразие, и обобщают эти закономерности с помощью определённых формул. Когда такие закономерности так или иначе «формализуются», любые отклонения от их основных тенденций считаются незначимыми и игнорируются. В случае систематического разнообразия наиболее характерным примером такого подхода является *эффект* «*вид-площадь*» (species-area effect), который связывает видовое разнообразие в пределах некоторого региона с площадью последнего (MacArthur, Wilson, 1967). Параметрические системы разрабатываются онто-рациональными школами систематики, которые ищут определённые линейные или периодические закономерности в систематическом разнообразии (Любищев, 1968; Попов, 2008). Если различные параметры по-разному влияют на упорядочение систематического разнообразия, они взвешиваются (ранжируются) в соответствии с их значимостью, причём наиболее «весомые» параметры обозначаются как *ключевые*. Если в наборе параметров ключе-

вой косвенно определяет значения остальных (второстепенных), то такая параметрическая система называется *корреляционной* (Любищев, 1968).

В отличие от параметрических, классификационные системы отображают качественную (категориальную) структуру разнообразия объектов, которая в нашем случае формируется взаимосвязями между организмами (родство, сходство, пространственно-временные, экологические и т. д.). Эта структура выявляется путём совместного анализа многих переменных (классифицирующих признаков). Задача классификационных систем (или просто классификаций) состоит в том, чтобы охватить изучаемое разнообразие во всей его полноте, не сводя его к какой-либо «центральной» тенденции.

В рамках довольно «формального» рассмотрения способов категориального упорядочения любой совокупности объектов британский зоолог Грэм Гриффитс (Graham Griffiths; 1937–2009) предложил различать *классификацию* и *систематизацию*: первая относится к логическому упорядочению по классам, вторая упорядочивает объекты на основе неких «систематических отношений» (Griffiths, 1974). Следуя этой аргументации, Эрик Нокс счёл термин «кладистическая классификация» оксюмороном, а Э. Майр предложил обозначать её как *кладификацию* (Knox, 1998; Mayr, Bock, 2002).

Существует несколько видов иерархических классификационных систем, основанных на разных аспектах рассмотрения структурного разнообразия организмов. Систематика в основном фокусируется на *таксономических* системах, которые репрезентируют совокупности групп организмов, объединяемых в таксоны (роды, семейства, экоморфологические группы и т. д.) на основе их сходства и/или родства. *Мерономические* системы классифицируют свойства организмов на основе их гомологии и некоторых других отношений, в типологии они разрабатываются как иерархические архетипические репрезентации идеализированных организмов. Таксоно-мерономический дуализм означает пересечение двух названных аспектов, что приводит к созданию интегрированных (комбинированных) *таксоно-мерономических* систем, которые охватывают таксоны вместе с их диагностическими признаками. Фитосоциология (фитоценология) представляет структуру растительных сообществ в форме *синтаксономических* систем, основными элементами которых являются синтаксоны. Стратиграфия и биогеография исследуют структурные аспекты биоразнообразия, основанные на временных и пространственных отношениях организмов, соответственно, и разрабатывают специфические когнитивные системы партономического типа, которые обычно обозначаются как *районирование* или *зонирование*. Как упоминалось выше, партономическая интерпретация классификационных систем характерна также для целостного видения систематического разнообразия (организмизм, типология, частично филогенетика).

Следует заметить, что якобы «таксономические» системы, разрабатываемые на основе анализа отдельных структур (частей) организмов, а в последнее время также следов их жизнедеятельности, в значительной степени являются мерономическими; это особенно верно для палеонтологических и молекулярно-генетических исследований. Такое «мерономическое» акцентирование весьма характерно для типологических подходов, в которых сначала разрабатываются иерархии архетипов (планов строения и т. п.), а затем они просто интерпретируются в стандартных таксономических терминах.

Этот момент ярко иллюстрирует книга отечественного зоолога Владимира Николевича Беклемишева (1890—1962), которая называется «Методология систематики» (написана в 1920-х гг., издана в наше время: Беклемишев, 1994). Она почти полностью сосредоточена на проблемах типологических (сравнительно-морфологических) реконструкций, в то время как основные таксономические концепции и понятия (таксон, ранг, признак и т. д.) в ней вовсе не обсуждаются.

В дополнение к этим основным вариантам классификационных систем, вероятно, следует выделить уже упоминавшуюся (см. раздел 1.1) систему *категоризации*, которая отличается от выше рассмотренных способами распознавания групп объектов, включая организмы и их признаки. Согласно автору этой идеи Э. Рош (Rosch, 1973), типичные классификационные системы разрабатываются на основе определённых чётко сформулированных принципов разграничения и иерархизации их элементов. В отличие от этого, системы категоризации основаны на неформализованном интуитивном восприятии объектов, которые группируются (и при необходимости иерархизируются) в соответствии с интуитивно воспринимаемыми прототипами; в этом качестве категоризация характерна для для всякой «интуитивной» систематики.

* * *

Одной из наиболее важных концепций, используемых для описания упорядоченного структурированного разнообразия, является концеп-

ция *естественной системы*, которая обычно противопоставляется *искусственной*. Эта фундаментальная дихотомия чётко проводится в различных познавательных контекстах, хотя и по-разному. Согласно одной из традиционных линий рассуждения, регулярно упорядоченные физические системы (в указанном выше широком смысле) рассматриваются как естественные, а ментальные — как искусственные. Этот момент однозначно признавал К. Линней, который выделил две основные категории классификационных систем, назвав их «продуктами Природы» и «продуктами Искусства», соответственно. Другая традиция характеризует естественные системы, словами венгерского системолога Э. Ласло, «неслучайной регулярностью взаимодействий их компонент» (Laszlo, 1972, p. 30); подразумевается, что компоненты искусственных систем взаимодействуют «случайно» и «нерегулярно». Это определение естественности зависит от контекста, поскольку оно косвенно предполагает ссылку на некоторый параметр, в отношении которого рассматриваемые взаимодействия могут быть интерпретированы как «регулярные» или нет. Такое понимание естественной системы, по-видимому, близко к пониманию *естественного рода* в его философском смысле (напр., Quine, 1994; Koslicki, 2008; Kendig, 2016). Чтобы подчеркнуть эту идею, голландский ботаник Герман Лам (Herman Johannes Lam; 1892–1977) выделил две основные категории таксонов в систематике: *наттаксон* как конкретная естественная группа организмов и *номтаксон* как абстрактная номенклатурная единица (Lam, 1959).

В биологической систематике общее понимание естественных классификационных систем обычно обосновывается общей натурфилософской идеи *Systema Naturae* как непреложного закона, который неким образом упорядочивает Природу (например, божественный план творения библеистов). Следуя этому пониманию, выраженному К. Линнеем в афоризме «Природа есть повеление Божие» (*Natura est jussum Dei*) в одном из выпусков *Amoenitas Academiae* (Linnaeus, 1749, p. 546), некоторые современные специалисты считают классификации естественными, если признаётся, что они адекватно отражают некоторый предполагаемый «закон природы», тогда как искусственные классификации не соответствуют ни одному из таких законов. Проблема здесь в том, что может быть признано несколько предполагаемых «естественных» (равно как и «сверхъестественных») законов, каждый из которых по-своему структурирует систематическое разнообразие, поэтому могут существовать разные конкретные системы, каждая из которых «естественна» в отношении какого-либо подразумеваемого «закона». Признание этого факта влечет за собой *таксономический плюрализм* в его концептуальном толковании (Павлинов, 2018; Pavlinov, 2020, 2021).

Эту натурфилософскую по своей сути идею естественности классификационных систем было предложено актуализировать ссылкой не на загадочные «законы» какого бы то ни было содержания, а на чётко определяемые конкретные (желательно операциональные) *критерии естественности*, которые могут подразумевать некоторые особо значимые природные регулярности любого рода (Gilmour, 1940; Sokal, Sneath, 1963; Sneath, Sokal, 1973; Розова, 1986). Классификации, разработанные в соответствии с такими критериями, считаются естественными, в то время как все остальные являются искусственными. Этих критериев потенциально много, поэтому для одной и той же группы организмов может существовать более одной операционально определённой естественной классификации, что служит одним из основных источников *таксономической неопределённости* (об этом см. раздел 3.5). Например, один из таких критериев, восходящий к идеям уже упоминавшегося О.П. де Кандоля и английского логика Дж. Милля (John Mill; 1806–1873), определяет естественные классификации как согласующиеся по нескольким существенным признакам. Английский ботаник Дж. Гилмор, который был одним из столпов систематики позитивистского толка, в статье «Систематика и философия» предложил называть их классификациями *общего назначения*, а противоположные им — классификациями *специального назначения* (Gilmour, 1940) Одним из очень важных вариантов последних являются *идентификационные ключи*, разработанные в качестве алгоритмов для таксономической идентификации организмов (напр., Свиридов, 1994).

* * *

Философы и системологи чаще всего фокусируют внимание на физических (материальных, социальных и т. д.) системах, поэтому общая тема системного подхода применительно к когнитивным системам остаётся малоизученной. В ней многие важные вопросы, касающиеся структуры и функций таких систем, не только остаются без ответа, но даже и не ставятся. Здесь обсуждаются два из них, имеющих самое

непосредственное отношение к основной теме нашей книги.

Один из таких общих вопросов касается взаимосвязей между познавательными ситуациями, рассматриваемыми как открытые неравновесные (в понимании Николис, Пригожин, 1979) информационные системы, и их «средой». По мнению Э. Ласло, последняя формируется познающими субъектами, которым определённые «области физических событий <…> сигнализируют» о том, как они должны восприниматься и «схватываться» (conated) (Laszlo, 1972, p. 120). Используя принятые нами формализмы, следует выделить два основных типа подобных «сред». Одни из них формируются концептуальными контекстами познавательной деятельности, состоящими из различных онто-эпистемических идей высокого уровня. Не совсем ясно, какой именно «концептуальный беспорядок» может быть перенесён из развивающейся познавательной ситуации в эту «идейную среду». Другие — это «материальные среды», которые в нашем случае можно представить как включающие систематическое разнообразие организмов, структурированное взаимосвязями последних (родством, сходством и т. д.). С ними проблема экспорта беспорядка кажется более ясной.

Действительно, конечная цель развития любой познавательной ситуации в систематике заключается в разработке и совершенствовании классификационных систем как когнитивных моделей этого разнообразия. Такие системы следует рассматривать как саморазвивающиеся (самоструктурирующиеся и т. д.) благодаря «импорту» информации об изучаемом разнообразии организмов из природы. Это приводит к увеличению как информационного содержания, так и упорядоченности разрабатываемых классификаций, что делает их (предположительно) более адекватными репрезентациями разнообразия организмов. Таким образом, чтобы стать более упорядоченными, развивающиеся познавательные ситуации должны «экспортировать» свой первоначальный внутренний беспорядок (т. е. незнание) в своё «материальное окружение». Отождествляя последнее с природным систематическим разнообразием, один из возможных ответов может быть следующим. Согласно традиционной практике таксономических исследований, любое усовершенствование классификаций чаще всего подразумевает изъятие организмов из их природной среды обитания. Эти организмы составляют изучаемую выборку, которая служит фактическим источником новой информации, «импортируемой» из природы в классификации для повышения их упорядоченности. Следовательно, можно предположить, что именно удаление организмов из природы представляет собой специфическую форму привнесения «хаоса», равносильного минимально упорядоченному знанию, который развивающаяся познавательная ситуация в систематике «экспортирует» в «материальную среду», т. е. в природное разнообразие организмов.

Другой интригующий вопрос связан с *границами* (поверхностями, замыканиями) сложных систем (Simon, 1962, 1991; Platt, 1969; Laszlo, 1972; Allen and Starr, 1982; Ahl, Allen, 1996); этот важный вопрос в общем случае изучает наука *лимология* (Каганский, 2015). В случае когнитивных систем, оставляя в стороне их очевидные социально-историческими ограничения (Розов, 2008), обратим внимание на то, что эти системы структурируются информационными потоками, которые в нашем случае соответствуют разнообразным межорганизменным отношениям. Как было сказано выше, плотность этих потоков определяется теснотой таких отношений. Представляется вполне обоснованным допущение, что границы когнитивных (в том числе классификационных) систем определяются определёнными пороговыми значениями плотности соответствующих информационных потоков. Те, которые превышают указанный порог, являются *внутренними* и формируют сеть внутрисистемных потоков, объединяющих (в нашем случае) таксоны в классификациях и отвечающих за границы уровней общности в их иерархиях. Те, которые находятся ниже этого порога, являются *внешними*: они соответствуют внесистемным отношениям и очерчивают границы самой системы. Такие границы, рассматриваемые как «когнитивные поверхности», можно считать *полупроницаемыми* (в понимании Laszlo, 1972): они наделены специфическими «когнитивными фильтрами», пропускающими только те информационные сигналы, которые соответствуют отношениям, установленным исследователем (скажем, сходство по некоторым отобранным признакам). Важно отметить, что аналогичный полупроницаемый характер границ с фильтрующей функцией следует предполагать для иерархических уровней в классификационных системах: они делают эти уровни квази-автономными из-за ослабления информационных потоков, идущих от одного уровня к другому.

Следует также добавить, что поскольку как внутренние, так и внешние границы когнитивных систем определяются в терминах информационных потоков, они являются вероятностными и, следовательно, нечёткими.

При рассмотрении классификаций как открытых неравновесных систем возникает ещё один важный вопрос, касающийся их адекватности в качестве когнитивных моделей конкретных фрагментов систематического разнообразия. Интригующим моментом здесь является то, что, согласно термодинамической теории, упорядоченность таких систем может возрастать благодаря главным образом их эндогенной структуризации. В нашем случае последняя объясняется тем, что содержание классификационной системы, включая её иерархическую структуру, является результатом взаимодействия всех трёх базовых компонент познавательной ситуации. Принимая во внимание значительный вклад эпистемической и субъектной компонент в результирующие классификации, более высокая упорядоченность последних может достигаться без прямого согласования с предполагаемой структурой систематического разнообразия. В частности, классификация может быть «улучшена» за счёт применения нескольких методов, которые согласно методологическому *принципу конвергенции* (или *сходимости*) могут давать сходные результаты (Young, 1971); такой подход достаточно обычен в численной систематике (Sneath and Sokal 1973; Felsenstein 2004).

Этот весьма странный «эндогенный» эффект подразумевает, что при оценке и сравнении репрезентативности конкретных классификационных систем необходимо тщательное изучение вклада каждой из трёх компонент познавательной ситуации, чтобы понять как действительные причины их иерархической структуры, так и их различия. Это соображение согласуется с мнением тех концептуалистов, которые уделяют особое внимание эпистемической компоненте при изучении сложных систем (напр., Pattee, 1973; Auger, 1989), с тем важным дополнением, что субъектная компонента также должна приниматься во внимание (Allen, Starr, 1982; Ahl, Allen, 1996; Павлинов, 2018).

Рассмотрим в этой связи, как может изменяться общая структура эволюционно интерпретируемой таксоно-мерономической системы, основанной на некоторой онтической идее. Для этого сначала предположим, что эволюционный процесс, являющийся причиной всего разнообразия организмов, включает две основные тенденции: кладогенетическую (дивергентную) и анагенетическую (параллельную и конвергентную, однонаправленную). Результирующее систематическое разнообразие структурировано родственными (генеалогическими) отношениями и двумя видами отношений сходства: наследственными (внутри каждой из филетических линий) и квази-независимыми (параллельными или конвергентными, между различными линиями).

Условимся, что из двух вышеупомянутых основных направлений информационных потоков в классификационной системе вертикальный соответствует родству и унаследованному сходству, тогда как горизонтальный соответствует приобретённому (квази-независимому) сходству. Результирующая комбинаторика этих потоков, которая формирует общую иерархическую структуру таксоно-мерономических классификаций, отражает соотношение анагенетических и кладогенетических тенденций в изучаемой филогении, и эта множественная комбинаторика приводит к разнообразию эволюционно интерпретируемых классификаций. Частные эволюционные модели, лежащие в их основе, могут быть либо в основном анагенетическими (версия Коупа), либо в основном кладогенетическими (версия Хеннига), либо сочетать в себе то и другое (версии Геккеля и Симсона). Рассматриваемые эпистемически, они являются результатом применения определённых классификационных алгоритмов (иерархических, ординатных или комбинированных). Наконец, субъективно они зависят от выбора исследователями какой-то одной из этих частных моделей, который определяется некими личными предпочтениями.

ГЛАВА 3

ИЕРАРХИИ — ЭТО СОВСЕМ НЕПРОСТО

Общее понятие иерархии является многозначным, «кочевым» (*nomadic*, в смысле Minelli, 2022), поскольку обозначает совершенно разные явления и подразумевает весьма разные способы упорядочения. Иерархии могут быть общими или частными, включающими или невключающими, физическими или ментальными, концептуальными или эмпирическими, таксономическими или мерономическими; они состоят из уровней обобщения или интеграции, организации или рассмотрения (интерпретации) и т. д. И всё же на этом фоне они наделены определёнными базовыми чертами, общими для всех проявлений иерархий независимо от их вариантов, — такими чертами, которые позволяют распознавать иерархии среди всех возможных форм системной упорядоченности.

Анализ и синтез как общих черт, так и разнообразия проявлений иерархий является обязанностью того, что обычно именуется *теорией иерархий*, которая, в свою очередь, является частью *теории систем*. Ключевые положения последней были кратко изложены в предыдущей главе (см. раздел 2.7); что касается первой, то успехи в её разработке пока не были особенно значительными, поэтому вместо такой общей теории мы имеем множество частных «микротеорий», как их обозначил Марио Бунге (Bunge, 1969). Возможная причина такой не слишком утешительной ситуации заключается в том, что (пока ещё отсутствующая) теория иерархий не вполне укладывается в то общее понимание научной теории, которое сложилось с зарождением картезианской рациональности в XVI в. По мнению системолога-«иерархиста» Тимоти Аллена, «теория иерархии — это теория особого рода, которая может не соответствовать критериям того, какой многие хотели бы видеть теорию <…>. Она не делает прогнозов как таковых, а скорее явно извлекает функциональную структуру системы из данных, вместо того чтобы полагаться на произвольное обозначение компонент» (Allen et al., 2009, p. 2939). Но названная теория в этом отношении не уникальна — своими общим содержанием и структурой она, по-видимому, довольно схожа с общей таксономической теорией, как она понимается автором (см. раздел 2.5). Возможно, таково общее свойство некоторого обширного класса *рамочных* научных теорий, которые имеют дело со сложно структурированными объектами (системами), в том числе таксономических и мерономических.

Как показано в «исторической» главе данной книги, биологическая систематика началась с освоения иерархической классификационной методологии схоластики. Однако случилось так, что в настоящее время она оказалась отстающей от некоторых других разделов научного знания (экология, некоторые гуманитарные науки, частично математика и физика и т. д.), которые заметно продвинулись в исследованиях общих свойств и специфических особенностей разных проявлений иерархий. Поэтому для того, чтобы получить полное представление об иерархиях, рассматриваемых в нашей дисциплине, важно прежде сформировать общее и вместе с тем достаточно детальное понимание иерархий на основании тех идей и концепций, которые разработаны в других науках, более успешных в данной области.

Этой важнейшей теме посвящена настоящая глава. В ней предпринята попытка ответить на некоторые фундаментальные вопросы об иерархиях: что они собой представляют в целом и каковы их специфические проявления. При этом основное внимание, вполне естественно, уделено тем вопросам, которые наиболее актуальны для биологической систематики.

3.1. Основные характеристики иерархий

Одним из наиболее важных проявлений общей системной иерархии, влияющим на все или большинство других её характерных черт, является её «*почти-разложимость*» (near-decomposability). Это понятие было введено, чтобы обозначить выделение последовательно упорядоченных уровней в сложно структурированных системных объектах; с тех пор оно неизменно упоминается в таком «узком» смысле (напр., Simon, 1962, 1991; Mesarovic, Macko, 1969; Allen, Starr, 1982; Floridi, 2008; Wu, 2013). Однако на самом деле «почти-разложимость» имеет два взаимно ортогональных аспекта. Одним из них является *горизонтальная* «почти-разложимость» общей системной иерархии на *частные иерархии*, другим — её *вертикальная* «почти-разложимость» на *уровни иерархии* (слои, ступени, страты и т. д.). В этом общем понятии *разложимость* подразумевает, что как сами частные иерархии, так и их уровни выделяются (индивидуализируются) в качестве конкретных исследуемых объектов, тогда как *почти* указывает на то, что они остаются компонентами одной и той же общей иерархии. При этом считается, что вертикальная структурированность систем, подобная той, которая характерна для слоёного пирога, означает их общее иерархическое устройство: именно их *многоуровневая слоистость* (layered stratification, laveling) и означает их *иерархичность*.

* * *

Основные особенности иерархической структурированности любых системных объектов определяются *принципами иерархизации*, которые могут быть общими или частными. *Общие* принципы применимы ко всем иерархиям, определяя их универсальные свойства, включая топологию. Один из таких принципов устанавливает иерархии *относительно* или *абсолютно*, другой регулирует их *уровневость* (leveling), ещё один определяет их как *включающие* или *невключающие*, отдельный принцип делает иерархии *направленными* или нет, и т. д. *Частные* принципы формируются посредством *параметров иерархизации*: их первоочередное значение в том, что они индивидуализируют частные иерархии указанием конкретных факторов, которые структурируют системные объекты, а именно, потоков вещества и/или энергии и/или информации между их компартментами. В систематике частные иерархии можно рассматривать как атрибуты отдельных аспектов систематического разнообразия, таких как мерономический и таксономический, типологический и филогенетический и т. д. Поэтому параметры иерархизации играют ключевую роль в качестве специфических исследовательских «инструментов» для распознавания всех этих аспектов.

В систематике указанные параметры бывают двух основных категорий — внутренние или внешние; они реализуются с помощью специфических *линеек иерархизации* (hierarchization rulers), которые применяются, в частности, для иерархического структурирования классификаций. К *внутренним* параметрам относятся свойства (атрибуты) и взаимосвязи компонент биоразнообразия, которые прямо или косвенно участвуют в только что упомянутых потоках. Для целей нашего обсуждения следует выделить две основные группы этой категории параметров. *Иерархизующие отношения* — это специфические отношения (сходство, родство, экологические, пространственные, гомология и т. п.) между организмами, их группами и их свойствами: они определяют и структурируют частные иерархии и репрезентирующие их классификационные системы, изучаемые систематикой. К *иерархизующим признакам* относятся атрибуты организмов (мероны), они упорядочиваются в мерономические классификации. Как видно, параметры первой группы касаются в основном таксономического аспекта систематического разнообразия, параметры второй группы касаются его мерономического аспекта. *Внешние* параметры включают «рамочные» условия функционирования этих составляющих. Внешние параметры и соответствующие линейки не могут быть отнесены к собственно систематическому разнообразию: сюда относят в первую очередь геологическую шкалу времени и/или шкалу адаптивных зон, которые служат для упорядочения иерархий некоторым «абсолютным» образом.

Иерархизующие признаки обычно называются *классифицирующими*; они участвуют в разработке таксономических систем в качестве специфических *единиц сравнения* (Заренков, 1976). Признаки «почти-разложимы» на их собственные компоненты, которые обозначаются как их *модальности* (состояния, элементы). Признаки отвечают за общую структуризацию таксономических систем, их модальности определяют (очерчивают) в последних конкретные таксоны. Признаки дискретны в том смысле, что одни и те же модальности не могут при-

надлежать нескольким признакам, в противном случае они считаются отчасти тавтологичными (Sneath, Sokal, 1973; Sereno, 2007; Павлинов, 2018). В таком понимании формально признаки логически независимы, хотя по существу могут быть (и часто действительно являются) в той или иной степени скоррелированными. Их модальности логически взаимозависимы в том смысле, что в каждом отдельном признаке все они выделяются и упорядочиваются относительно друг друга.

Все процедуры, имеющие отношение к иерархической организации когнитивных систем (включая классификации), основаны на *сценариях иерархизации*, которые специфицируют и обобщают конкретные принципы иерархизации и параметры/линейки, подлежащие применению. Это понятие вводится здесь по аналогии с *эволюционным сценарием*, который оказался достаточно эффективным как для исследования филогенетических процессов, так и для обоснования филогенетических классификаций (Eldredge, Cracraft, 1980; Wiley, 1981; Павлинов, 2005). Сценарии иерархизации разрабатываются в рамках конкретных познавательных ситуаций на основе их общих онтических и эпистемических допущений, что делает их как контекстно-, так и субъектно-зависимыми.

Один из наиболее важных инструментов сценария иерархизации включает определённые взаимосвязи между иерархизующими отношениями и признаками, которые можно обозначить как их *согласованность* (concordance). Последняя имеет два аспекта, которые различаются по смыслу и способу применения: один включает согласованность в пределах каждого из массивов отношений и признаков, другой относится к согласованности между этими двумя массивами. В биологической систематике этот инструмент имеет большое значение в обоих его аспектах, поскольку затрагивает все задачи, связанные с разработкой когнитивных моделей систематического разнообразия. Первый аспект подразумевает, грубо говоря, определённую корреляцию между а) разными частными иерархиями и, соответственно, отражающими их таксономическими классификациями и б) конкретными классифицирующими признаками. Второй аспект подразумевает определённую согласованность между отношениями и признаками иерархизации, которая называется *таксоно-мерономическим соответствием* и играет ключевую роль в иерархизации классификационных систем (см. раздел 3.6).

* * *

Аспектное структурирование биоразнообразия начинается с выделения систематических и некоторых других (экологических, географических и т. д.) частных иерархий, причём первые в дальнейшем раскладываются на таксономические и мерономические иерархии, а таксономические — на типологические, филогенетические и т. п. иерархии. Все частные иерархии, на которые «почти-раскладывается» общая иерархия биоразнообразия, являются *равномощными* и *взаимовложенными*, т. е. они в равной степени охватывают все его составляющие; такое их толкование важно в двух отношениях. С одной стороны, это позволяет рассматривать каждую из частных иерархий как «системную», не уточняя её частный характер (например, экологический, филогенетический или какой-либо другой). С другой стороны, их равномощность служит предпосылкой для возможности, с некоторыми оговорками, исследования свойств общей системной иерархии путём совместного анализа её отдельных аспектов.

Многообразие как общих, так и особенно частных принципов иерархизации делает любую сложную систему потенциально и фактически *полииерархической*, что иногда обозначается как *гетерархия* (Crumley, 1995, 2005; Dekker, Kuchař, 2021). Её альтернатива предполагает единственно возможную иерархизацию системы, она обозначается как *моно-* или *гомоархия* и характерна, например, для социальных систем тоталитарного типа (Ravasz, Barabási, 2003). Совокупное множество частных иерархий, на которые распадается общая иерархия (например, таковая биоразнообразия), образует своего рода многомерное *гиперпространство иерархий*, размерность которого соответствует количеству выделяемых частных иерархий (Ravasz, Barabási, 2003). Этот формализм полезен тем, что делает все подобные иерархии в принципе соизмеримыми по крайней мере по некоторым из их существенных характеристик.

* * *

Как уже было сказано, общая структура любой иерархии определяется отношениями между её компартментами, что делает иерархию *реляционной* сущностью; она «наследует» это фундаментальное свойство от реляционной природы любого системного объекта, атрибутом которого является. Эти отношения бывают двоякого рода: они складываются в пределах или между её уровнями, их иногда называют «горизонтальными» и «вертикальными», соот-

ветственно (эта терминологическая пара определена выше в другом смысле). В совокупности они образуют сложную *иерархическую сеть* (Ravasz, Barabási, 2003; Trusina et al., 2004), которая обычно рассматривается как формирующая иерархию любого рода.

Базовая упорядоченность частных иерархий может быть задана *относительно* или *абсолютно*. В первом случае уровни каждой данной иерархии упорядочены строго взаимозависимо: положение любого из них зависит от положения (как минимум некоторых) других. Во втором случае они упорядочиваются более или менее независимо друг от друга: каждый из них определяется со ссылкой на некоторый внешний параметр иерархизации. При этом подразумевается, что последний применяется единообразно ко всем уровням данной иерархии, что делает их *соизмеримыми*. Предполагается, что такая «абсолютно» установленная иерархия допускает возможность исследований каждого уровня независимо от прочих; М. Месарович предложил обозначать её как *стратифицированную* (Mesarovic, Macko, 1969). Однако Я. Старобогатов (1989) считает, что в любой отдельной частной иерархии её высший и низший уровни всегда задаются «абсолютно», тогда как все промежуточные уровни — относительно.

Иерархии могут формироваться *дедуктивно* или *индуктивно*: первые строятся от верхнего уровня к нижнему, вторые в обратном порядке. Эти варианты онтически определяются направлениями основных потоков материи/энергии/информации, которые структурируют соответствующие системы. Эпистемически они определяются одноимёнными логическими системами, а операционально — применяемыми алгоритмами иерархизации, например, разработанными в нумерической систематике (Sneath, Sokal, 1973). В некоторых понятийных системах дедуктивно выведенная упорядоченность обозначается как собственно иерархия, а индуктивно выведенная — как *антииерархия* (Sneppen, Minnhagen, 2004).

* * *

Остаётся кратко указать некоторые формальные соотношения между последовательно расположенными уровнями/ступенями иерархии, которые системологи заимствуют из математической теории множеств. Эти соотношения между тремя уровнями A, B, C являются *транзитивными*: если $A \supset B$ и $B \supset C$, тогда $A \supset C$; *несимметричными* (иногда называются *антисимметричными*): если $A \supset B$ и $A \neq B$, то $B \not\subset A$; и *рефлексивными*: $A \Leftrightarrow A$, $B \Leftrightarrow B$, $C \Leftrightarrow C$. Все эти соотношения справедливы для любых элементов системы, распределённых по соответствующим уровням. Транзитивность и несимметрия являются наиболее важными для нашего рассмотрения, поскольку они определяют неэквивалентности соответствующих уровней/ступеней (см. раздел 3.4).

3.2. Об онто-эпистемическом дуализме иерархий

Следуя классической «дискретной» логике, Донна Уилсон в статье «Формы иерархии» обозначила две основные их формы — онтические «иерархии в природе» (от элементарных частиц до Вселенной) и эпистемические «иерархии в сознании» (когнитивные и любые другие ментальные модели); она добавила к ним также «иерархии в артефактах» (от компьютеров до социальных институций) (Wilson, 1969). Такое разграничение характерно для многих исследований по иерархиям; например, Т. Аллен выделил два основных вида уровневой структуры экологической иерархии — онтические *уровни организации* и эпистемические *уровни наблюдения* (Allen, Starr, 1982; Ahl, Allen, 1996; Wu, 2013).

Однако концептуальная точка зрения, признавая эту дихотомию, отвергает её дискретный характер, имея в виду фундаментальную идею онто-эпистемического дуализма (см. раздел 2.1). Соответственно, прежде чем приступить к обсуждению онто-эпистемного статуса иерархий в контексте трёхчастной структуры познавательной ситуации, важно подчеркнуть следующие ключевые моменты. С одной стороны, иерархии характерны для каждой из её компонент — онтической, эпистемической и субъектной. Они являются атрибутами как самого биоразнообразия (его собственная иерархическая структура), так и его различных когнитивных репрезентаций (редукционные каскады, концептуальные пирамиды, классификационные системы и т. д.), эпистемических средств (методологии и методы), а также ментальных особенностей субъектов (мировоззрения, стили мышления, навыки и т. д.). С другой стороны, сами иерархии являются отдельными объектами исследований, которые представлены в познавательной ситуации систематики их когнитивными моделями, причём последние являются специфическими результатами субъектно опосредованных сложных взаимодействий онтической и эпистемической компонент. Это означает, что рассматриваемые с

концептуальной точки зрения иерархии, будучи включёнными в познавательную ситуацию, как было только что подчёркнуто, обретают некий *онто-эпистемический дуализм*: они воспринимаются как нечто реально существующее в Природе и индивидуализируются познающим субъектом посредством применения определённых эпистемических инструментов. Соответственно, при обсуждении онто-эпистемического статуса иерархий со всеми их специфическими проявлениями и свойствами необходимо учитывать, что они не «даны» как таковые, а зависят от познавательного контекста, который формируется познающим субъектом, поэтому их онто-эпистемический статус может варьировать от одной познавательной ситуации к другой. Например, номиналистическая и реалистическая позиции кардинально различаются в своих трактовках природы и структуры систематического разнообразия и его иерархической упорядоченности.

Эта точка зрения предполагает, что любые рассуждения об иерархиях, включая их собственную структуру, зависят от базовых предпосылок, которые формируют онто-эпистемические рамки соответствующих познавательных ситуаций. В целом это объясняется активной позицией познающих субъектов, которые выбирают конкретные иерархические модели и накладывают их на изучаемые системные объекты для описания их сложной структуры (Simon, 1962; Mesarovic, Macko, 1969; Pattee, 1973a,b; Allen, Starr, 1982; Ahl, Allen, 1996; Wu, 2013). Например, неоднократно упоминавшийся М. Бунге, прежде чем предложить свои формализмы, касающиеся стратифицированных иерархий, подчеркнул, что он имеет в виду прежде всего их эволюционное понимание, тем самым отграничив свою специфическую онтическую точку зрения от тех, которые предполагаются в рамках стационарных мировоззрений античной натурфилософии или классической физики (Bunge, 1996). Примечательно, что Т. Аллен, подчеркивая активную смыслообразующую позицию «упёртых иерархистов», заходит так далеко, что объявляет теорию иерархии особым видом «теории наблюдения» (Ahl, Allen, 1996).

Такая познавательная позиция очевидным образом затрагивает существенный вопрос об объективности или субъективности иерархий, который не имеет столь простого дихотомического решения, как это предполагается подходами, основанными на классической бинарной логике (см. об этом раздел 2.4). Этот ключевой момент неоднократно подчёркивался почти всеми авторами, которые обсуждали когнитивные аспекты иерархий, присущих физическим, биологическим, социальным и другим сложным системам (Wilson, 1969; Pattee, 1973a; Allen, Starr, 1982; O'Neill et al., 1986; Ahl, Allen, 1996; Bunge, 1996; Floridi, 2008; Wu, 2013). Данный вывод, очевидно, справедлив и для иерархических уровней: не так-то просто, если вообще возможно, однозначно разделить структурные уровни как таковые и уровни наблюдений в тех сложных системах, иерархическая структура которых не поддаётся непосредственному наблюдению (как в организмах), а скорее гипотетична (как в биоте). Такой специфический онто-эпистемический дуализм подразумевает, что рассмотрение иерархий непосредственно ненаблюдаемых сложно структурированных природных объектов, включая биоту, теоретически должно проводиться совместно как с онтической, так и с эпистемической точек зрения.

* * *

Вместе с тем, в конкретных исследованиях иерархии чаще всего изучаются не «вообще», а с некоторой из этих двух базовых точек зрения в зависимости от субъектных когнитивных предпочтений. Реалисты склонны рассматривать иерархии как объективные природные явления, номиналисты считают их когнитивными артефактами, а концептуалисты придерживаются комплексной точки зрения (хотя их часто относят к номиналистам). Согласно этой последней, одним из ключевых вопросов становится *объективация* физических (в широком смысле, т.е. включая биологические и социальные) иерархий в контексте, задаваемом их совокупным онто-эпистемическим рассмотрением.

С онтической точки зрения все такие иерархии, а также составляющие их уровни можно с некоторыми оговорками считать «естественными» и в силу этого «объективными» в той мере, в какой они определяются ссылкой на определённые причины, не связанные непосредственно с познавательной деятельностью человека (Simon, 1962, 1991; Mesarovic, Macko, 1969; Pattee, 1973a,b; Salthe, 1985; O'Neill et al., 1986; Ahl, Allen, 1996; Pumain, 2006; Wu, 2013). Такая исходная позиция требует поиска объективных (естественных) причин частных иерархий. Обсуждая предметную область биологической систематики в её полном натурфилософском и историческом аспектах, в этой связи имеет смысл кратко рассмотреть две основные категории причинно-следственных связей: надматериальные и материальные.

Античные натурфилософские системы объясняли общую природную иерархию вещей (включая организмы) действием творческой силы либо Платоновского *Единого*, либо Аристотелева *Перводвигателя* (Лосев, Тахо-Годи, 1993). Эти версии причинно-следственных связей были специфическим образом уточнены библейскими теологами, которые заменили Единое и Перводвигатель божественным планом творения. Сходной была картина мира многих типологов XIX и XX вв. (Ж. Кювье, Р. Оуэн, В. Тролль, Л. Васильева и др.), которые рассматривали мерономические иерархии общих планов строения организмов (архетипы, баупланы) как реально существующие в идеальном мире и обуславливающие таксономические иерархии организмов в материальном мире. Классическая библейская причинно-следственная связь уточняется современной *бараминологией* (Marsh, 1944; Schafer, 2003): Бог создал *барамины* (Платоновские формы) разных уровней общности, что, очевидно, подразумевает реальность частных иерархий их материальных воплощений, включая единицы биоразнообразия.

Материалистическая точка зрения в корне отвергает такую идеалистическую причинно-следственную связь. При этом её сторонники, похоже, забывают, что эта их трактовка, если рассматривать её с некой «абстрактной» позиции концептуализма, сформулирована в манере, по сути аналогичной той, против которой они выступают, — в соответствии с той частной картиной мира, которую они считают истинной. Материалистическая позиция была актуализирована во второй половине XIX в. эволюционной картиной мира, которая развивалась в двух основных вариантах. *Макро*эволюционный взгляд на историческое развитие биоты (Геккель, Симпсон, Хенниг и все их последователи) предполагает, что реальный (объективный) процесс последовательного разделения филетических линий порождает реальную (объективную) многоуровневую иерархически организованную структуру систематического разнообразия, которая нынче называется *филогенетическим паттерном*. В отличие от этого, *микро*эволюционный взгляд (в основном последователи Дарвина) предполагает объективный статус только внутривидовой иерархии. Так называемая синтетическая теория эволюции (СТЭ) распространила вторую точку зрения на виды, предложив особые биологические механизмы видовой идентичности (Simpson, 1961; Dobzhansky, 1970; Майр, 1974; и др.). Кладистическая версия филогенетики признаёт объективную природу собственно иерархии, но оспаривает реальность её фиксированных уровней (рангов), ссылаясь на предположительно монотонный характер дивергентного филогенеза (см. раздел 3.7).

* * *

Одной из наиболее значимых онто-эпистемических особенностей иерархий любого рода является их *системность*, которая имеет по крайней мере два общих значения. С одной стороны, это подразумевает, что любая иерархия не существует сама по себе, но всегда является «иерархией чего-то» и не может быть отчуждена от последнего. Это «что-то», о котором идёт речь, — любой системный объект (процесс и т. д.) в самом широком смысле (природный, социальный, ментальный и т. п.), собственная структура которого подразумевает его трактовку как сложной системы. С другой стороны, эта особенность относится к системным свойствам самой иерархии, которая является специфической системной единицей. Как было сказано выше, это означает, что иерархии упорядочены и структурированы посредством определённых взаимосвязей между их компартментами (единицами и уровнями). При этом, поскольку предполагается, что иерархии равномощны системным объектам, которым они приписываются, их упорядоченная структурированность соответствует упорядоченности объектов в целом, поэтому и сами системы, и их иерархии считаются согласованными в этом отношении.

Имея в виду различие между малыми, средними и большими системами (см. раздел 2.7), Эндрью Джонас в статье «Политика пространственного шкалирования» аналогичным образом разделил системные иерархии на *локальные*, *среднемасштабные* и *глобальные* (Jonas, 1994). Их шкалирующие линейки могут быть сами по себе разного масштаба, если иметь в виду познавательную ситуацию в систематике в целом. Действительно, её общая иерархия является глобальной, иерархия таксономических теорий — среднемасштабная, а иерархии конкретных классификационных систем — локальные. Исходя из особенностей «почти-разложения» биоразнообразия, представляется разумным признать аспектные проявления систематического разнообразия среднемасштабными частными иерархиями. К этому уровню относятся как базовые таксономическая и мерономическая иерархии, так и частные проявления первой — филогенетическая, типологическая и т. п. иерархии. С другой

стороны, если рассматривать только классификационные системы живых существ, то их общая иерархия (на уровне империй или типов) является глобальной, иерархии основных макротаксонов (скажем, от класса до семейства) — среднемасштабные, иерархии таксонов более низкого уровня (от рода и ниже) — локальные.

Исследуемые биологической систематикой объекты, на которые «почти-раскладывается» систематическое разнообразие, различаются своей целостностью. Это означает, что их допустимо расположить в определённой линейной иерархии в соответствии с воображаемой «шкалой интегрированности». В некотором грубом приближении такую шкалу можно сократить до трёх основных ступеней или уровней. Наиболее целостные иерархические отношения холистически рассматриваемых объектов подразумевают их *партономическое* членение; наименее интегрированные объекты подразумевают *рыхлое* (loose) членение; средне-связные отношения внутри классификационных систем подразумевают их *системное* членение, которое занимает промежуточное положение между двумя предыдущими (см. раздел 2.2).

* * *

Рассмотренный выше эпифеноменологический статус биоразнообразия имеет прямое отношение к иерархии как его системному атрибуту. В данном случае такая трактовка косвенно подразумевается особым акцентом, делаемым не на саму иерархию, а на её уровни. Действительно, философы и естествоиспытатели самого разного толка, будь то платоники или библеисты с их последовательными ступенями эманации *Единого* или Псевдо-Дионисивыми небесными рангами, современные системологи Герберт Саймон с его «почти-разложимыми» уровнями или Тимоти Аллен с его разграничением уровней организации и наблюдения или Артур Кёстлер с его идеей *холона* как интегрирующего принципа уровней организации (см. далее), — все они так или иначе сосредоточены прежде всего на иерархических уровням и лишь затем — на иерархиях в целом. Как почёркивает Т. Аллен, именно определённые уровни любого рода (организационные, аналитические, включающие, совершенства и т. д.) распознаются в первую очередь при рассмотрении упорядоченной структуры разнообразия любых сложных систем, тогда как иерархии осознаются вторично как их специфические совокупности, характеризующие общую упорядоченность (Ahl, Allen, 1996; Allen, 2001, 2008; Wu, 2013).

Рассматриваемая в таком ключе, иерархия любого содержания может трактоваться как *производный макропараметр* (= макроскопическая переменная в смысле термодинамики) сложной системы, который определяется взаимодействиями между уровнями последней, тогда как компартменты системы, распределённые по этим уровням, могут рассматриваться как присущие ей *микропараметры*. Выше для пояснения этой идеи была приведена аналогия с «бесцветной» Вселенной (см. раздел 2.1); радуга и температура атмосферы могут служить другими аналогиями. При таком взгляде сами иерархии, по-видимому, не обладают какими-либо собственными эмерджентными свойствами, которые были бы независимы от характерных особенностей составляющих систему компартментов, характеризуемых специфическими уровнями общности (включающие иерархии) или «прогрессии» (линейные иерархии). Соответственно, представляется разумным считать именно эти системные компартменты, как и сами системы, реальными *феноменами* (в широком смысле), а объединяющие их иерархии — как системные *эпифеномены*. Что касается уровней иерархии, то их онтический статус в рамках дихотомии «феномены–эпифеномены» не столь однозначен. Нельзя исключать, что эта дихотомия, как обычно бывает, слишком упрощена, чтобы точно описать сложную реальность, с которой имеют дело «иерархисты», и что уровни иерархии занимают некое промежуточное положение между этими двумя крайностями и могут быть отнесены к категории *квазифеноменов*.

В любом случае, такая концептуальная схема подразумевает, что при обсуждении иерархической структуры систематического разнообразия мы должны: а) сначала выяснить, можно ли обоснованно считать некие уровни (организации, общности и т. п.) особыми системными квазифеноменами, б) если да, то объяснить их, ссылаясь на их предполагаемые естественные причины, и в) затем рассуждать о частных иерархиях как о некоем эпифеноменальном принципе интеграции такой многоуровневой упорядоченности. Например, Карл Линней объяснял уровни систематического разнообразия в духе библейского платонизма, ссылаясь на последовательную реализацию божественного плана творения. Эволюционисты ссылаются на различные организационные уровни биоты, на которых могут действовать специфические эволюционные механизмы. Типологи имеют в виду структурные уровни архетипов или пла-

нов строения организма — ту мерономическую упорядоченность, которая (по их мнению) обеспечивает уровни общности таксономического разнообразия. Позитивисты отвергают любое метафизическое рассмотрение надорганизменных уровней и, следовательно, уровневую иерархию в целом.

И всё же, как бы то ни было, именно общая иерархия обычно воспринимается как наиболее характерный и при этом неотъемлемый атрибут любой сложной системы. Вероятно, это связано с тем фактом, что иерархии, как уже говорилось, считаются равномощными системным объектам, которым они приписываются. Именно по этой причине полагается возможным интерпретировать иерархию как интегрированную (синтетическую) характеристику систем, в отличие от отдельных уровней, которые рассматриваются как их локальные (аналитические) характеристики.

Это соображение, по-видимому, имеет отношение к другому вопросу, касающемуся онто-эпистемического дуализма иерархий и их составляющих, — а именно, к разграничению иерархий как таковых и предположений о них, высказываемых в конкретных исследованиях. Согласно современной научной эпистемологии (Поппер, 1983; Стёпин, 2003), эти утверждения следует рассматривать как *гипотезы*, которые формулируются и проверяются в соответствии с определёнными правилами. Независимо от содержания последних, которое зависит от частных онто-эпистемических предпосылок, первый и самый важный вопрос касается онтической проблемы, а именно того, о *чём* такие гипотезы. Учитывая интерпретацию иерархии как эпифеномена и при условии, что любая гипотеза относится к множественным, а не к отдельным объектам, соответствующие гипотезы должны касаться не самих иерархий, а скорее упорядоченных последовательностей иерархических уровней, распознаваемых в сложной системе (см. также далее о тернарных отношениях).

3.3. Топология иерархий

В современной науке особенно популярно представление иерархий в виде древовидных диаграмм (графов), поэтому их основные характеристики, включая те, которые называются *топологией*, обычно описываются с использованием терминов теории графов (напр., Карпов, 2022). Следует отметить, что такая терминология касается в первую очередь (в принятых здесь понятиях) деревьев *связывания*, в то время как деревья *категоризации* остаются в основном без внимания (см. раздел 4.2 об их различии). Ниже рассмотрен минимальный набор формализмов, наиболее соответствующих основной теме нашей книги.

Древовидная схема обычно обозначается как *древовидный граф G*, или просто как *дерево*. Формально оно определяется как упорядоченная пара $[V(G), E(G)]$, где $V(G)$ — *вершины* (vertices) дерева, а $E(G)$ — соединяющие их *рёбра* (edges); рёбрам приписывается *функция инцидентности* (incidence function) ψ_G, которая определяет, каким образом рёбра соединяют вершины. Как указано, такой граф чаще всего представляет собой дерево связывания, представленное в простом *линейном* формате. Совокупность деревьев, упорядоченных в соответствии с одним и тем же принципом иерархизации, называется *лесом*; в систематике такие «леса» обычно являются результатом разных методов исследования одних и тех же групп организмов.

Вершины, соединённые непосредственно одним ребром, являются *смежными*; ребро, соединяющее их, называется *ступенью иерархизации*; рёбра, последовательно соединяющие несколько вершин, образуют *путь* или *ветвь* дерева, которую иногда обозначают как *цепочку*. В пределах отдельного ребра его начальная вершина называется *исходной* или *родительской*, конечная вершина — *производной* или *дочерней*. Ребро, соединяющее две вершины, является *исходящим* по отношению к исходной вершине и *входящим* по отношению к производной вершине. Вершина, не имеющая входящих и хотя бы с одним выходящим ребром, называется *корнем* дерева; вершины с одним или несколькими как входящими, так и выходящими рёбрами являются *внутренними*; вершины на концах ветвей, имеющие хотя бы одно входящее и ни одного исходящего ребра, называются *конечными* или *листьями*. Количество как входящих, так и исходящих ребер, присоединённых к вершине, определяет её *степень*, что также применяется к пути (ветви) дерева. В систематике вершины дерева обычно называются *узлами*, которые соответствуют таксонам/меронам, а рёбра отождествляются с их взаимосвязями, которые обычно интерпретируются в терминах близости (affinity) любого рода (сходство, родство, пространственная близость и т. п.). Функция инцидентности относится, среди прочего, к направлениям этих взаимосвязей, она определяет *направленность* ветвей/деревьев.

* * *

Как уже было сказано выше, топология является наиболее общей характеристикой иерархической структуры системного объекта и, конечно же, дерева, представляющего её. Иерархия системы определяется взаимосвязями между основными её элементами — уровнями, отнесёнными к ним конституентами и их отношениями; в дереве это вершины и рёбра. Следует при этом отметить, что древовидное представление топологически отличается от иерархии как таковой тем, что первое состоит только из вершин и рёбер, тогда как уровни иерархии в нём явно не указаны. Поскольку систематика имеет дело в основном с информационными системами, их топологию можно приравнять к тому, что в компьютерных науках обычно обозначается как *информационная архитектура* (напр., Morville, Rosenfeld, 2007). Эта общая характеристика проявляется в нескольких частично взаимосвязанных иерархических переменных, рассмотренных далее.

Одной из важных формальных топологических характеристик дерева, представляющего иерархию любого вида, является *древесность* (treeness), которая означает, попросту говоря, что древовидный граф похож на естественное дерево или его ветвь (побег). Эта переменная характеризуется взаимосвязью между вершинами и рёбрами: чтобы граф структурно рассматривался как полноценное дерево, он должен быть одновременно *связным* и *ациклическим*. Первое указывает на то, что вершины в графе соединены соответствующими рёбрами, второе — на то, что в нём нет вершин, соединённых сами с собой *петлями*. В систематике особое значение имеют *частично связанные ациклические* деревья, в которых а) не все вершины связаны между собой в режиме «все со всеми» и б) нет изолированных (несвязанных) вершин. Эта интегральная характеристика может быть количественно оценена как соотношение вертикальных и горизонтальных связей в графе. В нумерической систематике применяются *тесты древовидности* (treeness tests) для оценки древовидной топологии включающих иерархий (напр., Sneath, Sokal, 1973; Astolfi, Zonta-Sgaramella, 1984; Gordon, 1987; Fisler et al., 2020). Различные деревья одного и того же «леса» можно сравнивать численно, несколько деревьев можно обобщить с помощью *согласованного дерева* (consensus tree) или *супердерева* (Leclerc, 1985; Gordon, 1987; Sanderson et al., 1998; Bininda-Emonds et al., 2002).

«Почти-разложимость» всей системной иерархии горизонтально на частные иерархии и вертикально на уровни вносит существенный вклад в топологию иерархии, определяя базовый характер её общей структуры. Частные иерархии могут *перекрываться* и, следовательно, *недискретны*: одни и те же элементы системы (например, организмы) могут принадлежать к нескольким частным иерархиям, выстраиваемым для данной системы на основе различных параметров иерархизации, — например, к типологической и филогенетической. Другим хорошо известным примером являются многочисленные таксономические системы, разработанные для одной и той же группы организмов с использованием разных нескоррелированных признаков и/или методов. В отличие от этого, уровни иерархии в пределах одного и того же пути *не перекрываются* и в этом смысле являются *дискретными*; или, скорее, почти дискретными, если принимать во внимание их нечёткую вероятностную интерпретацию (об этом см. раздел 3.5). Их дискретность означает, что одни и те же объекты (таксоны и мероны в систематике) не могут быть отнесены к двум соседним уровням A и B (всегда $A \neq B$). Однако, по мнению некоторых авторов, иерархические уровни могут считаться *перекрывающимися* в случае монотипических таксонов, определённых экстенсионально (Gregg, 1950, 1954; Gordon, 1987). Объекты, отнесённые к одному уровню иерархии, упорядочены *отношением эквивалентности* и обычно считаются дискретными (непересекающимися) (Gregg, 1954; Jardine et al., 1967; Jardine, 1969; Jardine, Sibson, 1971). Последнее строгое требование вводится аксиоматически для классических логических систем, поэтому оно может быть ослаблено, если столь же аксиоматически допустить возможность частичного перекрывания (Sklar, 1964; Jardine, Sibson, 1971); последнее также поддерживается их нечёткой (вероятностной) интерпретацией.

Характер взаимосвязей между уровнями иерархии топологически подразделяет иерархии на две основные категории, упоминавшиеся ранее, — *невключающие* (исключающие, линейные, потоковые, компонентные, скалярные) и *включающие* (энкаптические, вложенные, инкапсулированные, агрегирующие) (напр., Simon, 1962; Pattee, 1973a,b; Allen, Starr, 1982; Mayr, 1982; Valentine, May, 1996; Salthe, 2006; Wu, 2013). В любой иерархии её уровни упорядочены линейно (последовательно), различия между названными категориями определяются

характером соотношений между уровнями и относящимися к ним элементами в пределах одного пути иерархии (Salthe, 2006). В случае невключающей иерархии такие уровни и их элементы не пересекаются: каждый из элементов системы может быть отнесён только к одному из этих уровней и все вместе они упорядочены в *цепочку*. Во включающей иерархии уровни и относящиеся к ним элементы различаются по *степени общности* (охватности, масштаба), при этом уровни более высокой общности включают (охватывают, инкапсулируют) уровни и элементы более низкой общности.

Эти две основные категории иерархизации наиболее наглядно иллюстрируются стандартной военной организацией: её подразделения различных уровней общности (от армии и корпуса до батальона и отделения) образуют включающую иерархию, а их соответствующие командиры (от маршала и генерала до капитана и сержанта) упорядочены в линейную иерархию. В биологической систематике включающая иерархия представлена стандартными таксономическими системами, традиционно называемыми «линнеевскими»; классифицирующие признаки разной значимости образуют линейную невключающую иерархию.

Одной из ключевых характеристик иерархии является её *направленность*, при этом функция инцидентности ψ_G указывает на наличие или отсутствие определённых *направлений*, заданных для рёбер (ветвей) дерева. Соответственно, дерево может быть направленным (хотя бы частично) или ненаправленным в зависимости от того, задана для него направленность или нет.

Ненаправленное (неукоренённое) дерево соответствует одноуровневой упорядоченности, в нумерической систематике его обычно называют *минимально разветвлённым* (minimum spanning) деревом или *сетью* (напр., Sneath, Sokal, 1973; Wiley, 1981; Kitching et al., 1998; Felsenstein, 2004; Francis et al., 2018; и др.). В нумерической филетике, с её акцентом на эпистемический *принцип экономии* (parsimony principle), построение ненаправленных деревьев (сетей) представляет собой важный промежуточный этап филогенетических реконструкций, а их преобразование в направленные деревья подразумевает фиксацию корней в соответствии с определёнными правилами (Wiley, 1981; Павлинов, 1990; Francis et al., 2018; Penn et al., 2023; см. далее).

Направленное (укоренённое), или *ориентированное* дерево — такое, в котором определены направления по крайней мере для некоторых его рёбер. В таком дереве обычно фиксирован корень, его положение определяет направленность всего дерева. Последняя задаётся *шкалой близости* (affinity scale) элементов системы, основанной на любой из вышеупомянутых линеек иерархизации. Такая шкала фигурирует в качестве «стрелы близости», согласно которой базовый (базальный) уровень иерархии, отождествляемый с корнем дерева, соответствует минимальной близости и упорядочивает все остальные уровни последовательно в соответствии с возрастанием близости. В содержательной интерпретации базовый уровень (корень) соответствует минимальному сходству в фенетике и минимальному родству в филогенетике. В Геккелевой и Хенниговой версиях филогенетической систематики направленные деревья строятся как однокорневые, что в обосновывается принципом монофилии; в Коуповой версии они являются многокорневыми, основанными на принципе полифилии.

Иерархическая *последовательность* (pathing) формируется совокупностью конкретных путей иерархизации (ветвей) в дереве. Эти пути либо представляют собой простые линейные цепочки, либо разделяются и иногда объединяются в некоторых вершинах. Их разделения делают пути *ветвящимися* и приводят к умножению узлов (элементов) от более высоких уровней общности к более низким, что иллюстрируется рассмотренными выше концептуальными пирамидами. Если путь раздваивается, он называется *дихотомическим*, в случае его разделения на несколько ветвей он *политомический*. Дерево, состоящее только из дихотомий, также обозначается как *дихотомическое* или *бинарное*, что считается идеальным в классической логике. Пути, которые исходят из одной и той же вершины и ведут к нескольким разным вершинам, называются *параллельными*. Если два или более пути дерева объединяются в вершине, получается особая форма *цикла*, в информатике это называется *полииерархией* (была упомянута выше).

В систематике иерархическая последовательность определяет общую топологию включающей иерархии таксономической системы. Неразделяющиеся пути соответствуют иерархии *монотипических* таксонов, ветвящиеся приводят к иерархиям *политипических* таксонов: в первом случае каждый таксон включает только один подтаксон нижнего уровня, во втором — несколько подтаксонов. Кладистика рассматривает дихотомическое (бинарное) дерево как наилучшее представление эволюционной истории, тогда как политомии рассматриваются как «не-

разрешённые (unresolved) дихотомии», подразумевающие *филогенетическую неопределённость* и, следовательно, нежелательные (Hennig, 1966; Nelson, Platnick, 1981; Wiley, 1981; Павлинов, 1990, 2005; Lee, 1998; Huelsenbeck et al., 2000; Rangel et al., 2015; Willis, Bell, 2018). Однако разработка строго бинарного дерева может приводить к его чрезмерной фрагментации из-за избытка плохо обоснованных дихотомий, которые могут давать искажённое представление о реальной иерархии (см. ниже). С другой стороны, полииерархия может быть эволюционно значимой, указывая на возможную сетчатую эволюцию и гибридное происхождение таксонов.

Каждый мультимодальный классифицирующий признак представляет собой линейную или ветвящуюся последовательность его модальностей. Она соотносится с иерархическим путём, который может представлять собой включающую или невключающую иерархию или сеть; в первых двух случаях такая упорядоченность признака называется *полярностью*. Мерономические системы, упорядоченные как включающие иерархии, репрезентируют многоуровневые архетипы или планы строения тела (Любарский, 1996). Вариант невключающих мерономических иерархий репрезентирует *дифференциальное взвешивание* классифицирующих признаков или их модальностей.

Фрагментация иерархии относится к степени детализации её иерархической структуры в зависимости от количества уровней/ступеней (и соответствующих вершин), выделенных в пределах пути иерархизации; этот показатель иногда обозначается как *длина пути* или *величина* (score) иерархии (Павлинов, 2005; Nonaka et al., 2021). Степень фрагментации всякой частной иерархии зависит от исследовательских задач, алгоритмов построения дерева и характера исходных данных, к которым применяются эти алгоритмы. В целом, чем сильнее фрагментировано дерево, тем более подробное описание систематического разнообразия оно предоставляет. Но, как только что было сказано, чрезмерно фрагментированные иерархические пути могут давать искажённое представление об иерархии природного прообраза, поэтому имеет смысл разумно «огрублять» их, например, применяя вероятностные оценки обоснованности узлов ветвления этих путей.

Графически представленное дерево, в котором длины ветвей прямо пропорциональны некоторым численным оценкам близости, обозначается как *метрическое*; в противном случае оно *ультраметрическое* (Sneath, Sokal, 1973). В филогенетике последнее отражает только последовательности ветвления филетических линий, примером чего является кладограмма. В отличие от этого, метрическое дерево отражает как эти последовательности, так и «количество эволюции» в каждой из линий, что характерно как для классических, так и новейших «молекулярных» филогенетических деревьев (филограмм) (Felsenstein, 2004; Павлинов, 2005; Podani, 2013).

Интегральной количественной характеристикой дерева является его *общая длина*, которая определяется суммированием длин всех его ветвей. Она имеет особое значение в численной филетике, где общая длина дерева служит одним из параметров его оптимизации. Со ссылкой на вышеупомянутый принцип экономии он задаёт специфический *критерий оптимизации*, согласно которому из всех возможных деревьев, выведенных для некоторой совокупности данных, оптимальным считается самое короткое (Farris, 1983, 2008; Kluge, 1984; Kitching et al., 1998; Gascuel, 2000; Павлинов, 2005; Wiley, Lieberman, 2011).

Глубина, или *высота*, или *диапазон* иерархии определяется расстоянием между её начальным и конечным уровнями/ступенями, измеряемым количеством промежуточных уровней. Например, в систематике иерархическая классификация, охватывающая диапазон между родом и типом, является более «глубокой» («высокой»), чем классификация, охватывающая диапазон между родом и порядком/отрядом. Возможно, самая глубокая иерархия, относящаяся ко всей совокупности природных систем, — это иерархия Вселенной, диапазон которой охватывает уровни от субатомных до метагалактических единиц. С точки зрения систематики, высший и низший уровни в этой глобальной иерархии избыточны, не оказывая прямого влияния на оценку структуры разнообразия организмов, поэтому эта иерархия принимается в *усечённой* (truncated) форме сверху и снизу, в ней сохраняется диапазон от биомолекул (как источника данных) до биоты с её совокупным разнообразием организмов. Дополнительный верхний уровень иерархии характерен для так называемых *панархических* систем (Gunderson, Holling, 2001; Gunderson et al., 2022; упомянуты выше: также см. раздел 2.7).

Для того чтобы иметь возможность оперировать единым тезаурусом, целесообразно зафиксировать терминологически наименьшие оценки глубины иерархий. Её минимальное

(нулевое) значение соответствует *одноуровневой* иерархии; в таком случае можно говорить о *плоской* иерархии (flatarchy) (Marston et al., 2005; Jonas, 2006; Ingram, 2024), её вариантом является вышеупомянутая *гетерархия*. Она подразумевает важность «горизонтального» мышления, дополняющего «вертикальное», что довольно популярно в современной социологии и социальной географии (напр., Simon, 1962; Herbst, 1976; Chakraborty, Mohr, 2005). Примерами гетерархии (флэтархии) в систематике являются вышеупомянутые неордированные (в том числе минимально разветвлённые) деревья. Разработка многоуровневых иерархических конструкций начинается с установления *двухуровневой* иерархии. Последняя, по-видимому, является широко распространённым иерархическим вариантом, если таким образом допустимо рассматривать некоторые *блочные сетевые* системы (Ravasz, Barabási, 2003). Например, Лестница бытия, звеньями которой являются не особи или виды, а скорее группы организмов более высокого уровня (такие как птицы, звери и т. д.), вероятно, может рассматриваться как особый вариант таких двухуровневых систем.

Многоуровневая иерархия может быть *монотонной* или *немонотонной* (близко к тому, как эта пара понятий рассматривается в некоторых разделах математики; см. Chattopadhyay et al., 2022). Следует различать две формы монотонного/немонотонного противопоставления — между путями и внутри них.

С одной стороны, параллельные пути могут включать в себя одинаковое или разное количество вершин: первое условие подразумевает монотонную, а второе — немонотонную иерархию. Эти варианты имеют большое значение для определения общей топологии иерархий: любое строго дихотомическое монотонное дерево симметрично, тогда как деревья с различными вариантами политомий и немонотонности асимметричны. В систематике это затрагивает важный вопрос эквивалентности/неэквивалентности рангов в различных фрагментах общей таксономической иерархии (см. раздел 3.7).

С другой стороны, различные уровни иерархии в пределах отдельных путей могут быть взаимно эквивалентными или нет, что также подразумевает либо монотонную, либо немонотонную иерархию, соответственно. В первом случае предполагается, что все уровни и относящиеся к ним компартменты имеют одинаковый статус, так что их совокупная иерархия в этом отношении монотонная. Если одни уровни более, а другие менее значимы с точки зрения применяемых критериев, то соответствующая иерархия является немонотонной. Этот вариант немонотонности иллюстрируется триадной трактовкой уровней иерархии, при которой один уровень является *центральным* (focal), а два других — просто «соседние» (подробнее см. далее). В систематике безранговая таксономическая иерархия, предполагаемая кладистической теорией, может рассматриваться как монотонная, тогда как распознавание основных и вспомогательных категорий в классической ранговой иерархии представляет собой её немонотонный вариант. В схоластической систематике особый статус был присвоен родовому рангу, тогда как в эволюционной школе такой статус присвоен видовому рангу, так что в обеих этих школах таксономическая иерархия является «локально» немонотонной.

3.4. Уровневость

Понятие *уровневости* (levelism) в трактовке Лучано Флориди (Floridi, Sanders, 2004) отсылает к вертикальной пошаговой (слоистой) структуре любой сложной системы, которая, как было отмечено выше, как раз и означает её иерархическую упорядоченность. Образно говоря, если в её структуре есть последовательная упорядоченность уровней, то есть и иерархия; если её нет, то и иерархии нет.

Ключевое понятие уровня стандартно рассматривается как основополагающее и даже определяющее для общего понимания иерархии, однако оно не имеет достаточно строгого унифицированного определения: варианты последнего зависят от частных концепций иерархии. Данное обстоятельство делает оба понятия, иерархии и уровня, взаимозависимыми и в определённой степени тавтологичными. Например, в редакторском Предисловии к сборнику «Иерархические структуры» было предложено использовать понятие «иерархии <…> в целом для обозначения *набора упорядоченных уровней*» (Whyte et al., 1969, p. viii; курсив ориг.), при этом последние остались вовсе без определения. Беглый анализ соответствующей литературы показывает, что определений иерархических уровней, которые были бы одновременно достаточно общими и содержательно значимыми (неформальными), по-видимому, не существует. Ситуация усугубляется тем обстоятельством, что само понятие уровня, по-видимому, в какой-то степени метафорично (Stevens, 1984; Bryant,

2000). Данное обстоятельство тем более неприятно, что, как было сказано выше, понятие уровня в некотором смысле первично относительно понятия иерархии.

Уровневая структура иерархической системы предполагает некое *отношение неэквивалентности* между её составляющими. Характер этого отношения определяется конкретным параметром иерархизации, который разделяет уровни на «*низшие*» и «*высшие*» в зависимости от их положения относительно начальной и конечной ступеней иерархии (Simon, 1962, 1991; фон Берталанфи, 1969; Salthe, 1985, 2012; Ahl, Allen, 1996; Wu, 2013). В случае линейной иерархии организмы могут быть неэквивалентны по сложности строения (одноклеточные, многоклеточные или многотканевые), экологическим связям (жертвы или хищники), социальному положению (доминантные или субдоминантные), уровням организации их компартментов (клетки, ткани, органы). Такие отношения можно трактовать преимущественно либо с онтической, либо эпистемической точки зрения: в первом случае они приписываются самим системам и их составляющим, тогда как во втором случае они «навязываются» в целом эквивалентным объектам познающими их субъектами. В систематике это иллюстрируется дифференциальным взвешиванием признаков, которое может основываться либо на функциональной значимости соответствующих структур, либо на диагностической значимости самих признаков.

Отношение неэквивалентности имеет особое значение в случае включающих иерархий, где оно подразумевает выделение разных *уровней общности* (*вложенности*). Последнее означает, что в пределах каждой линейно упорядоченной последовательности иерархических уровней группы более высокого уровня включают в себя группы более низкого уровня. Это топологическое транзитивное отношение наглядно иллюстрируют русские матрёшки. В биологии оно вполне очевидно для включающей иерархии экологических сообществ разного уровня (микробиомы, биотопы, ландшафтные экосистемы). В систематике такое специфическое отношение неэквивалентности устанавливается единообразно для всей таксономической иерархии в данной классификации; эта важная особенность была унаследована систематикой от иерархии схоластической родо-видовой схемы. Кроме того, определённая неэквивалентность устанавливается для разных уровней общности, выделенных в рамках немонотонной иерархии, в которой ранги делятся на первичные и вторичные.

* * *

Возможность выделения онтически определённых уровней иерархии в качестве объектов исследования обеспечивается предположением, что компоненты системы на каждом уровне наделены определёнными эмерджентными свойствами. Эти свойства а) делают каждый уровень с его составляющими уникальным в данной иерархии и б) приводят к тому, что связи между составляющими внутри уровня сильнее, чем между уровнями (Simon, 1962, 1991; Ahl, Allen, 1996; Wu, 2013). Согласно этому выделяются следующие ключевые проявления уровневости иерархических систем, которые иногда обозначаются как *принципы иерархии* (Allen, 2008; Wu, 2013; с дополнениями):

- более высокие уровни работают медленнее (с меньшей частотой), чем более низкие;
- более высокие уровни имеют меньшую целостность по сравнению с более низкими;
- в случае включающих иерархий более высокие уровни содержат (включают) более низкие;
- более высокие уровни накладывают определённые ограничения на более низкие уровни;
- в случае когнитивных систем более высокие уровни создают контекст для интерпретации более низких уровней.

Большинство существенных свойств, подразумеваемых уровневостью, включает потоки материи, энергии и информации между составляющими системы, распределёнными по иерархическим уровням. Иерархия, рассматриваемая со специфической точки зрения «потоков», иногда обозначается как *потоковая* (Zafeiris, Vicsek, 2018; Suchecki, Hołyst, 2022). Названные потоки обеспечивают междууровневую вертикальную интеграцию иерархически организованных систем, включая организацию причинно-следственных связей в них (Brigandt, 2010; Santos, 2015, 2024). С другой стороны, отдельные потоки разделяют общую системную иерархию на частные, что подтверждается, например, «почти-разложением» биоты на экологическую и генеалогическую (филогенетическую) иерархии (Eldredge, Cracraft, 1980; Eldredge, 1985; Sluys, 1991; Tëmkin, Eldredge, 2015; Caponi, 2016).

Попутно отметим, что Найлс Элдридж в своей книге «Незавершённый синтез» (Eldredge, 1985; Spiridonov, Eldredge, 2024) выделил ещё один базовый аспект глобальной биотической

иерархической структуры, который занимает промежуточное положение между двумя только что названными. Он имел в виду иерархии таких специфических сложных эко-генеалогических единиц, как лишайники, и назвал их «*бретскианскими*» в честь палеоэколога Питера Бретски (Peter Bretsky). В этой связи следует отметить, что «бретскианская» иерархия, по-видимому, является частным случаем комплексной филоценогенетической иерархии, обозначенной и охарактеризованной отечественным палеоэкологом Вл. Жерихиным (1945–2001) в статье «Биоценотическая регуляция эволюции» (Жерихин, 1986).

Содержание этих интегрирующих/дифференцирующих потоков зависит от природы соответствующих систем: являются ли они физическими или ментальными, естественными или искусственными, биологическими или социальными и т. п. В частности, предполагается, что иерархии как самого систематического разнообразия, так и его когнитивных моделей (классификаций и т. д.) организованы информационными потоками. Направления и интенсивность потоков в рамках многоуровневой системы определяются преобладающими причинно-следственными взаимодействиями внутри уровней и между ними. Направления потоков могут быть восходящими и нисходящими, в соответствии с чем вся иерархическая структура может быть индуктивной или дедуктивной. Рассмотренные выше иерархии редукционного каскада и концептуальной пирамиды, как специфических когнитивных систем, в значительной степени формируются дедуктивно нисходящими информационными потоками, обеспечивающими причинно-следственные связи в них. В противоположность этому позитивистская философия науки утверждает, что все причинно-следственные связи в любых системах являются восходящими и порождают индуктивные иерархии (антииерархии, см. выше).

Венгеро-британский писатель Артур Кёстлер (Arthur Koestler; 1905–1983) в своей книге «Дух в машине» (Koestler, 1968 г.; русский перевод 1993 г.) выделил особый механизм обеспечения междууровневой целостности сложных систем, назвав его *холоном*, а организуемую им включающую иерархию — *холархией*. Это понятие созвучно, но вряд ли идентично *синхолону* (в смысле: Marx, 1977).

По мнению итальянского системолога Пьеро Меллы, последняя не является специфической «вещью», обладающей собственной эмерджентной сущностью; это некая «концептуальная, ненаблюдаемая сущность, которая функционирует как связующий или промежуточный элемент между иерархическими уровнями [системы]. Холон — это не *собственно* структура (*the* structure), а *о* структуре (*of* structure)» (Mella, 2009, p. 10; курсив ориг.; также Pichler, 2000). С ним согласен Т. Аллен, который предлагает думать о холонах как о неких «абстракциях, а не как о материальных объектах» (Allen, 2008, p. 1855). Однако представляется разумным трактовать холон и вполне реалистично: в систематике в таком качестве допустимо рассматривать архетип или монофилетическую группу.

В рамках многоуровневой иерархии общие отношения/связи между уровнями имеют тенденцию к последовательному ослаблению вдоль иерархических путей из-за весьма вероятного снижения интенсивности интегрирующих потоков с увеличением числа ступеней в них (Simon, 1962, 1991; Pattee, 1973a,b; Salthe, 1985, 2012; Ahl, Allen, 1996; Pumain, 2006; Wu, 2013). Общая причина такой специфической динамики заключается в том, что каждый переход между любыми двумя соседними уровнями/ступенями сопряжён с некоторой неопределённостью («шумом»), которая накапливается вдоль путей иерархизации. С формальной точки зрения, этот эффект влечёт за собой *неполную транзитивность* отношений между уровнями, что можно рассматривать как особый вариант немонотонности иерархий.

Что касается классификационных систем, разрабатываемых в систематике, то ослабление информационных потоков между их уровнями уместно рассматривать как эффект *принципа близкодействия*, заимствованного из физики (Pavlinov, 1998; Павлинов, 2018). Такой взгляд, некогда предложенный автором, представляется весьма продуктивным при обсуждении некоторых вопросов, имеющих решающее значение для биологической систематики. С одной стороны, это означает, что как стабильность, так и динамика таксонов на достаточно удалённых уровнях иерархии не являются сильно взаимозависимыми, так что, скажем, изменения видового состава (границ и т. п.) родов обычно не влияют на таксономическую трактовку порядка/отряда или класса, к которому они принадлежат. Другой вопрос, которого это касается, — неэквивалентность уровней в сложно структурированных таксономических системах, особенно если их иерархии безранговые (см. раздел 3.7).

* * *

Выше рассмотренный онто-эпистемический дуализм системной иерархии, очевидно, справедлив для её уровней, которые, с некоторыми

оговорками, можно трактовать либо онтически, либо эпистемически, либо (что наиболее корректно) совместно. «Почти-разложение» этого дуализма, как полагает Говард Пэтти в уже упоминавшейся статье в сборнике *Hierarchical Structures*, влечёт за собой разграничение онтически трактуемых *автономных* и эпистемически трактуемых *неавтономных* уровней: первые «ответственны за выработку своих собственных правил», тогда как вторые «организуются иерархически под воздействием внешнего фактора» (Pattee, 1969, p. 162). В иной терминологии они называются, соответственно, уровнями *организации* и *рассмотрения* (Ahl, Allen, 1996; Allen, 2001; Floridi, 2008) или ступенями (scales) *реальных процессов* и их *анализа* (Jonas, 1994). Как видно, такое разграничение подразумевает разные причинно-следственные связи, оформляющие уровни иерархии: их можно считать либо *собственными*, либо *наложенными*. В систематике уровни таксономической иерархии рассматриваются как автономные или неавтономные в зависимости от конкретного онто-эпистемического базиса (реализм или номинализм, соответственно); эта же дихотомия справедлива и для таксономических рангов. Однако концептуалисты рассматривают две данные трактовки совместно.

Этот специфический дуализм касается соотношения понятий иерархического *уровня* и *масштаба*, которые при изучении иерархических структур в космологии, географии, экологии, социологии, лингвистике и т. д. применяются почти как синонимы. В них масштабы обычно относятся к конкретным уровням сложных систем, будь то пространственно-временные, экологические, социальные, лингвистические или другие, без явного указания их онто-эпистемического статуса (напр., Jonas, 1994; Brenner, 2001; Wu, 2013; Henle et al., 2014; Enfield, 2023). Однако когнитивное «почти-разложение» их онто-эпистемического дуализма делает желательным содержательное и терминологическое разграничение этих двух понятий, которое может быть достигнуто следующим образом. Представляется разумным рассматривать понятие *иерархических уровней* онтически, предполагая, что в природе, обществе и т. д. может (или должна) существовать некая объективная иерархическая уровневость. В отличие от этого, понятие *иерархического масштаба* может (или должно) подразумевать эпистемическую интерпретацию и относиться в первую очередь к масштабам рассмотрения сложных систем, не предполагая для них какого-либо очевидного природного прообраза (Ahl, Allen, 1996; Jones, 1998). Чтобы подчеркнуть эпистемический статус таких масштабов (scales), было бы полезно называть их *референтным* или *импликативным масштабированием*; эти понятия широко используются в лингвистике (Decamp, 1971; Bornkessel et al., 2015; Gildea, Zúñiga, 2016; Enfield, 2023).

Однако такое строгое разделение онтических уровней и эпистемических масштабов, как оно здесь изложено, не следует воспринимать слишком буквально (абсолютно): на самом деле общая сеть отношений в рамках общей онто-эпистемической структуры довольно запутана, её онтическая и эпистемическая компоненты сами сложно структурированы, так что границы между ними являются нечёткими. С одной стороны, «онтически данные» объекты могут рассматриваться либо как феномены, либо как эпифеномены (об этом см. разделы 2.1, 3.2). С другой стороны, эпистемическая трактовка несомненно применима к когнитивным (эпистемическим по определению) иерархиям; кроме того, эпистемически заданные масштабы могут функционировать либо как строгие абстракции, либо как размытые метафоры. Кроме того, следует отметить, что могут существовать (и действительно существуют) иные демаркационные линии, основанные на других принципах; одним из них является предложение французского социолога Анри Лефевра (Henri Lefebvre; 1901–1991) различать «глобальные уровни» и «всемирные масштабы» в иерархической структуре всемирного человеческого сообщества (Lefebvre, 2003).

* * *

Одной из наиболее существенных особенностей уровневости, обсуждаемой в контексте биологической систематики, является различение понятий *уровня* и *категории*, которое не рассматривается в подавляющем большинстве других дисциплин. Это различие было введено вслед за различением понятий *таксона* и *таксономической категории*, которое ввёл американский философ Мортон Бекнер (Morton Beckner; 1928–2001) в книге «Биологический способ мышления» (Beckner, 1959), ныне оно широко признано в систематике (напр., Simpson, 1961; Sokal, Sneath, 1963; Van Valen, 1964; Blackwelder, 1967; Jardine, 1969; Jardine, Sibson, 1971; Майр, 1971; Шаталкин, 1988, 2012; Любарский, 2018; Павлинов, 2018). Смысл в том, что *уровень* является специфическим атрибутом собственно иерархии и относится к её вертикальному по-

шаговому структурированию, тогда как *таксономическая категория* является специфическим атрибутом некоторой совокупности объектов (организмов, таксонов) и обозначает их конкретное множество, отнесённое к определённому уровню в таксономической иерархии.

Такая иерархическая категоризация в традиционной («линнеевской») систематике особенно подчёркивается строгой фиксацией положения каждого из иерархических уровней в общей иерархии. Эти фиксированные уровни обычно называются *иерархическими рангами* и индивидуализируются путём присвоения им специфических терминов. Их общая конструкция составляет *систему ранжирования*, концептуализация которой разрабатывается *теорией ранжирования* как частью более широкой теории иерархии, которая, в свою очередь, должна быть частью общей таксономической теории (кратко рассмотрена в разделе 2.5). В настоящее время эти теории отсутствуют, поэтому чаще всего упоминаются лишь некоторые эмпирические правила для разработки систем ранжирования как «данные традицией»: к их числу относится, например, положительная корреляция между объёмом и сложностью таксона и количеством рангов в его классификации (см. раздел 3.7).

Распознавание рангов преобразует общий сценарий иерархизации в частный *сценарий ранжирования*, а фиксированная последовательность рангов формирует *линейку ранжирования* как частную версию линейки иерархизации. Иерархии, упорядоченные в соответствии со сценариями ранжирования, называются *ранговыми*; таковыми могут быть как линейные, так и включающие иерархии. Ранговая иерархия всегда является направленной и может быть установлена как относительно, так и абсолютно (см. выше). Таксоны и мероны, отнесённые к одной и той же категории/рангу, обозначаются как *равноранговые*, они образуют специфические классы эквивалентности.

Любой сценарий ранжирования формируется как совокупность *принципов ранжирования*, наиболее важные из которых можно резюмировать следующим образом (Dubois, 2005; Павлинов, 2015). *Принцип ранговой последовательности* подразумевает, что все ранги, определённые данной линейкой ранжирования, упорядочены в фиксированной последовательности таким образом, что каждый ранг занимает в ней определённое положение. *Принцип единообразного обозначения* подразумевает, что каждому рангу присваивается уникальный термин, одинаковый во всех классификациях, которые используют одну и ту же линейку ранжирования. *Принципы полноты* (непрерывности) и *единообразия* (единственности) *ранжирования* подразумевают, что все пути иерархизации в данной иерархии должны состоять из одной и той же последовательности рангов без пропусков, по крайней мере в случае основных (первичных) рангов. *Принцип однородности рангов* подразумевает, что ранг, обозначаемый одним и тем же термином, занимает одинаковую позицию во всех иерархиях, упорядоченных согласно соответствующей линейке ранжирования; это делает ранги, выделенные в разных классификациях на основе одной линейки, эквивалентными и сопоставимыми в по крайней мере в данном отношении. *Принцип ранжирования классификационных единиц* подразумевает, что все таксоны и мероны, выделенные в иерархически организованной классификационной системе, должны быть отнесены к определённым рангам в соответствии с их уровнями общности. *Принцип включённости* подразумевает, что в рамках одного и того же пути иерархизации классификационные единицы более высокого ранга включают в себя классификационные единицы более низких рангов в соответствии с введённым выше условием транзитивности. *Принцип равенства рангов* (эквивалентности) подразумевает, что всем классификационным единицам, которые соответствуют ветвям дерева, расходящимся в одном и том же его узле, присваивается один и тот же ранг; в кладистике такие единицы обозначаются как *сестринские группы*, поэтому данный принцип в ней читается как *равенство рангов сестринских групп*.

Большинство этих принципов было неявно принято первыми систематиками как часть специфической доработки схоластической логической родо-видовой схемы. Таким образом, они изначально оказались наделёнными эпистемическим смыслом, что сделало их универсально применимыми. Их специфические онтические интерпретации (типологическая, филогенетическая и т. д.), формировались позже по мере вызревания соответствующих школ систематики.

Ни конкретная субординация рангов, ни их количество, ни их обозначения (за некоторыми исключениями) не имеют определённого смысла. Этот факт отражает отсутствие какой-либо хорошо разработанной теории ранжирования и является причиной некоторой *ранговой неопределённости* (см. ниже). В истории систематики все эти параметры ранжирования

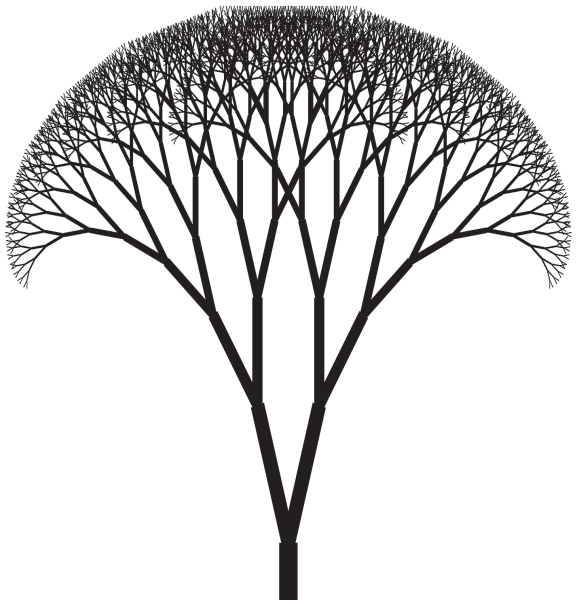


Рис. 3.1. Древовидная съема, иллюстрирующая самоподобие фрактала (из открытого Интернет-ресурса Wikimedia Commons).

изначально были весьма разнообразны, но со временем они были стандартизированы традицией и официально закреплены номенклатурными Кодексами.

Реализация конкретной линейки ранжирования, предусмотренной соответствующим Кодексом (соподчинённость рангов, их обозначения и т. д.), одинакова для всех таксономических систем, основанных на его положениях. Такое её последовательное применение имеет особое значение, поскольку делает классификации упорядоченными единообразно и сопоставимыми в этом отношении. Однако некоторые из выше перечисленных принципов (например, полнота ранжирования) не являются обязательными для применения, так что ни пропуск некоторых кодифицированных, ни добавление некоторых некодифицированных рангов не запрещены (но в некоторых Кодексах предусмотрены исключения, см. Павлинов, 2015). Кроме того, некоторые из этих стандартных принципов могут быть смягчены, если их безусловное применение влечёт за собой некие несоответствия: примером может служить *вырожденная* (degenerate) иерархия, которая означает нарушение буквального применения принципа равенства рангов в кладистике (Wiley, 1979, 1981; Schoch, 1986; Павлинов, 1990, 2005; Stuessy, König, 2008).

Более подробная информация о проблемах и методах таксономического ранжирования приведена в разделе 3.7.

* * *

Одним из примечательных проявлений масштабированной включающей иерархии, рассматриваемой с эпистемической точки зрения, является её *фрактальный* характер. Последнее понятие, ввелённое польско-французским математиком Бенуа Мандельбротом (Benoît Mandelbrot; 1924–2010), означает, что иерархическая фрагментация всей фрактальной системы а) полностью зависит от произвольно (эпистемически) установленных линеек иерархизации, б) поэтому может быть неограниченно дробной и в) порождает включающую иерархию *самоподобных* подсистем (Мандельброт, 2002; Edgar, 2007; Демиденко, 2025). Последнее означает, что структура иерархически упорядоченных подсистем, полученная в результате фрактального масштабирования включающей иерархии, повторяется на всех уровнях данной системы, что обычно обозначается как её *масштабная инвариантность*. Одним из наиболее наглядных примеров фрактала является древовидный граф (рис. 3.1); для нашего рассмотрения это имеет особый смысл, поскольку древовидные графы служат типичными представлениями иерархической структуры классификаций (см. раздел 4.2).

Общая концепция фрактала имеет определённое значение в систематике, поскольку относится к самоподобию структурных единиц, распознаваемых на разных иерархических уровнях биоразнообразия. Согласно названной концепции, как само систематическое разнообразие, так и иерархические классификации в качестве его когнитивных моделей являются фракталами (Гелашвили и др., 2010; Павлинов, 2018; Zander, 2025). Такое свойство классификационных систем наиболее ярко проявляется в так называемых *ранговых распределениях* (см. об этом ниже).

* * *

При рассмотрении структуры многоуровневых иерархий важно учитывать их минимально значимые компоненты. Этот подход в первую очередь фокусируется на *троичных отношениях* внутри системной иерархии, которые формируют её базовую вертикальную триадную структуру, минимальными компонентами которой являются *триады* (триплеты; не в смысле Баранцева, 1983). Предполагается, что такая структура необходима и достаточна для определения междууровневых отношений, наиболее характерных для данной иерархической системы. Это подразумевает, что только три смежных уровня в любой иерархии могут считать мини-

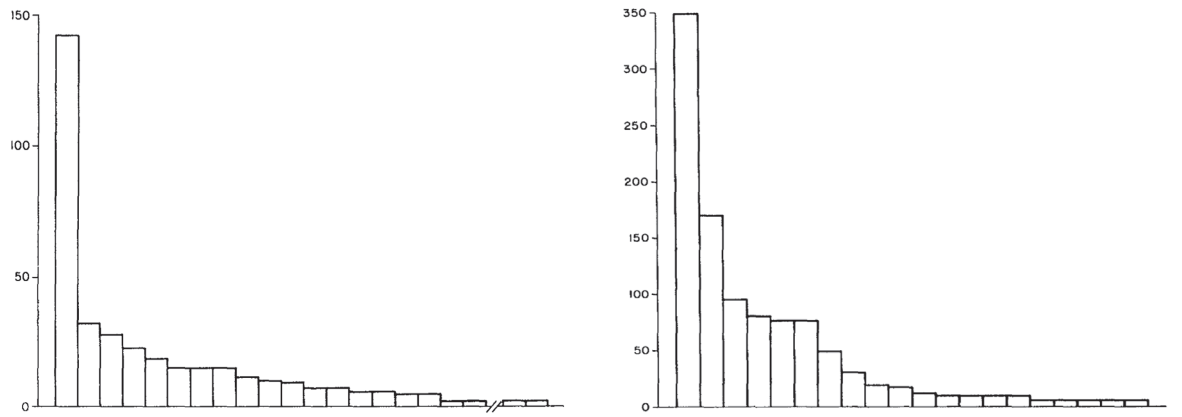


Рис. 3.2. Ранговые распределения, показывающие связь между числом и объёмом отрядов в классе костистых рыб (слева) и семейств в отряде грызунов (справа) (Dial, Matzluff, 1989; с изменениями).

мально осмысленным фрагментом последней, тогда как любой отдельный уровень или даже их пара не могут рассматриваться в качестве значимой компоненты иерархии. В частности, вышеупомянутые гипотезы об иерархиях должны адресовываться именно таким триадам как их минимально осмысленным компонентам. При этом как состав триад, так и их положение в конкретных иерархиях определяются более или менее произвольно в зависимости от конкретных познавательных или иных задач, поэтому в рамках данной иерархии можно выделять различные перекрывающиеся триады.

Существуют две версии полобной триадной структуры иерархий, заслуживающие того, чтобы быть выделенными здесь как наиболее важные для систематики. Одна из них предполагает, что триадная структура классификационной системы формализуется с помощью так называемого *трёхтаксонного утверждения*; это подразумевает возможность разделения всей совокупности таксонов в классификации на триады (триплеты) таксонов/меронов типа (*A* (*B*, *C*)), каждая из которых представляет собой элементарную двухуровневую классификацию (Zimmermann, 1931; Hennig, 1966; Nelson, Platnick, 1981; Wiley, 1981; Павлинов, 2018; Pavlinov, 2021; Rineau, Prin, 2024). Другой вариант триадной структуры подразумевает возможность разложения любой многоуровневой иерархии на триады уровней, каждая из которых включает в себя три смежных уровня (Patten, 1975; Bunge, 1979; Salthe, 1985, 2012; King, 1997; Wu, 2013). Один из них — *фокусный уровень-0*, два других — *уровень+* и *уровень–*, которые расположены выше и ниже (соответственно) относительно *уровня-0*. Первая версия триадности разработана в кладистике, вторая в системологии.

* * *

Одной из наиболее примечательных особенностей многоуровневых включающих иерархий является регулярное численное распределение элементов системы (иерархии) на каждом иерархическом уровне. Среди прикладных математиков оно известно как *степенной закон Ципфа* или *закон Ципфа–Мандельброта*, биологам оно более знакомо как *ранговое распределение*, или *вогнутая кривая*, или *асимметричное распределение*. Оно также именуется в честь персон, которые первыми исследовали его свойства в определённых областях познавательной и практической деятельности человека (Д. Уиллис, Д. Ципф, В. Парето и др.). Иногда его рассматривают как вариант обширного семейства *вероятностных распределений*, но такая интерпретация неверна, поскольку распределения, обобщённые по этому закону, не подразумевают стандартных статистических характеристик, таких как дисперсия и доверительный интервал (Кудрин, 2002; Подлазов, 2009). Соблюдение системой закона Ципфа предложено обозначать как её *ципфовость* (zipfity) (Pavlinov et al., 1995; Павлинов, 2018).

Согласно этому закону, на каждом уровне иерархии размер (объём) единиц данной системы (т. е. количество субъединиц в них) и количество единиц определённого размера связаны обратным соотношением. Это означает, что более объёмные единицы менее многочисленны, чем малообъёмные (рис. 3.2). Когда эти единицы нанесены на график в соответствии с абсолютным значением их объёма (размера), получающееся распределение выглядит как вогнутая кривая; когда эти значения приведены в логарифмическом масштабе, кривая обращается в прямую линию. Особое значение имеет то, что в случае многоуровневых включающих иерархий это

распределение воспроизводится на каждом из их уровней; как было сказано выше, такой повторяющийся характер распределений означает, что соответствующая иерархическая система является фрактальной, а её подсистемы самоподобны (Schroeder, 1991; Турбин, Працевитый, 1992; Гелашвили и др., 2010).

Следует подчеркнуть, что «ранги», градиент которых определяет ось абсцисс такого распределения, не имеют ничего общего с рангами таксономической иерархии. На самом деле ципфовы «ранги» соответствуют конкретным оценкам объёма классификационных единиц. Они устанавливаются более или менее произвольно, чтобы сформировать определённую шкалу ранжирования, по которой распределены эти единицы.

Ранговые распределения имеют очень широкое применение в экологии, лингвистике, информатике, социологии, экономике и т. д. В биологической систематике это распределение было выявлено во многих группах на различных уровнях таксономической иерархии (напр., Sneath, Sokal, 1973; Clayton, 1974; Численко, 1977; Кафанов, Суханов, 1981; Dial, Matzluff, 1989; Minelli, 1993; Поздняков, 2005; Павлинов, 2018; Sigwart, 2022; Zander, 2025). Единицами, распределения которых рассматриваются, могут быть: в экологии — виды с разной численностью, в лингвистике — слова разной длины, в экономике — населённые пункты разного размера, в систематике — таксоны с разным количеством подтаксонов.

Повсеместное распространение «ципфовости» среди сложных иерархических систем самого разного рода, как физических (включая экологические, социальные и т. д.), так и ментальных (когнитивных, лингвистических и т. д.), побуждает учёных обсуждать её природу и возможные причины. Исследования реальных распределений привели к предположению, что названное свойство может быть присуще системам, наделённым некоторой внутренней гармонией (Шрейдер, Шаров, 1982; Дунаев, 1984; Шрейдер, 1996; Поздняков, 2005; Подлазов, 2009). В частности, это могут быть открытые развивающиеся системы, обладающие определённой целостностью и стабильностью. Соответственно, было предложено рассматривать это свойство как специфический показатель естественности таксономических систем (Заренков, 1988; Поздняков, 2005). Однако анализ довольно длинных случайно сгенерированных текстов показал, что они также наделены свойством «ципфовости» (Schroeder, 1991), так что вопрос о его «естественности» и причинах остаётся открытым.

3.5. Нечёткость (неопределённость) иерархий

Классическая натурфилософия трактует как изучаемую Вселенную, так и знания о ней детерминистически и, следовательно, «дискретно», опираясь на бинарную логику с её жёсткой дихотомией «или-или». Это означает, что всякая сущность признаётся либо реальной, либо номинальной, а знание о ней — либо истинным, либо ложным. Однако современная научная картина мира признаёт вероятностную природу как самой Вселенной, так и её когнитивных моделей, что подразумевает их неустранимо нечёткий характер. Развитие этой общей вероятностной идеи привело к разработке *нечёткой логики* (Заде, 1976; Ygaer, Zadeh, 1992) и *вероятностной модели* описательного языка науки (Налимов, 1979) в качестве важных когнитивных инструментов.

Эта специфическая «новая рациональность» чрезвычайно актуальна для современной систематики, поскольку предполагает, что все проявления биоразнообразия, включая его иерархическую структуру, равно как и знания о нём, вероятностные и, следовательно, по своей сути нечёткие. Такое общее понимание иерархий во всех их проявлениях удачно дополняется идеей российско-бельгийского физико-химика Ильи Пригожина (Ilya Prigogine; 1917–2003) о «порядке из хаоса», которая особым образом характеризует динамику сложных неравновесных систем (Николис, Пригожин, 1979).

Согласно этой метафоре, в начале эволюции биологической материи было слабо структурированное разнообразие первичных организмов, а результатом стали многогранные иерархии сложно структурированной биоты. Аналогичным образом можно представить себе развитие знания о биоразнообразии: в начале некие смутные представления о нём, из которых со временем выросли его рациональные когнитивные модели. В терминах (несуществующей) теории иерархии начальная точка такой последовательной структуризации, вероятно, может быть обозначена как *хаотическая* или *полухаотическая* иерархия (Rössler, 1983; Baier, Klein, 1991; Gecow, 2025); это начальное состояние может быть соотнесено с вышеупомянутой плоской иерархией.

Нечёткий характер основных концепций и понятий систематики является достаточно давним, его корни уходят в античную натурфилософию. Нечёткость последней была обусловлена

прежде всего фундаментальным онто-эпистемическим дуализмом категорий рода и вида. Её дополняли две другие его разновидности, более частные и, тем не менее, очень важные, а именно, иерархический родо-видовой и аспектный таксоно-мерономический дуализмы.

Концептуальная история биологической систематики позволила ей «преодолеть» все эти формы дуализма к XIX в., «почти-разложив» каждый из них на соответствующие относительно автономные компоненты. Однако онто-эпистемический дуализм возродился во второй половине XX в. благодаря неклассической (в основном концептуальной) философии науки. В современной систематике это подразумевает «официальное» признание нечёткого, нестрогого характера концепций и понятий, с помощью которых определяется и исследуется биоразнообразие и все его проявления и составляющие, включая иерархию. Всё это делает познавательную ситуацию систематики нечёткой на всех уровнях — от разработки её базовой онто-эпистемической конфигурации до конкретных классификационных систем.

Фундаментально нечёткий характер основных понятий систематики начинается с того, что горизонтальная «почти-разложимость» биоразнообразия не может быть осуществлена однозначно таким образом, чтобы совершенно определённо отграничить систематическое разнообразие от других его аспектов (Павлинов, 2018). Действительно, биосистематический и экоморфологический подходы, а также идея всеобъемлющих таксономических систем, основанных на «всех и всяческих» классифицирующих признаках, включая некоторые экологические (Simpson, 1961; Blackwelder, 1967; Stuessy, 2008), — всё это приводит к частичному перекрыванию глобальных систематических и экологических иерархических структур. Разработка классификаций, основанных на отдельных анатомических или молекулярных структурах, таких как пыльцевые зёрна или мтДНК, делает их не столько таксономическими, сколько мерономическими. Классификации лишайников, которые обычно рассматриваются как таксономические, в определённой степени являются синтаксономическими, что обусловлено сложной структурой этих составных организмов (см. выше о «бретскианской» иерархии). Искомая строгость определения таксономической иерархии может быть достигнута только путем её максимальной редукции до некоего наиболее строго определяемого частного аспекта, что особенно характерно для кладистики. Но в таком случае, из-за эффекта обратной зависимости между строгостью и осмысленностью понятий, слишком строго очерченная иерархия из-за своей искусственности может оказаться чем-то вроде «сферического коня в вакууме» (см. раздел 2.6).

Рассматривая концептуальные иерархии в таком ключе, следует различать два аспекта их нечёткости, *вертикальный* и *горизонтальный*: оба подразумевают невозможность строгого разграничения понятий/концепций с близкими значениями. В первом случае это означает, что в рамках одного и того же каскада путей редукции вряд ли возможно однозначно разграничить какие-либо две концепции смежных уровней общности из-за их нечётких определений. Во втором случае имеются в виду концепции, выделенные на одном и том же уровне общности в «параллельных» путях редукции. Такие нечёткие эффекты несомненно проявляются в случае понятий, с помощью которых описываются таксономические иерархии. «Вертикальный» аспект представлен так называемым *вопросом о виде* (species question), который обусловлен нечёткостью «околовидовых» категорий, а «горизонтальный» аспект — нечётким разграничением голо- и парафилетических групп в кладистике. Во всех подобных случаях эти эффекты усиливаются по мере того, как соответствующие понятия, очерчивающие объекты исследования, становятся более фрагментированными, что вообще характерно для современной систематики.

Нечёткий характер познавательной ситуации в систематике делает привлекательным понятие *неопределённости*, которое следует применять в дополнение к нечёткости. Первоначально оно было введено в ядерной физике, а впоследствии получило признание в качестве смыслового ядра эпистемического *принципа неопределённости*, имеющего весьма общее значение (Кураев, Лазарев, 1988).

В случае ядерной физики его наиболее известным проявлением, особо интересным для нас, является интерпретация связи между предполагаемым реальным «поведением» элементарных частиц и их представлениями с помощью соответствующих математических моделей. Эти частицы, которые в то же время являются волнами, а также и не-частицами и не-волнами, считаются элементами объективного физического мира, но они «размазаны» по этому невообразимо странному «миру» из-за своего корпускулярно-волнового дуализма, что делает и их «облик», и их фактическое положение в микропространстве весьма неопределёнными. Эти элементы конкретизируются (актуализируются) как некие ква-

зидискретные объекты исследования благодаря специфическим когнитивным операциям (экспериментам) и репрезентационным моделям в виде конкретных решений уравнения Шрёдингера (Hilgevoord, Uffink, 2016).

Сразу же возникает следующий резонный вопрос: какое отношение все эти неопределённые существования и рассмотрения объектов микрофизики могут иметь к проблеме иерархий, с которыми имеет дело систематика? Чтобы в каком-то приближении ответить на него, достаточно просто представить себе, что изучаемые этой дисциплиной частные иерархии и уровни иерархии предположительно существуют неким неочевидным «размытым» образом в общей структуре биоразнообразия. Согласно основным положениям концептуализма, для того чтобы такие специфические «сущности Шрёдингера» были явно индивидуализированы (очерчены) в качестве объектов исследования, к биоразнообразию должна быть применена определённая познавательная деятельность субъектов. Сначала эти сущности актуализируются теоретически с помощью определённых концепций, разработанных в качестве специфических когнитивных моделей соответствующих проявлений общего разнообразия. После этого они эмпирически конкретизируются посредством иерархического структурирования конкретных классификационных систем в качестве когнитивных моделей отдельных фрагментов изучаемого разнообразия. При этом предполагается, что такие модели должны соответствовать начальным (заданным онтическими допущениями), граничным (заданным эпистемическими инструментами), а также конечным (субъектно мотивированным целям познавательной деятельности) условиям таксономических исследований. В результате, получая неким образом иерархизованную таксономическую систему, мы можем рассчитывать на то, что объектная компонента вносит свой вклад в неё в виде некоторого диапазона возможных вариантов её иерархической упорядоченности, тогда как субъектная компонента вносит свой вклад в последнюю, осуществляя определённый выбор из возможных вариантов.

В конечном счёте приходится признать, что некоторый уровень неопределённости (нечёткости) всегда присутствует в сложных системах, как материальных, так и ментальных, с которыми имеет дело систематика. В частности, он делает тщетными и непродуктивными бесконечные споры о субъективной или объективной природе их иерархической структуры. Это общее заключение верно в отношении конкретных классификаций, включая разграничение «соседних» ранговых категорий и таксонов, а также определение точного положения последних в ранговой или безранговой иерархии.

* * *

В целом нечёткий характер классификаций и их иерархий, рассматриваемый в биологической систематике на эмпирическом уровне, обозначается как *таксономическая неопределённость* (Sneath, Sokal, 1973; Заренков, 1988; Павлинов, 2018; Pavlinov, 2021). Понятие *филогенетической неопределённости* отражает нечёткий характер филогенетических гипотез, которые репрезентируются с помощью вероятностных деревьев (Павлинов, 1990, 2005; Lee, 1998; Huelsenbeck et al., 2000; Rangel et al., 2015; Willis, Bell, 2018). В обоих случаях следует различать два аспекта неопределённости — глобальный и локальный.

Её *глобальный* аспект связан с различиями между конкретными классификационными системами, которые проистекают из двух основных источников — онтического и эпистемического. Первый из них обусловлен разнообразием частных аспектных таксономических теорий, которые задают специфические концептуальные рамки для разработки конкретных классификаций; это подразумевает, что различные онтические модели влекут за собой различные классификации для одних и тех же групп организмов. Такая неопределённость онтического характера имеет глубокий биологический смысл: типологические, классические филогенетические, кладистические, биоморфологические и т. п. классификации фиксируют специфические аспекты сложно структурированного систематического разнообразия. Поэтому их множественность — это не «когнитивный шум», а отражение сложной многоаспектной структуры биоразнообразия. Аналогичным образом А. Шаталкин (2012) предложил разграничивать анагенетические и кладогенетические иерархии для эволюционно интерпретированных таксономических систем. В кладистике специфическую неопределённость вносит двойственная интерпретация узлов в кладограмме — как соответствия предковым видам или моментам разделения филетических линий (Hull, 1988; Rieppel, 2006, 2010).

Значительную долю глобальной таксономической неопределённости составляет общая *неопределённость иерархизации*, что означает

невозможность средствами таксономической системы адекватно представить иерархическую структуру какого-либо конкретного аспекта или фрагмента систематического разнообразия (Заренков, 1988; Павлинов, 2015, 2018). Эта специфическая неопределённость также многогранна, начиная с отсутствия хорошо разработанной теории иерархии и заканчивая отсутствием надёжных критериев ранжирования таксономической иерархии.

Онтическая компонента глобальной таксономической неопределённости косвенно регулируется так называемым *принципом NP-полноты* (упомянут в разделе 2.1). Его эффект обусловлен тем, что многоаспектный фрагмент систематического разнообразия может быть представлен несколькими когнитивными моделями, каждая из которых отражает его специфический аспект (*принцип множественности моделей*, см. Massey, 1999). В систематике эти модели представляют собой классификационные системы, которые могут быть одинаково «естественными» в соответствии с некоторыми нестрого заданными критериями естественности, что делает их одинаково правдоподобными и допустимыми. Этот вопрос специально рассмотрел Джордж Симпсон в книге *Principles of animal taxonomy*, хотя и без подобных формализмов: он предложил, чтобы эволюционные классификации были просто *совместимы* (consistent) с филогенетическими схемами, которые они призваны представлять (Simpson, 1961). Кладисты предложили редуцировать сложно структурированный многоаспектный эволюционный процесс к кладистическим отношениям для того, чтобы свести к минимуму потенциальную неопределённость представляющих его таксономических систем (Rieppel, 2016; Павлинов, 2018; Pavlinov, 2021).

Эпистемический источник глобальной таксономической неопределённости включает разнообразие применяемых классификационных методов (Sneath, Sokal, 1973). Последние разрабатываются в рамках конкретных аксиоматических систем, каждый метод является «локально» точным только по отношению к лежащим в его основе формализмам, при этом различные методы не могут быть обобщены каким-либо более общим подходом, который был бы таким же точным, как «локальные» (Williams, Dale, 1965; Moss, Hendrickson, 1973; Шаталкин, 1983; Павлинов, 2018). Это неизбежно приводит к непреодолимому разнообразию классификаций, основанных на различных методах. Их множественность может быть «технически» устранена путём разработки *согласованных* (consensus) классификационных систем, основанных на идее *таксономической конгруэнтности* (Mickevich, 1978; Rohlf et al., 1983; Crisci, 1984). Но этот подход, если рассматривать его вероятностно, приводит к тому, что суммарная неопределённость в согласованных классификациях выше, чем в каждой из исходных.Так называемые *организационные классификации*, каким-то образом объединяющие результаты филогенетической и фенетической иерархизаций (McKelvey, 1982), по-видимому, страдают этим же недостатком.

Локальный аспект неопределённости иерархизации проявляется в нечётком характере конкретных классификационных систем, который может быть вызван различными причинами (Павлинов, 2018). С одной стороны, не следует забывать, что каждая такая система является вероятностной гипотезой о структуре конкретного фрагмента систематического разнообразия, и её неопределённость отрицательно коррелирует с её правдоподобием. Последнее во многом зависит от исходной исследовательской выборки, которая служит единственным источником информации для таксономических классификаций, поэтому уровень таксономической неопределённости изначально определяется неполнотой информации в выборке. Этот аспект также включает многоликую *ранговую неопределённость*, которая активно обсуждается в современной систематике (см. раздел 3.7). С другой стороны, это связано с *неполным таксон-признаковым соответствием*, что затрудняет однозначное разграничение таксонов. В отношении далее рассматриваемой итеративной процедуры классифицирования можно сказать, что она начинается с более высокого и завершается более низким уровнем нечёткости (неопределённости), содержащейся в классификационных системах. Эта процедура включает более строгую мерономическую иерархизацию, основанную на последовательном взвешивании признаков; но при этом итоговая таксономическая иерархия не может стать более чёткой, чем предполагается исходной мерономической иерархией.

Нечёткий характер эволюционных классификационных систем зависит также от некоторых онто-эпистемических допущений и ограничений, которые лежат в их основе. Они влекут за собой *неопределённость соотношения родства и сходства*, что означает невозможность однозначного вывода о родстве из сходства. Эта

специфическая неопределённость проявляется как на формальном, так и на содержательном уровнях. В первом случае это вызвано несоответствием некоторых формальных свойств двух названных форм отношений: родство является транзитивным, в то время как сходство — нет (Dress, von Haeseler, 1990). Во втором случае это вытекает из известной «формулы»: не всякое сходство свидетельствует о родстве.

Последней «формуле» уделяется особое внимание в кладистике, которая акцентирует внимание на кладогенетической компоненте филогенеза и сводит к минимуму его анагенетическую компоненту. Из-за этого параллельная эволюция классифицирующих признаков рассматривается как своего рода «филогенетический шум», который мешает точной идентификации паттернов кладистического ветвления (Wiley, 1979, 1981; Haszprunar, 1986; Ax, 1987; Boger, 1989; Meier and Richter, 1992). Этот «шум» во многих случаях затрудняет однозначное различение голофилетических и парафилетических групп, что приводит к их довольно сложной терминологии. Следовательно, кладистические классификации всегда содержат некоторый уровень филогенетической неопределённости, вызванной во многом неустранимым эффектом эволюционных параллелизмов. Она дополняется специфической *кладистической неопределённостью*, которая также формируется невозможностью строгого очерчивания голофилетических групп и возрастает от вершин к основанию кладограммы вслед за снижением в этом же направлении доли надёжных синапоморфий в общем сходстве (Павлинов, 1990, 2005).

* * *

Такое достаточно новое нечёткое рассмотрение иерархий, изучаемых систематикой, может показаться «экзотичным» и отчасти сложным для осознания, но оно значительно упрощается на операциональном уровне. Это достигается за счёт более привычной вероятностной интерпретации иерархической структуры как самого систематического разнообразия, так и представляющих его классификационных систем. Учитывая древовидное представление последних (см. раздел 4.2), вероятностные интерпретации их иерархий удобно рассматривать в терминах *вероятностных деревьев*. Их трактовка в качестве *деревьев принятия решений* (Azad et al., 2022) наглядно иллюстрирует вероятностные оценки истинностного статуса суждений об иерархическом распределении таксонов в этих системах. Такой взгляд на нечёткость иерархий выглядит весьма продуктивным, поскольку вероятностные деревья являются универсальными конструкциями, а не-вероятностные — это просто их «огрублённые» варианты с вероятностями, округлёнными до 0 или 1.

Одна из таких интерпретаций включает указание вероятностей, приписываемых рёбрам дерева, которые соединяют «родительские» вершины (узлы) с их многочисленными «дочерними» вершинами. С точки зрения понимания системы как развивающейся сущности, такое дерево представляет модель возможных переходов между её состояниями. В случае биологической эволюции её вероятностная интерпретация приводит к получению филогенетических деревьев для конкретных групп организмов с оценками вероятностей, относящихся к фактическим и потенциальным филетическим линиям; такие вероятностные деревья очерчивают своего рода «*эволюционные конусы*» для этих групп (Павлинов, 1992, 2005). Другой важный вид вероятностной интерпретации дерева включает указание вероятностей, приписываемых его вершинам (узлам). Эти вероятности указывают на надёжность разграничения групп, корни которых соответствуют «родительским» вершинам, что в случае филогенетических классификаций означает надёжность определения таких групп как монофилетических. Соответственно, в случае вышеупомянутого супердерева его вероятностная оценка указывает степень подобия исходных классификаций.

3.6. Иерархизация классификационных систем

Фундаментальные задачи биологической систематики включают а) выявление и исследование иерархической структуры систематического разнообразия и б) разработку классификационных систем в качестве его специфических когнитивных моделей. Как выявление природных иерархических структур, так и их представление в виде иерархически упорядоченных классификаций здесь единообразно обозначаются как их *иерархизация*. Последняя направлена на вертикальное упорядочение сетевых связей между составляющими системы в соответствии с определённой *шкалой близости* (affinty; сходства или родства), подразумеваемой конкретным сценарием иерархизации. Эта операция включает распознавание уровней иерархии и упорядочивание их таким образом, чтобы базовый уровень соответствовал минимальной близости, а другие уровни последовательно

располагались в соответствии с возрастающей близостью.

Эта специфическая исследовательская работа начинается с надлежащей концептуализации основного понятия иерархизации, что является непростой задачей. Прежде всего, следует чётко осознавать, что любые концептуальные суждения, касающиеся иерархий, не являются «абсолютными», а зависят от контекстов, которые формируются базовой онто-эпистемологией, и по этой причине многочисленны. Действительно, если понятия пространства и времени, рассматриваемые с философской точки зрения, допускают различные контекстно-зависимые интерпретации (напр., van Fraassen, 1970; Friedman, 1983; Levich, 2009; и др.), то почему ситуация с иерархией и иерархизацией должна быть иной?

Соответственно, вопрос концептуализации иерархий, чтобы сделать его более чётким и прозрачным, должен начинаться с формулирования базовых онто-эпистемических допущений; эта важная часть рассматриваемого вопроса была обсуждена в общих чертах в главе 2. На этом этапе различаются два основных подхода к иерархизации — *трансформационный* и *стационарный*: первый относится к процессам, порождающим иерархии (напр., эволюция), второй подразумевает структурные отношения как таковые (Riedl, 1978; Rieppel, 1988; Wood, 1994). Следующий шаг включает разработку *принципов иерархизации*, которые являются *общими* и *частными* (см. раздел 3.1). Общие принципы рассматривают общую структуру систематического разнообразия, включая соотношение его иерархических и неиерархических компонент, общие свойства его топологии (такие как направленность) и т. д. Как видно, эта фундаментальная часть работы имеет дело с онтической компонентой познавательной ситуации, исходные допущения которой имеют статус квазиаксиом (об эволюции, аспектном характере систематического разнообразия, его горизонтальной и вертикальной «почти-разложимости» и т. д.) или презумпций (о причинах и частных свойствах этого разнообразия). Эпистемическое рассмотрение начинается с формулирования *критериев естественности* классификационных систем, основанных на разработанных онтических моделях частных иерархий, которые должны быть представлены этими системами. Частные принципы иерархизации содержат более конкретные предложения относительно того, что (онтология) и как (эпистемология) должно быть исследовано для получения искомых классификационных систем.

В методологической части иерархизации классификационных систем ключевое значение имеет осознание того, что единственной эмпирической основой для этой работы служит исследовательская выборка экземпляров с их признаками. Такая выборка рассматривается как специфическая *операциональная модель* изучаемого фрагмента систематического разнообразия, экземпляры рассматриваются как носители классифицирующих признаков, а последние представляют собой основной источник информации для суждений об отношениях между элементами исследуемого разнообразия (Павлинов, 2018). Это делает мерономические иерархии, в которые упорядочены признаки, первичными по отношению к таксономическим. Соответственно, наиболее существенная и методологически сложная задача (она же проблема) иерархизации таксономических систем заключается в а) фиксации некоторого аспекта мерономического разнообразия, наиболее значимого с точки зрения заданного критерия естественности, б) адекватной репрезентации этого аспекта некоторой совокупностью классифицирующих признаков, в) извлечении нужной информации, содержащейся в этих признаках, и г) её «переводе» в информацию, содержащуюся в таксономических системах, разработанных на основе их изучения.

Важным эпистемическим средством решения указанной проблемы является *принцип таксоно-мерономического соответствия*, который служит своего рода «концептуальным мостом» между этими двумя базовыми аспектами систематического разнообразия и формализован на операциональном уровне как *таксоно-признаковое соответствие* (Павлинов, 2011а, 2018; Pavlinov, 2021). Названный принцип связывает между собой суждения о структурах таксономических и мерономических аспектов систематического разнообразия, включая их иерархическую упорядоченность. Формально говоря, он устанавливает логические связи между экстенсиональными (состав, иерархизация) и интенсиональными (признаки) характеристиками таксонов в классификации. Одно из следствий этого соответствия — особый *принцип запрета*, который в своём мерономическом приложении подразумевает некие «запреты» на биологически невозможные комбинации классифицирующих признаков (Старк, 1966; Заварзин, 1969, 1974; Заренков, 1976, 1988). По

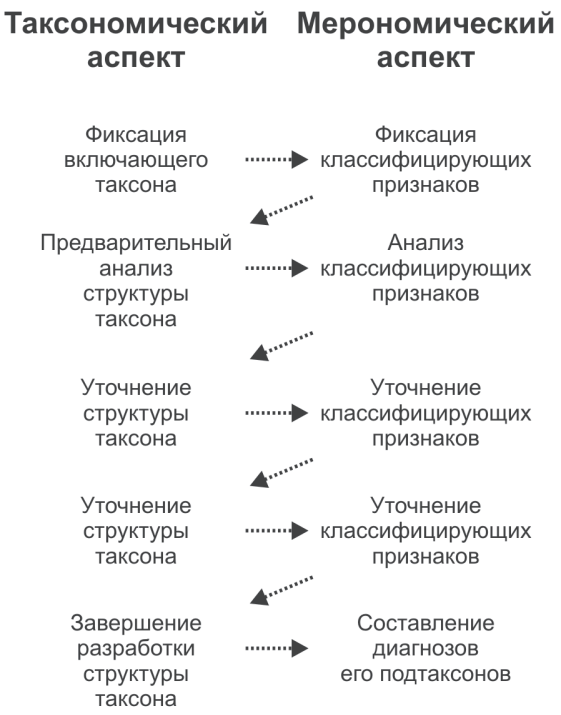


Рис. 3.3. Итеративная процедура разработки таксономической системы. Пояснения в тексте.

мнению отечественного микробиолога Георгия Александровича Заварзина (1933–2011), такие «запреты» обусловливают лакуны в потенциально непрерывных морфопространствах и позволяют очерчивать границы между равноуровневыми таксонами в классификациях (*op. cit.*).

Применение принципа таксоно-мерономического соответствия сталкивается с хорошо известной проблемой *неконгруэнтности* признаков, о которой знал уже Аристотель (Sloan, 1972; Lennox, 2021) и которую недавно было предложено признать в качестве отдельного таксономического принципа (Crowson, 1970). Это означает, что разные некоррелированные признаки приводят к различным группировкам одних и тех же организмов в таксоны, этот факт подчёркивал С. Мейен в форме *таксон-признакового несоответствия* (Мейен, 1978; Любарский, 1996). Такая негативная акцентуация, если её принимать «абсолютно», приводит к логической невозможности разработки биологически значимых таксономических систем (Беклемишев, 1994; Поздняков, 2007), поэтому представляется более разумным говорить о *нестрогом таксоно-признаковом соответствии* (Павлинов, 2018; Pavlinov, 2021), что влечёт за собой *политетическое* определение таксонов.

Онтической основой этого соответствия является такая общая модель, которая предполагает регулирование базовых аспектов систематического разнообразия и их иерархий (почти) одним и тем же набором причин (формальных, материальных, начальных и т. д.). Согласно *принципу общей причины* (Sober, 1988; Hofer-Szabó et al., 2013), допущение об их общей причинно-следственной основе делает эти иерархии предположительно более или менее согласованными, соответственно чему их структуры взаимоподобны, хотя, конечно, не полностью. Эта презумпция служит необходимым обоснованием для разработки эпистемических правил вывода таксономических иерархий из мерономических, при условии, что последние адекватно представлены признаками в исследовательской выборке. Например, в филогенетике такое обоснование формализуется *презумпцией подобия кладо- и семогенеза*, неформально разработанной В. Циммерманом (Zimmermann, 1931, 1934) и полностью принятой в кладистике (Павлинов, 1990, 2005).

Согласно условиям принципа таксоно-мерономического соответствия, иерархизация таксономической системы осуществляется на основе специфической итеративной процедуры *последовательного приближения*, которая довольно популярна в качестве метода анализа данных. Она неявно присутствует во всех таксономических исследованиях, направленных на разработку классификационных систем, в которых таксономические и мерономические рассмотрения систематического разнообразия чередуются в рамках единой процедуры иерархизации. Более формально эту процедуру можно представить как последовательное изменение предшествований «таксон ⇒ признак» и «признак ⇒ таксон».

Данную процедуру можно кратко изложить следующим образом (рис. 3.3). Сначала в качестве объекта исследования очерчивается некоторый фрагмент таксономического разнообразия (группа организмов), что составляет таксономический аспект рассмотрения, за которым следует фиксация конкретных классифицирующих признаков (мерономический аспект). Анализ признаков включает их отбор, взвешивание, поляризацию и т. д., чтобы структура их выборки максимально соответствовала критерию естественности искомой классификационной системы. На следующем шаге итерации разработанная мерономическая (признаковая) система служит основой для предварительного интенсионального определения таксонов в изучаемой группе, что позволяет определить их экстенсиональные параметры (состав, уровни общности и т. д.). Следующий шаг итерации снова включает рассмотрение интенсионала

этой группы (уточнение признаков), за которым следует дальнейшее рассмотрение её экстенсионала (уточнение состава подтаксонов). Вся итеративная процедура протекает как последовательная оптимизация разрабатываемой классификационной системы как в таксономическом, так и в мерономическом аспектах. Предполагается, что на каждом этапе итерации её обновленная иерархическая структура становится а) более определённой и б) более соответствующей подразумеваемому критерию естественности. В соответствии с уже упоминавшимся методологическим *принципом конвергенции* (Young, 1971), эта процедура продолжается до тех пор, пока не будет достигнута некоторая устойчивость классификационной системы. Она свидетельствует о том, что достигнута максимально возможная точность общей структуры этой системы для данного набора признаков и применяемого алгоритма классифицирования.

Важным моментом такой процедуры является то, что она охватывает все таксоны и признаки в рамках разрабатываемой классификации, что делает итеративную процедуру *динамической*. Это означает, что изменения трактовки любого таксона и/или признака на некотором уровне общности могут повлечь за собой соответствующие изменения в некоторых других таксонах и/или признаках на том же или нескольких смежных уровнях. Таков один из эффектов таксоно-признакового соответствия, применённого к сложно организованной классификационной системе.

Таксономическая иерархизация может быть *прямой* или *косвенной* в зависимости от исходного таксоно-признакового предшествования, что особенно характерно для нумерической филетики (Weston, 1988; Павлинов, 1990, 2005, 2018). В первом случае, который наиболее обычен для систематических исследований, сначала анализируются классифицирующие признаки, включая их взвешивание и поляризацию, после чего определяется иерархия таксонов в соответствии с результатами анализа признаков. Во втором случае в анализ изначально включаются минимально упорядоченные (равновзвешенные и неполяризованные) признаки, что приводит к одноуровневой таксономической иерархии, представленной ненаправленным деревом. Последнее затем преобразуется в упорядоченное (направленное) дерево с максимально возможной (для данного этапа) многоуровневой таксономической иерархией за счёт фиксации приоритетного узла на дереве со ссылкой на так

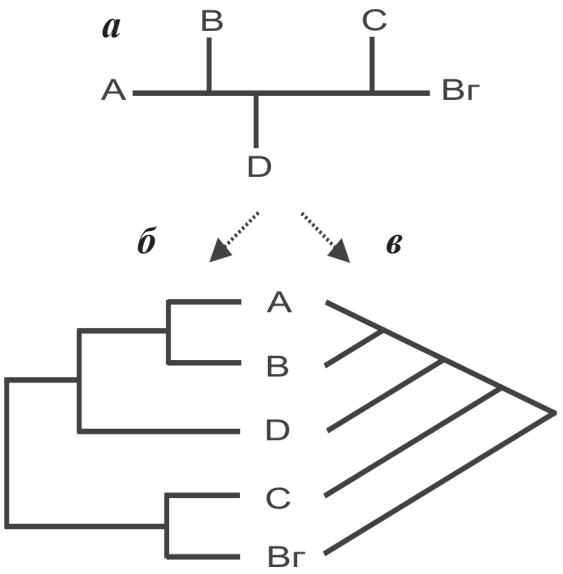


Рис. 3.4. Преобразования ненаправленного дерева (*а*) в направленное в фенетике (*б*) и кладистике (*в*). A–D — элементы исследуемой группы, Вг — внешняя группа. Пояснения в тексте.

называемую *внешнюю группу*: этот узел интерпретируется как корень дерева, указывающий на начальное кладистическое событие в истории исследуемой группы (Wiley, 1981; Farris, 1982, 1983; Павлинов, 1990, 2005, 2018). На следующем этапе становится возможной поляризация признаков в контексте выявленной таксономической иерархии, что делает возможным уточнение мерономической иерархии.

Способы преобразования ненаправленного дерева (сети) в направленное (укоренённое) различны в фенетике и кладистике (рис. 3.4). В первом случае самый высокий уровень направленного дерева (фенограммы) определяется линейкой сходства, которая указывает уровень минимального сходства независимо от положения внешней группы. Во втором случае самый высокий уровень направленного дерева (кладограммы) определяется линейкой родства в соответствии с положением внешней группы: последняя указывает корень дерева, соответствующий минимальному уровню родства. Следовательно, предложение фенетиков использовать фенограмму в качестве оценки (в статистическом смысле) филогенеза (Colless, 1970; McNeill, 1982) несостоятельно. Вместе с тем, такая «оценка» часто применяется в молекулярно-филогенетических исследованиях, основанных на алгоритме ближайшего соседа (Nei, Kumar, 2000; Felsenstein, 2004).

* * *

Как следует из предшествующего обсуждения, принцип таксоно-мерономического (таксоно-признакового) соответствия, реализуемый прямым алгоритмом, предполагает в первую очередь иерархизацию классифицирующих признаков. Названный принцип предполагает, что упо-

рядоченность модальностей в каждом признаке соответствует упорядоченности по крайней мере некоторых уровней в таксономической иерархии. Далее, предполагается, что упорядоченности разных частично взаимно совместимых признаков соответствуют разным фрагментам таксономической иерархии. На этом основании делается важнейшее предположение: для некоторой группы организмов выборка из нескольких частично совместимых и должным образом упорядоченных признаков предоставляет возможность для более полного раскрытия всей последовательности уровней иерархии искомой таксономической системы.

Данная общая схема аргументации, а вместе с нею реализация принципа таксоно-признакового соответствия, наталкивается на проблему множественности способов выявления специфических вариантов таксономического и мерономического аспектов систематического разнообразия. Это влечёт за собой множественность способов вычленения таксономических иерархий и классифицирующих признаков, соответственно. Первые относятся к специфическим взаимосвязям между организмами, которые могут быть сходными, родственными, экологическими и т. д.: из них в качестве руководящего параметра иерархизации должен быть выбран какой-то один, наиболее соответствующий определённому критерию естественности. Такой параметр служит основой для отбора и упорядочения классифицирующих признаков, чтобы на их основе сформировать соответствующую мерономическую иерархию. Общие положения, касающиеся их отбора и упорядоченности, обобщает *принцип неэквивалентности признаков*, который подразумевает оценку и категоризацию классифицирующих признаков с учётом их важности (вклада) для построения искомых таксономических иерархий.

Соответствующее упорядочение выборки признаков (их отбор, оценка и т. д.) в биологической систематике традиционно обозначается как их *взвешивание*, о котором уже говорилось выше. Оно осуществляется на основе реализации *принципов взвешивания* и применения предполагаемых ими конкретных *критериев взвешивания*; их можно рассматривать как принципы и критерии *оптимизации признаков*. Как сказано выше, они разрабатываются на основе исходных критериев естественности классификационных систем и приводят к определённым *функциям взвешивания*. Последние формируют конкретные *шкалы взвешивания* и присваивают классифицирующим признакам определённые *веса*. Вся процедура взвешивания нагружена как концептуально (базовыми онто-эпистемическими соображениями), так и прагматически (исследовательскими задачами), поэтому все эти принципы, критерии, функции и т. д. контекстно зависимы и, следовательно, относительны.

Вообще говоря, взвешивание признаков является одним из наиболее важных условий наполнения таксоно-мерономического соответствия конкретным содержанием. Принципов и критериев взвешивания довольно много, их корректное упорядочение формирует ещё одну важную концептуальную иерархию, лежащую в основе любого таксономического исследования. Они играют существенную роль в операционализации эпистемической компоненты познавательной ситуации в систематике и в таком качестве составляют значительную часть правил вывода всякой хорошо проработанной аспектно-ориентированной частной таксономической теории (ЧТТ). Принимая во внимание, что ЧТТ разрабатывается как специфическая квазиаксиоматическая система с учётом требований *принципа конструктивности* (см. раздел 2.3), все принципы и критерии взвешивания должны быть чётко сформулированы, даже если они выглядят самоочевидными. Далее приведён их самый краткий обзор (подробнее см.: Павлинов, 2018).

Парный принцип, вероятно, наиболее общего значения, вытекающий из базовых представлений об исследуемом разнообразии организмов, предписывает либо *элементаристский*, либо *холистический* подход к оценке признаков. Первый из них рассматривает мерономическую иерархию на уровне отдельных признаков и конкретных критериев взвешивания для них, он наиболее распространён в систематике. Холистический подход подразумевает, что мерономической иерархизации должен подвергаться весь обобщённый организм (его архетип, план строения и т. д.), в то время как операции с отдельными признаками отвергаются как редукционистские. Этот подход является группо-специфичным в той мере, в какой таковыми являются архетипы (планы строения), он в основном характерен для типологии, в том числе её филогенетически интерпретированной версии.

Согласно другому, более практическому парному принципу, взвешивание признаков может быть либо *дифференциальным*, либо *эквивалентным*. Первое подразумевает, что разным классифицирующим признакам присваиваются

разные веса, это наиболее характерно для классических разделов биологической систематики. Дифференциальное взвешивание может рассматриваться как онтическое, если оно относится к собственно параметрам иерархизации; или как эпистемическое, если акцентируется диагностическая значимость признаков; или как смешанное онто-эпистемическое. Аристотелево различение сущностных и случайных свойств (*essentiae* и *accidentiae*) исторически предшествовало всем онтически обосновываемых критериям, которые апеллируют к свойствам организмов. Его линнеевская версия подразумевала различение *естественных* (значимых) и *искусственных* (незначимых) признаков. Различение гомологичных и аналогичных признаков предусматривает их взвешивание смешанного онто-эпистемического типа. Общее основание для эквивалентного взвешивания было заявлено отечественным зоологом Евгением Сергеевичем Смирновым (1898–1977) в статье «О строении систематически категорий»: «догматическое предпочтение одних признаков другим должно быть признано ненаучным» (Смирнов, 1923, с. 387). Согласно этому, все признаки следует включать в таксономический анализ с равными весами, этот подход в фенетической систематике обычно отождествляется с *отсутствием взвешивания* признаков. Однако последняя трактовка ошибочна, поскольку на самом деле в школах нумерической систематики (фенетика и близкая к ней филетика) применяется взвешивание в количественной форме (см. далее).

Отдельные классифицирующие признаки или их совокупности могут быть оценены либо *качественно* (по существу), либо *количественно* (формально). Первый подход предполагает их дифференцированную оценку, основанную на тщательном содержательном анализе соответствующих атрибутов (меронов) организмов. Такой анализ изначально основан на эссенциалистском мировоззрении, его практиковали идеологи схоластической и некоторых постсхоластических школ систематики, склонные к типологическому мышлению (см. также ниже). Количественное взвешивание подразумевает эквивалентную оценку отдельных признаков, но подчёркивает их положительный суммарный эффект. Фенетики формализуют последнее в форме концепции *всеобщего сходства*, согласно которой, грубо говоря, «чем больше признаков, тем лучше» (Cain, Harrison, 1958; Sokal, Sneath, 1963; Sneath, Sokal, 1973); некоторые кладисты апеллируют при этом к *принципу полного подтверждения* (total evidence) (Eernisse, Kluge, 1993; Kluge, 1998; Rieppel, 2005, 2009b). «Умеренный» вариант количественного эквивалентного взвешивания формализован *принципом совместимости* (congruence) *признаков*, утверждающим, что максимизировать следует не общую совокупность признаков, а набор наиболее взаимно совместимых. Впервые он был применён М. Адансоном в упомянутом выше тактакте *Familles des plantes* (1763 г.), в настоящее время иногда используется в кладистике (Estabrook, 1972; Kitching et al., 1998).

Дифференциальное взвешивание признаков может быть *априорным* или *апостериорным*: оно предшествует разработке таксономической системы или проводится после неё. Если проследить эту дихотомию к истокам систематики, его предтечу можно увидеть в том, как К. Линней определял альтернативные варианты таксон-признакового предшествования: либо «признак даёт группу», либо «группа даёт признак». Априорный подход характерен для всех традиционных школ систематики, а также для значительной части кладистики. Апостериорная процедура включает выбор конкретных диагностических признаков по завершении выделения таксонов на основе всеобщего сходства. В нумерической филетике есть промежуточный вариант итеративного взвешивания признаков в ходе таксономического анализа, известный как *последовательное* (successive) *взвешивание* как часть косвенной иерархизации (Farris, 1969; Павлинов, 1990, 2005; Carpenter, 1994). Подобный подход, который реализуется также с помощью новейшего *байесовского* алгоритма (Felsenstein, 2004; Nylander et al., 2004; Bolstad, 2007; Chen et al., 2014), делает процедуру взвешивания динамической, а веса, приписываемые признакам, итеративно корректируемыми.

В классификационных подходах, которые используют априорную качественную дифференциальную оценку признаков, большое внимание уделяется биологически осмысленному обоснованию критериев взвешивания. Они весьма специфичны для разных школ систематики и на этом основании могут рассматриваться как «диагностические признаки» последних. Наиболее значимые из этих критериев можно резюмировать следующим образом.

В некоторых школах систематики, особенно ранних, первостепенное значение имеет критерий *жизненной значимости*. Согласно этому, чем выше предполагаемая роль свойств организмов в их жизнедеятельности, тем более зна-

чимы соответствующие им классифицирующие признаки. Данный критерий имеет два основных значения: *функциональное* и *структурное*. В первом случае, наиболее близком к эссенциализму Аристотелевого толка (некоторые схоластические и ранние пост-схоластические школы, биоморфика и т. д.), жизненность отождествляется с функциональной значимостью, которая определяется по-разному разными авторами. Во втором случае, характерном для типологии, она рассматривается с точки зрения вклада мерона в организацию архетипа (плана строения).

Во многих школах пост-схоластической систематики одним из наиболее важных является *критерий гомологии*, согласно которому, чем надёжнее установлена гомология меронов (свойств, структур и т. п.) организмов, тем более значимыми являются представляющие их классифицирующие признаки. Однако поскольку гомологии могут быть установлены по-разному на основе различных онто-эпистемических допущений или в рамках различных познавательных задач, применение этого критерия не даёт устойчивых результатов: одни и те же признаки могут считаться гомологами (значимыми) в одних случаях и аналогами (незначимыми) в других. Методология биоморфологического подхода в систематике рассматривает как гомологичные, так и аналогичные признаки в равной степени значимыми (Алеев, 1986; Павлинов, 2010, 2018).

* * *

Согласно общей типологической идее, основу для иерархизации таксономических систем составляет *принцип типологического единства*. Предполагается, что почти вся информация, касающаяся этого единства, содержится в иерархиях архетипов (планов строения), поэтому последние должны быть максимально полно воплощены в иерархии таксономических систем. В таком контексте таксоно-признаковое соответствие принимает форму *принципа субординации* (*ранжирования*) *признаков*, согласно которому сначала по тем или иным основаниям иерархически ранжируются классифицирующие признаки, после чего таксоны выделяются и ранжируются в соответствии с иерархией признаков. Этот подход впервые сформулировали французские натуралисты Антуан-Лоран де Жюссьё (Antoine-Laurent de Jussieu; 1748–1836) в *Genera plantarum* (1789 г.) и Жорж (Жан) Кювье (Jean Léopold Nicolas Frédéric Cuvier; 1769–1832) в *Leçons d'Anatomie* (1801 г.). Его почти афористически выразил англичанин Леонард Дженинс следующим образом: «правильной и естественной классификацией должна быть таковая с надлежащей *субординацией групп*, основанной на *субординации признаков*» (Jenyns, 1833, p. 386; курсив ориг.). Эта идея стала краеугольным камнем общего классификационного подхода, разработанного некоторыми российскими типологами-теоретиками в форме принципов *одного уровня* и *координации рангов* (Васильева, 1989, 1992; Старобогатов, 1989; Любарский, 1996; и др.).

Нечто похожее разработано в школе структурной (паттерн-) кладистики как *концепция уровней генеральности определяющих признаков* (Nelson, 1978; Platnick, 1979; Nelson, Platnick, 1981). В данном случае считается, что иерархии этих уровней порождаются последовательной иерархизацией развивающихся организмов, в основе чего — идеи онтогенетической типологии К. фон Бэра. В одной из версий онто-рациональной систематики реконструированная онтогенетическая иерархизация иллюстрируется древовидной диаграммой, называемой *деревом Бэра* (Но, 1992). Последнее преобразуется в таксономическую систему подобно филогенетическому дереву Геккеля или Хеннига.

Эволюционная концепция основой для разработки таксономических систем делает *принцип эволюционного* (*филогенетического*) *единства*. Согласно *принципу фило-таксономического соответствия* предполагается, что таксономическая иерархия должна основываться на эволюционных (филогенетических) отношениях. При замене широкого понимания эволюции более конкретным филогенезом в качестве ведущего критерия взвешивания принимается *принцип филогенетической значимости признаков*: чем надёжнее они указывают на филогенетические (генеалогические) связи, тем, следовательно, больший вклад они вносят в выводимые филогенетические гипотезы, тем больше их классификационный вес. Этот общий критерий дополняется оценками эволюционной *консервативности*, *направленности*, *необратимости*, иногда также *адаптивной значимости* соответствующих меронов; Геккелево понимание филогении как «палеонтологической истории» подразумевает также критерий *фоссильной доступности*. Поскольку считается, что структура филогенетического разнообразия репрезентируется («моделируется») структурой ветвления филогенетических деревьев, иерархии таксономических систем должны неким оптимальным образом отражать эту вторую структуру. Принцип *линейного упорядочения* (сериации) *таксо-*

нов подразумевает, что последовательности равноуровневых подтаксонов внутри включающего таксона должны отражать уровни (иерархию) их эволюционной продвинутости.

Сценарии иерархизации, основанные на филогенезе, заметно различаются в том, что касается соотношения кладо- и анагенетической компонент эволюции, которые должны быть отражены таксономическими системами. Анагенетическая (параллельная) эволюция учитывается наряду с кладогенетической (дивергентной) в классической (Геккелевой) филогенетике и Симпсоновской эволюционной таксономии, в которых большое значение придаётся *критерию эволюционных параллелизмов*. Впервые эту идею высказал Ч. Дарвин, подчеркнув, что сходные эволюционные тенденции могут свидетельствовать о близком родстве (Darwin, 1859). В отличие от этого, кладистическая версия филогенетики подчёркивает кладогенетическую (генеалогическую) составляющую эволюции и игнорирует её анагенетическую составляющую (Hennig, 1966; Wiley, 1981). Соответственно, классифицирующие признаки взвешиваются так, чтобы максимизировать кладогенетическую информацию, содержащуюся в исследуемых мерономических иерархиях, она обозначается как *филогенетический сигнал* (Martins, Hansen, 1997; Blomberg et al., 2003; Павлинов, 2005; Revell et al., 2008).

Последний подход придаёт максимальный классификационный вес признакам с минимальной функциональностью: предполагается, что они менее подвержены параллельной и конвергентной эволюции и, следовательно, наиболее надёжно выявляют унаследованное сходство. Это важное положение, впервые сформулированное также Ч. Дарвином и поэтому обозначенное как *принцип Дарвина* (Майр, 1971), привело к признанию первостепенной важности генетических признаков и, в конечном счёте, способствовало нынешнему доминированию молекулярно-филогенетического подхода в систематике.

Чтобы добиться максимального изоморфизма между иерархиями кладистических отношений в филогенезе и голофилетических групп в классификациях, в Хенниговой кладистике разработан очень специфический критерий взвешивания, в котором рассматриваются не сами признаки (они могут вводиться с одинаковыми весами), а их модальности. Последние подразделяются на значимые *апоморфии* и незначимые *плезиоморфии*; их разделение приводит к *поляризации* классифицирующих признаков и их интерпретации как *трансформационных рядов*. В традиционной терминологии апоморфия и плезиоморфия относятся к конечному и начальному состояниям признака, соответственно; сходным образом нередко обозначаются сами признаки. Соответствующие «единичные сходства», основанные на этой специфической иерархизации, делятся на значимые *синапоморфии* и незначимые *симплезиоморфии*; этот общий подход предложено обозначить как *взвешивание сходства* (Павлинов, 1990, 2005). Соответствующий *принцип синапоморфии* подразумевает, что в кладистическом анализе учитываются только синапоморфии, их анализ приводит к иерархически организованному партономическому «дереву специального сходства», называемому *синапоморфограммой*. Затем последняя «прочитывается» как генеалогическое дерево (кладограмма), которое непосредственно преобразуется в таксономическую систему с такой же иерархической структурой таксонов.

Эволюционная систематика и фенетика применяют определённые оценки таксономического разнообразия в качестве дополнительных критериев иерархизации, которые подразумевают различные сочетания внутригрупповой и межгрупповой дифференциации. Во втором случае учитывается степень обособленности групп, которая определяется специфичностью их адаптаций или «количеством эволюции», численно оценивается через фенетические различия. В кладистике последние определены как *патристические расстояния*, а итоговые классификации обозначены как *патрокладические* (Stuessy, König, 2008)

* * *

Предыдущие рассуждения касались *внутренних* параметров иерархизации, которые отождествляются с родственными отношениями и классифицирующими признаками. Что касается *внешних* параметров, как они определены в разделе 3.1, то в эволюционно интерпретированной систематике признаются две их основные формы. Одна из них подразумевает ссылку на определённые временные шкалы как на специфические линейки таксономической иерархизации (Hennig, 1950, 1966; Avise, Johns, 1999; Avise, Mitchell, 2007; Avise, Liu, 2011; Kraichak et al., 2017); они могут быть сформированы как *прямые* или *косвенные*. Прямое определение времени филогенетических событий производится на основе палеонтологических данных, что типично для классических подходов в систематике. Косвенное определение времени является результатом сравнительного анализа современных

организмов: для этого морфологические данные интерпретируются в предположении об *изоморфизме морфоклин и хроноклин* (Maslin, 1952; Беклемишев, 1994), а молекулярно-генетическое определение времени основано на *гипотезе молекулярных часов* (Page, Holmes, 1998; Ayala, 1999; Arbogast et al., 2002; 2014; Банникова, Лебедев, 2022; Duchêne et al., 2024; и др.). В эволюционной таксономии в качестве дополнительных внешних критериев для ранжирования таксонов предлагается использовать специфичность и ширину (масштаб) адаптивных зон, занимаемых соответствующими группами (Simpson, 1961; Van Valen, 1971). Эти внешние параметры рассматриваются как средство установления «абсолютных» таксономических рангов, что предположительно обеспечивает их сопоставимость (см. также далее). Критика второго подхода основана на том, что до сих пор не найдено удовлетворительной общей меры эволюционной специфичности разных групп организмов.

3.7. Ранжирование иерархий: доводы за и против

Этот раздел уместно начать с напоминания о том, что появление научной систематики в XVI в. было связано с освоением ею классификационной *безранговой* родо-видовой схемы. Её последующее развитие включало разработку *ранговой* иерархии, которая стала важной формой рационализации этой естественнонаучной дисциплины (Любарский, 2018). Ранговая иерархия служила универсальным стандартом для разработки таксономических систем вплоть до середины XX в., когда она подверглась резкой критике со стороны приверженцев идеи безранговой таксономической иерархии. Они объявили ранговую иерархию устаревшей, несостоятельной и даже «ненаучной» (напр., Sokal, Sneath, 1963; Sneath, Sokal, 1973; de Queiroz, 1996; Ereshefsky, 2004; Zachos, 2011; и др.). Напротив, некоторые наиболее горячие сторонники ранговой иерархии (напр., Майр, 1971; Bock, 1977) склонны скорее отвергнуть таксономическую теорию, не признающую ранги, чем отказаться от последних. В результате возникло противоречие между ранговыми и безранговыми классификациями, которое привело к значительному «расколу» современной систематики.

Иногда считается, что системы ранжирования являются характерной особенностью биологических дисциплин, которые классифицируют разные проявления структуры биологического разнообразия (систематика, биогеография, биоценология и т. д.), и что они едва ли строго сопоставимы с аналогичными системами, разработанными вне биологии (Beckner, 1959; Любарский, 2018). Однако следует напомнить, что К. Линней и некоторые из его ранних последователей распространяли единую систему ранжирования на «Царство каменьев» (*Regnum lapideum*), приём ранговая иерархия «линнеевского» типа (с почти такой же или сходной терминологией) осталась стандартом в современных классификациях почв и минералов (Бокий, 2000; Шишов и др. 2004; Schertl et al., 2019). Кроме того, в стратиграфии разработаны в принципе схожие ранговые классификации, хотя и с применением специфической терминологии для рангов (категорий) и классификационных единиц. В первой половине XX в. предпринимались попытки применить ранговую систему к археологическим классификациям (обзор см. в: Клейн, 1991), но унифицированной системы фиксированных рангов там разработано не было.

* * *

Концептуальный подход, формирующий «идеологическое ядро» настоящей книги, требует предварительного рассмотрения соответствующей онто-эпистемической основы для обсуждения всей проблематики ранговой или безранговой иерархии как систематического разнообразия, так и представляющих его классификационных систем. Такой подход предполагает разработку некоторой *теории ранжирования*, упомянутой выше, что в настоящее время невозможно из-за отсутствия развитой теории иерархии. Поэтому здесь остаётся лишь изложить некоторые из её основных предпосылок.

Во-первых, предполагается, что базовую онто-эпистемическую конструкцию, о которой здесь речь, следует выстраивать в соответствии с общими принципами организации концептуальных систем подобного рода. В частности, она должна быть иерархически организована в форме концептуальной пирамиды, высший уровень которой занимают общие онто-эпистемические допущения, наиболее важные для теории ранжирования. Это означает, что все доводы *за* и *против* системы ранжирования систематических иерархий следует обсуждать не в некоем «абстрактном» («абсолютном») смысле, а оценивать как заслуживающие доверия или нет их конкретные контексты, формируемые определёнными базовыми онто-эпистемическими построениями (Hempel, 1966; Hull, 2001).

В этой связи необходимо подчеркнуть одну важную философскую идею, предложенную

концептуализмом: имеется в виду фундаментальный *онто-эпистемический дуализм* любых концепций, обращённых к ненаблюдаемым природным объектам, одним из которых является биоразнообразие. Из-за этого дуализма задача более или менее строгого разграничения онтических и эпистемических составляющих суждений, касающихся иерархической структуры названного разнообразия, является очень непростой, если вообще решаемой (Allen, Starr, 1982; Ahl, Allen, 1996; Wu, 2013). Соответственно, такой дуализм совершенно необходимо принимать во внимание при обсуждении высказываний об объективной или субъективной природе ранговой и безранговой иерархических систем.

Углубляясь в этот дуализм, следует отметить, что с некоторой точки зрения глобальная структура биоты может считаться реальным природным феноменом, тогда как иерархически упорядоченное разнообразие — это его аспектный *эпи*феномен (см. разделы 2.1, 3.2). Доводя такое когнитивное рассмотрение до крайности, можно сказать, что все идеи, касающиеся рангового или безрангового характера таксономической иерархии, в определённой мере являются *квалиа*, в которых объективные и субъективные источники соответствующих суждений неразделимы (Jackson, 1982).

Следующие уровни концептуальной пирамиды заняты конкретными онтическими моделями (содержательными теориями), которые служат для обоснования ранговой или безранговой иерархии как самого систематического разнообразия, так и репрезентирующих его классификационных систем. Исходя из материалистического мировоззрения, эти модели фокусируются на возможных естественных причинах ранговой/безранговой иерархии названного разнообразия, которые можно разделить на две частично пересекающиеся базовые категории: *эволюционную* и *структурную*. При акцентировании внимания на эпистемической части рассматриваемого дуализма, для каждой из этих альтернатив выдвигаются иные аргументы — например, прагматического характера. На более низких уровнях пирамиды разрабатываются *сценарии ранжирования*, представляющие собой частные интерпретации сценариев иерархизации и включающие основные *принципы ранжирования*. Для их реализации на самых нижних уровнях этой пирамиды формулируются соответствующие *линейки* и *критерии ранжирования*.

Такая очень грубо очерченная общая онто-эпистемическая структура данной частной познавательной ситуации предполагает, что следует сбалансированно рассмотреть все доводы *за* и *против* как ранговой, так и безранговой иерархий. Чтобы правильно подойти к решению этой задачи, важно сосредоточиться на сценариях ранжирования, состоятельность которых, как было сказано, следует оценивать контекстно в зависимости от состоятельности подразумеваемых базовых онто-эпистемических допущений.

* * *

Вышеупомянутые основные способы таксономической иерархизации, *абсолютный* и *относительный*, очевидно, имеют отношение и к ранжированию, включая распределение таксонов по определённым рангам. Абсолютное ранжирование опирается на использование *внешних* линеек, каждая из которых позволяет ранжировать классификационные системы определённым унифицированным образом. Такой подход имеет свои преимущества. Во-первых, каждая из таких линеек позволяет отнести любой конкретный таксон к некоторому рангу независимо от любых других таксонов. Во-вторых, она делает сопоставимыми отдельные фрагменты глобальной классификационной системы с точки зрения их ранговой структуры. В-третьих, эта сопоставимость справедлива как для симметричных, так и для асимметричных (несбалансированных) иерархических систем. Выше были упомянуты две такие «абсолютные» шкалы онтического типа — геологического времени и адаптивной зональности. Система ранжирования, основанная на количественно оценённых уровнях сходства, означает использование внешней шкалы эпистемического типа.

Линейные системы ранжирования, которые формируют эмпирическую основу любых ранговых систем, можно рассматривать как один из вариантов *шкал упорядочения* (о них см.: Орлов, 2006); другой хорошо известный вариант — это *ординалы* (порядковые числа) в теории множеств (Френкель, Бар-Хиллел, 1966). Поэтому ранжирование допустимо сравнивать с измерением в том смысле, что линейки ранжирования определённым образом косвенно «измеряют» иерархическую структуру классифицируемого разнообразия (Розова, 1995; Любарский, 2018). Такая аналогия позволяет соотнести происхождение идеи ранжирования в систематике с появлением систем счисления и числовых рядов в математике.

Линейки ранжирования и получаемые на их основе ранговые иерархии могут быть *монотонными* или нет: первое условие подразумевает, что все ранги *эквивалентны* «по вертикали»,

второе подразумевает их *неэквивалентность* по некоторым характеристикам. Второе наиболее характерно для традиционной систематики, в которой различают первичные (главные) и вторичные (вспомогательные) ранги. Такая их категоризация возникла исторически и усилилась в связи с существенной фрагментацией ранговой иерархии с целью «технического» усовершенствования её структуры, что указывает на в основном эпистемический (прагматический) смысл такого подхода (Stevens, 1994; Павлинов, 2018). Вместе с тем, неэквивалентность рангов иногда интерпретируется онтически: первичные ранги наделяются «естественным» статусом, а вспомогательные — нет (Усов, 1867; Медников, 1974; Васильева, 1992, 2007; Шаталкин, 2012). Такая их дифференциация восходит к К. Линнею, который различал а) роды и виды как «творения Природы» и б) отряды и классы как «творения Природы и Искусства» (Linnaeus, 1751). Сходная фундаментальная дихотомия признаётся некоторыми таксономическими теориями, в которых отдельным категориям присваивается выделенный статус *базисных уровней* на основании неких онтических или эпистемических соображений. Так, эта общая идея достаточно последовательно реализуется в исследованиях фолк-классификаций (см. раздел 1.1). В систематике, базирующейся на СТЭ, особый статус обычно приваивается виду, рассматриваемому в качестве основной единицы эволюции. Палеонтологи выбрали семейство как основную единицу сравнения в анализе геологической истории динамики глобального разнообразия организмов (Raup, Sepkoski, 1984; Sepkoski, 1996; Hallam, Wignall, 1997; Марков, Наймарк, 1998; Contoli, Pignatti, 2011).

Одно из основных условий ранжирования классификаций формулирует *принцип единообразия ранжирования*, который применим как к конкретным принципам ранжирования, так и к линейкам, на основании которых формируется ранговая иерархия таксономических систем. Этот принцип служит своего рода эвристикой для ранжирования иерархий в двух важных аспектах. Он делает ранги и равноранговые таксоны «горизонтально» эквивалентными, по крайней мере потенциально, что верно в отношении их как онтического, так и эпистемического рассмотрения. На практике этот принцип обосновывает возможность формирования линейки ранжирования на основе единообразно вычисляемых нумерических дистанций, в соответствии со значениями которых ранжируются таксоны (Sokal, Sneath, 1963; Sneath, Sokal, 1973; Abbot et al., 1985). Данный общий подход особенно популярен в современных исследованиях видового разнообразия, основанных на *генетической концепции* вида: она обосновывет метод разделения видов на основе генетических дистанций как строго операциональный и универсальный (напр., Pleijel, Rouse, 2000; Blaxter et al., 2005; Baker, Bradley, 2006; Staley, 2006; Nebel et al., 2011; Лебедев и др., 2024).

Предполагаемая онтическая эквивалентность по крайней мере первичных рангов означает, что они могут быть очерчены на основе определённых «естественных» свойств, специфических для каждого из них. На этом основании соответстующие ранговые категории допустимо рассматривать как *естественные роды* (в философском смысле, см. выше). Такую же трактовку можно считать в принципе применимой к соответствующим группам организмов и рассматривать их как элементы структуры биоты, онтически эквивалентные и сопоставимые в отношении некоторых их биологически значимых особенностей (Simpson, 1961; Van Valen, 1973; Старобогатов, 1989; Шаталкин, 1995, 2012; Любарский, 1996, 2018; Васильева, 1998, 2007; Расницын, 2002; Giribet et al., 2016). В частности, такие равноуровневые группы считаются эквивалентными при изучении структуры биологического разнообразия в биогеографии, палеонтологии, охране природы и т. д. Однако именно эта эквивалентность наиболее сильно критикуется противниками ранговой иерархии (см. далее).

Эпистемическое обоснование ранжирования более проблемно в том смысле, что не обязательно подразумевает какую-либо существенную «горизонтальную» эквивалентность рангов и равноранговых таксонов. Эта оговорка справедлива, прежде всего, для линейки ранжирования, установленной на основе числовых расстояний. Действительно, хотя соответствующие цифры для иерархически структурированных фенограмм выглядят одинаково, на самом деле они не сопоставимы напрямую, если основаны на существенно различных признаках и/или различных показателях сходства (Moss, Hendrickson, 1973; Шаталкин, 1983). Таким образом, вышеупомянутый энтузиазм в отношении унифицированного выделения видов и некоторых аналогичных «суррогатных» единиц на основе численных показателей (Moritz, 1994; Mayden, Wood, 1995; Pleijel, Rouse, 2000; Sarkar, Margules, 2001; Blaxter et al., 2005; Baker, Bradley, 2006; Staley, 2006; Nebel et al., 2011;

Casacci et al., 2014; Лебедев и др., 2024), по-видимому, не имеет серьёзного биологического основания.

* * *

Подходящей отправной точкой для онтически мотивированного обсуждения дилеммы ранговой или безранговой таксономической иерархии служит упомянутое ранее понимание глобальной биоты как саморазвивающейся неравновесной системы. Это, очевидно, предполагает эволюционное развитие биоты в качестве главной движущей силы её иерархической структуризации. Такое её рассмотрение а) подчёркивает присущую биоте иерархическую структурированность, сопровождающую её историческое развитие, и б) охватывает как эволюционный, так и структуралистский подходы к анализу её иерархии. Соответственно, любое обсуждение указанной дилеммы должно касаться прежде всего эволюционных теорий (моделей) и подразумеваемых ими сценариев иерархизации.

В связи с этим первостепенное значение приобретает вопрос о *монотонном* (непрерывном) или *прерывистом* (непостоянном) характере макроэволюции, который служит обоснованием либо безранговой, либо ранговой иерархии макротаксономического разнообразия, соответственно. Эта дихотомия может быть представлена как противопоставление *микроредукционистского* и *макрохолистического* взглядов на глобальный эволюционный процесс, как их обозначила Натали Гонтье (Gontier, 2025).

* * *

Из этих двух эволюционных моделей микроредукционистская предлагает простейший вариант общего сценария иерархизации. Его натурфилософская подоплёка основана на афоризме Лейбница «Природа не делает скачков» (*Natura non facit saltum*), а биологическое обоснование предоставляет эволюция «по Дарвину», которая, говоря его словами, происходит «очень короткими и медленными шагами». Применительно к макроэволюции такой сценарий сводит всё историческое развитие к последовательным актам видообразования, а через это — к последовательностям соответствующих кладистических событий видового масштаба. Совершенно очевидно, что при рассмотрении эволюционного процесса с такой микроредукционистской точки зрения вряд ли возможно обнаружить какие-либо крупномасштабные макроэволюционные события, которые могут повлечь за собой квазидискретные разрывы в филетических линиях (Grinin et al., 2009; Turner, 2011; Wright, Wagner, 2024). Здесь очень уместно вспомнить знаменитую аллегорию Альберта Эйнштейна: «Когда слепой жук ползёт по поверхности изогнутой ветки, он не замечает, что пройденный им путь действительно изогнут» (цит. по: Isaacson, 2008, p. 197).

Соответствующий сценарий иерархизации подразумевает, что итоговый кладогенетический паттерн формируется на основе иерархии голофилетических групп, в основе которых лежат указанные «видовые» события. Их упорядоченная во времени совокупность определяет универсальную линейку иерархизации как монотонную последовательность равноценных шагов иерархизации. Такой кладогенетический паттерн моделируется кладограммой, пути (ветви) которой а) характеризуются равномерно распределёнными узлами (точками ветвления) и б) их длины не имеют содержательного смысла. Эта особенность может локально нарушаться введением элементов вырожденности таксономической иерархии, которую было предложено назвать *псевдоранговой* (Dubois et al., 2019, 2022). Такая иерархия предполагает возможность а) отнесения таксонов одного уровня общности к формально разным рангам и наоборот, б) введения внеранговой категории *плезиона* и/или в) сохранения некоторых парафилетических единиц как *метатаксонов*, *миксосатксонов*, *амбитаксонов* и т. п. (Wiley, 1979, 1981; Schoch, 1986; Gauthier et al., 1988; Павлинов, 1990, 2005, 2018; Archibald, 1994; McKenna, Bell, 1997; Wiley, Lieberman, 2011). Возможен сценарий иерархизации, который предусматривает построение так называемой *аннотированной* иерархии: в ней явным образом указываетя предполагаемый филогенетический статус выделяемых таксонов (Wiley, 1979, 1981).

«Умеренные» кладисты не видят препятствий для преобразования «монотонных» кладограмм в кладистически корректные ранговые классификации с оговоркой достаточно условного характера таксономических рангов (Hennig, 1966; Brummitt, 1997; Benton, 2000; Nixon, Carpenter, 2000; Keller et al., 2003; Dyke, Sigwart, 2007; Rieppel, 2006; Dubois, 2007; Kraus, 2008). Однако убеждённые «ультракладисты» и их сторонники рассматривают такой характер кладограмм как решающий аргумент против любого таксономического ранжирования (Eldredge, Cracraft, 1980; de Queiroz, 1988, 1996; Ereshefsky, 1994, 2002, 2004; Minelli, 1995; Zachos, 2011). Интересно отметить, что некоторые противники безранговых классификаций

(Mayr, Bock, 2002; Hörandl, 2010; Любарский, 2018) не считают их таксономическими.

Биосистематики рассматривают внутривидовую иерархию аналогичным микроредукционистским способом, который обосновывается ссылкой на непрерывный характер микроэволюционной дифференциации популяций. Получающаяся очень фрагментированная «микроиерархия» может быть как ранговой, так и безранговой (Павлинов, 2018). Разработчики синтетической теории эволюции (СТЭ) признают сложную непрерывную внутривидовую дифференциацию, но рассматривают видовую категорию онтологически («объективно») выделенной со ссылкой на определённые биологические механизмы, ответственные за поддержание целостности вида (напр., Dobzhansky, 1935; Simpson, 1951a, 1961; Завадский, 1968; Mayr, 1982). Однако «антиранжисты» игнорируют аргументы СТЭ и распространяют идею безранговости на всю «околовидовую» таксономическую иерархию, что косвенно поддерживается современным филогеографическим подходом (Avise et al., 1987; Minelli, 1995; Avise, 2000; Kober, 2008; Zachos, 2016; Mishler, 2021, 2022).

Некоторое усложнение микроредукционистского сценария иерархизации даёт применение временно́й шкалы, которой измеряют «эволюционный возраст» групп организмов. В соответствии с рассмотренными выше основными версиями параметров иерархизации, такая шкала формирует специфическую универсальную «абсолютную» внешнюю линейку иерархизации, которая может быть как прямой, так и косвенной. Первая формируется на основе палеонтологических данных об окаменелостях, вторая основана на сравнительных молекулярных данных по современным организмам; они могут быть объединены. Соответствующая линейка иерархизации/ранжирования подразумевает, что чем «старше» группа, тем выше уровень общности (ранг) таксона, представляющего её в соответствующей классификации (Hennig, 1950, 1966; Sibley, Ahlquist, 1990; Christoffersen, 1995; Avise, Johns, 1999; Avise, Mitchell, 2007; Fisher, 2008; Avise, Liu, 2011; Kraichak et al., 2017). Этот сценарий иерархизации чаще всего применяется для обоснования ранговой иерархии, хотя возможна и его безранговая интерпретация.

В ранговой версии соответствующий сценарий подразумевает следующую поэтапную процедуру иерархизации (Avise, Johns, 1999; Holt, Jønsson, 2014; Kraichak et al., 2017). Таксономическая иерархия сначала устанавливается с помощью любого подходящего алгоритма, применяемого к данным любого типа, после чего она уточняется в соответствии с некоторой временно́й линейкой. Последняя представляет собой серию *временных интервалов* (temporal bandings) некоторого более или менее условно фиксированного диапазона. Предварительная иерархия проецируется на эту последовательность, так что таксоны, попадающие в один и тот же временно́й интервал, группируются в отдельный «возрастной класс» и им присваивается одинаковый таксономический ранг. Уже упоминавшийся Грэм Гриффитс предложил особым образом обозначать таксоны, относящиеся к соответствующим «возрастным классам»: например, термины *палеотаксон*, *эотаксон*, *олиготаксон*, *миотаксон* и *плиотаксон* будут относиться к группам, возникшим в соответствующие третичные эпохи (Griffiths, 1976).

«Абсолютная» линейка косвенного определения времени обладает большим потенциалом для таксономического ранжирования, поскольку её можно унифицированно откалибровать и применить к любым фрагментам общего Дерева жизни. Этот подход, изначально основанный на модели *нейтральной* молекулярной эволюции, позволяет ранжировать каждый таксон, для которого имеются соответствующие молекулярные данные, независимо от всех остальных таксонов, при этом делая все ранжированные таким образом таксоны потенциально сопоставимыми друг с другом по временно́му параметру.

Однако здесь возникает фундаментальная проблема неравномерного хода молекулярных часов, причём скорость последних специфична для разных групп организмов и молекулярных структур; одновременно, некоторые «технические» детали метода делают синхронизацию молекулярных часов в разных филетических линиях довольно проблематичной (Ayala, 1999; Donoghue, Smith, 2003; Marshall et al., 2016; Банникова, Лебедев, 2022). Следует отметить, что эти выводы хорошо согласуются с общей идеей неоднородности времени (в смысле: Пригожин, 1991; Levich, 2009). Кроме того, заметные расхождения между временными оценками по молекулярным часам и палеонтологическим данным, которые приводят к так называемым *скрытым интервалам* (ghost ranges) на филогенетических деревьях (Donoghue, Smith, 2003; Wills, 2007), также не способствуют определённости ранжирования, основанного на общей временно́й линейке. Все эти факты, хотя и не нарушают фундаментальный принцип едино-

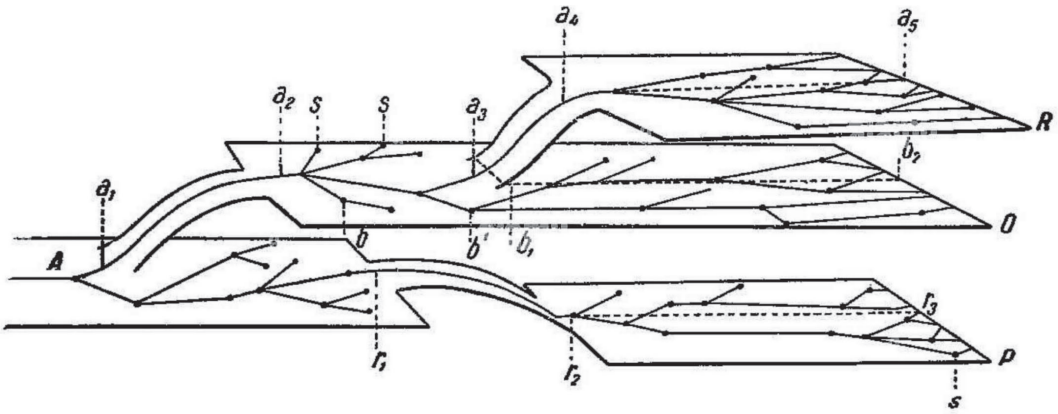


Fig. 3.5. Идеальная модель соотношения между ароморфозами и идиоадаптациями в макроэволюции (Северцов, 1939). Пояснения в тексте.

образия ранжирования в целом, делают его реализацию довольно проблематичной из-за приблизительного и нечёткого характера любых оценок времени.

* * *

Макрохолистический подход к диверсификации организмов основан на системном мировоззрении и предполагает существенно более сложные сценарии иерархизации разнообразия, отражающего макроуровневую структуризацию организмов, включая их сложность, планы строения, онтогенетические паттерны и т. д. (Северцов, 1939, 1990; Шмальгаузен, 1968; Riedl, 1978; Назаров, 1991; Иорданский, 1994; Расницын, 2020; Corning, 2022; Ochoa, 2025). Эти сценарии можно разделить на две основные группы: *макроэволюционные* акцентируют внимание на исторических изменениях организмов, *структурные* имеют стационарный характер.

Макроэволюционные сценарии соотносят основные эволюционные события не с локальными актами видообразования, а с глобальным развитием живой природы. Согласно этой точке зрения, соответствующие преобразования, хотя и занимают до нескольких миллионов лет, рассматриваются как *квазидискретные* события на фоне нескольких миллиардов лет исторического развития биоты. Эта общая модель предполагает упорядоченный характер макроэволюции, протекающей в форме закономерных параллельных тенденций и включающей последовательное поэтапное чередование *ароморфной* (арогенной, анагенетической) и *идиоадаптационной* фаз преобразований организмов (рис. 3.5). Первая из них означает появление *ключевых инноваций* в результате относительно быстрых существенных перестроек биологической организации (Mayr, 1959; Иорданский, 1977; Hunter, 1998; Pigliucci, 2008; Miller et al., 2023), тогда как вторая предполагает относительно медленную и широкую диверсификацию в рамках достигнутых новых возможностей. Предполагается, что ароморфные преобразования биологической организации могут быть интерпретированы как *фазовые переходы* между качественно специфическими состояниями сложной эволюирующей системы (Scott et al., 2022; Muro et al., 2023). Эта классическая модель в настоящее время дополняется концепцией *evo-devo*, которая уделяет особое внимание эпигенетическим механизмам качественных изменений онтогенетических паттернов, влекущих за собой более или менее радикальные преобразования различного масштаба (Шишкин, 1981; Minelli, 2003, 2015; Shishkin, 2006; Laubichler, Maienschein, 2008; Расницын, 2020; Ochoa, 2025). Упорядоченный характер макроэволюции формализуется концепцией *филокреода*, наделённого *канализованным эволюционным потенциалом* (Waddington, 1962), а её выраженный пошаговый характер формализован концепцией *квантовой эволюции* (Симпсон, 1948; Grant, 1963; Назаров, 1991).

Соответствующий общий сценарий ранжирования учитывает все проявления эволюционных преобразований, предлагаемых этой макроэволюционной моделью, включая как расходящиеся, так и параллельные тенденции, появление ключевых инноваций, сложную эпигенетическую регуляцию эволюционных преобразований и т. д. Их предполагаемый поэтапный характер подразумевает, что включающая иерархия филогенетического паттерна а) структурирована квазидискретными уровнями, которые можно фиксировать как ранги, и б) охватывает все широко понимаемые (по Геккелю, Симпсону) морфобиологически специфичные монофилетические группы, которые могут быть как голо-, так и парафилетическими. На основе

этого сценария разрабатывается сложная линейка ранжирования, в которой последовательности ароморфных фаз в разных филетических линиях определяют последовательности шагов и уровней ранжирования. Предполагается, что биологически значимая шкала преобразований организмов определяет линейную иерархию ранговых уровней, в которой более крупные преобразования соответствуют более высоким уровням. Группы организмов, которые диагностируются по преобразованиям (приблизительно) одинакового масштаба, относятся к одному таксономическому рангу (категории). Внутри каждого таксона, определённого таким образом, его собственная ранговая структура формируется его диверсификацией, соответствующей идиоадаптивной фазе эволюции. Эта внутренняя линейка ранжирования, сформированная особенностями эволюционных преобразований организмов, может быть дополнена внешними. Одна из них образована иерархией специфических адаптивных зон, проникновение в которые стимулировало эти преобразования (Симпсон, 1948; Van Valen, 1971; Miller et al., 2023); другая — временно́й линейкой, которую следует применять не вместо других линеек, а в дополнение к ним (Lücking, 2019).

Этот макроэволюционный подход к разработке сценариев ранжирования обычно подвергается критике со стороны сторонников упрощенного мышления в позитивистском стиле, которые считают, что макроуровневая иерархия лишена каких-либо проявлений ступенчатого характера (см. выше). Соответственно, они считают любые суждения о поэтапной структуре как эволюционных процессов, так и возникающих в их результате регулярностей филогенетического паттерна слишком субъективными и не имеющими отношения к чему-либо реальному. Оставляя в стороне вопрос обоснованности этой критики, следует напомнить, что с точки зрения концептуализма она исходит из некой онто-эпистемической позиции, которая выглядит не менее спекулятивной, хотя и более простой (см. раздел 2.6), и, следовательно, эквивалентна в этом отношении той, которая критикуется. Вместе с тем, серьёзную проблему для реализации сценариев макроэволюционного ранжирования создаёт вышеупомянутый принцип *NP*-полноты, который обратно пропорционально соотносит надёжность любых эмпирических решений (в данном случае) проблемы ранжирования со сложностью лежащих в их основе эволюционных моделей.

Макрохолистические сценарии иерархизации, основанные на *структуралистском* подходе (о нём см.: Piaget, 1970; Bokulich, Bokulich, 2011; и др.), в их не-эволюционном формате, как правило, исходят из представления о биосфере Земли (как её понимал В.И. Вернадский, 1988), рассматриваемой с морфобиологической точки зрения, как о некоем *типологическом универсуме* — специфически организованном иерархически структурированном целом (Беклемишев, 1994; Любарский, 1996; Шаталкин, 2012). В рамках этой онтологии можно выделить два основных взгляда на включающую иерархию: организмическая натурфилософия (Л. Окен и др.) уподобляет биоту сверхорганизму, в то время как классическая типология (Ж. Кювье, Э. Жоффруа де Сент-Илер, Р. Оуэн и др.) рассматривает её как иерархию планов строения различных уровней общности. В обоих случаях общая иерархическая структура биоты в целом уподобляется обобщённому анатомическому строению реальных организмов. Такая типологическая точка зрения подразумевает партономическое членение целого на его части, а последовательности уровней иерархии конкретных архетипов (планов строения) служат соответствующими «мерономическими линейками» для таксономической иерархизации. Это влечёт за собой специфический сценарий ранжирования структуры систематического разнообразия, который исходит из предположения, что основные компартменты (мероны) воображаемого суперорганизма (насекомого, млекопитающего, цветкового растения и т. д.) определяют соответствующие структурные единицы изучаемого систематического разнообразия. Соответственно, иерархически упорядоченные уровни общности этих компартментов определяют ранги в иерархиях таксономических систем, разработанных для реальных групп организмов (Старобогатов, 1989; Любарский, 1991, 1996, 2018; Шаталкин, 1995, 2012; Васильева, 1998, 2007).

Против этой структуралистской (главным образом типологической) концепции традиционно возражают эволюционисты различных школ из-за её «идеалистической» природы и подразумеваемой стационарной картины мира; эту критику обобщил Э. Майр в книге «Рост биологической мысли» (Mayr, 1982). Ботаник Ричард Зандер в статье «Структурализм в филогенетической систематике» подкрепляет эту критическую позицию странным заявлением о том, что «структуралистское мышление с необходимостью исключает любое отражение макроэволю-

ции в классификации» (Zander, 2010, p. 391). Однако такая критика, как представляется, исходит из упрощенного и предвзятого взгляда на типологию и не учитывает её вполне органичное воплощение в современном эволюционно интерпретируемом структурализме (Griffiths, 1996; Васильева, 1998; Amundson, 1998, 2005; Brigandt, 2007, 2009, 2021; Laubichler, Maienschein, 2008). В частности, такой эволюционно-структуралистский сценарий активно обсуждается в рамках концепции evo-devo (Laubichler, Maienschein, 2008; Lewens, 2009; Hall, 2012; Riegner, 2013; Brigandt, 2017; Jaeger, 2019; Villegas, Triviño, 2023; Ochoa, 2025).

Однако, что касается систематики, в общей схеме аргументации структуралистов всё ещё остаётся серьёзный пробел, а именно, недостаточное обоснование принципов ранжирования таксономического разнообразия со ссылкой на структурную интерпретацию воображаемых обобщённых организмов. В рамках «трансцендентальной» типологии соответствующие линейки ранжирования основаны на уровнях общности меронов, которыми характеризуются таксоны, причём Г. Любарский называет это «объективацией ранжирования» (Любарский, 1991, 1996, 2018). Однако последнее толкование представляется не слишком оправданным из-за значительного эпистемического влияния на рассмотрение конкретных организменных структур (Мейен, 1978; Павлинов, 2018). По крайней мере некоторые феномены развития, предполагаемые сценариями evo-devo, такие как поэтапная дифференциация эволюирующих онтогенетических паттернов на *филотипические стадии* (Slack et al., 1993; Duboule, 1994; Hall, 1996, 2002; Richardson et al., 1998; Martynov, 2012; Minelli, 2021; Martynov et al., 2022), будут полезны для более осмысленного решения проблемы структуралистского ранжирования таксономической иерархии.

* * *

Сценарии ранжирования преимущественно эпистемического характера чаще всего разрабатываются на прагматической основе: ранговые таксономические иерархии традиционно служат средством упрощения сложно структурированных таксономических систем большого объёма (Stevens, 1994; Любарский, 2018; Павлинов, 2018). Такие сценарии и соответствующие им линейки обычно рассматриваются как нечто «данное традицией», так что их обоснование косвенно опирается на своего рода «прецедентное право»: практикующие систематики просто воспроизводят системы таксономического ранжирования, установленные их предшественниками для данных групп. К этому же эпистемическому типу относятся вышеупомянутые разработки фенетических линеек ранжирования, основанных на количественных расстояниях, поскольку они не предполагают какого-либо онтического обоснования.

Любопытным результатом такого прагматического подхода, основанного на «прецедентном праве», является текущая практика ранжирования недавно открытых групп прокариот и самых ранних эукариот с оглядкой на то, каким образом выделялись и ранжировались таксоны в прошлом и позапрошлом веках. Действительно, эти новые группы обычно ответвляются у самого основания общего Дерева жизни, поэтому им присваиваются высшие ранги, такие как царства или типы. В результате складывается «многоцарственная» структура глобальной таксономической системы (напр., Whittaker, 1969; Cavalier-Smith, 1993, 2007; Кусакин, Дроздов, 1994; Margulis, Schwartz, 1997; Шаталкин, 2004, 2012; и др.), и Карл Линней, вероятно, наблюдает за этим с небес с довольной улыбкой.

Эпистемически трактуемая ранговая таксономическая иерархия выполняет некую рамочную функцию для всеобщей классификации живого и, таким образом, делает её фрагменты сопоставимыми, по крайней мере, в некоторых когнитивно значимых отношениях. В этом смысле такое ранжирование можно уподобить вышеупомянутым ординалам в теории множеств, которые указывают общий порядок уровней включённости одних множеств в другие (Jardine, Sibson, 1971). В частности, ранги и ординалы схожи в том, что их последовательности конечны, поэтому их порядки могут быть пронумерованы. Этой важной особенностью любая ранговая иерархия отличается от безранговой, поскольку последняя бесконечно дробима и, следовательно, больше похожа на фрактальную иерархию.

Большое значение имеет то, что упорядочивающая рамочная функция ранговой иерархии, как отмечалось выше, уподобляет её декартовой системе координат для графического представления воображаемых квази-пространственных отношений между объектами (Любарский, 2018). Важным аспектом такого сопоставления является то, что вряд ли кто-либо будет настаивать на «объективности» системы координат, но и вряд ли кто-либо будет отрицать её значимость как особого рода описательной «метафорической модели» реального физического мира. Этот

взгляд, по-видимому, оправданно и правомерно распространить на ранговую иерархию в систематике: даже будучи отчасти «искусственной», она служит эффективным средством для «рамочного» описания иерархической структуры систематического разнообразия (Dupré, 2002; Giribet et al., 2016; Павлинов, 2018). Другой важной аналогией является интерпретация системы ранжирования как специфической «когнитивной карты», предложенная С. Этреном (Atran et al., 2002; Atran, Medin, 2008).

Следует напомнить, что декартова система координат широко используется в нумерической систематике для построения многомерных фенетических гиперпространств, оси которых соответствуют классифицирующим признакам (Sokal, Sneath, 1963; Sneath, Sokal, 1973; Abbot et al., 1985; Sokal, Rohlf, 2009). Такое представление чаще всего выполняет техническую функцию предварительной компоновки организмов для их последующего классифицирования, но иногда оно рассматривается как репрезентация полноценной классификации (Dupraw, 1964).

* * *

Полезно кратко указать основные концептуальные предложения по дилемме ранговых или безранговых иерархий, чтобы подвести итог проведённому выше анализу.

Во-первых, иерархические структуры как систематического разнообразия, так и представляющих его классификаций являются нечёткими, т. е. в той или иной степени неопределёнными. Опираясь на такое их понимание, следует предполагать, что, помимо всего прочего, сама граница между безранговыми и ранговыми иерархиями нечёткая, поэтому их «абсолютное» противопоставление едва ли корректно. Такая специфическая нечёткость — одно из многочисленных проявлений таксономической неопределённости: последняя в каждом конкретном случае очерчивает некое размытое смысловое пространство, в пределах которого оказывается неразумным настаивать на «абсолютной истинности» любого из этих двух представлений.

Рассмотрение таксономических рангов с такой «нечёткой» точки зрения выдвигает на первый план *принцип неопределённости ранжирования* как ещё одно проявление вышеупомянутой таксономической неопределённости (Заренков, 1988; Павлинов, 2018). Он означает, что а) конкретные линейки ранжирования могут подразумевать несколько различающиеся ранговые иерархии, б) конкретные ранги не могут быть определены однозначно, в) конкретные таксоны не могут быть однозначно отнесены к определённым рангам, и г) эквивалентность таксонов, относящихся к одной ранговой категории, не является строгой. Действительно, зоологи в целом согласились с тем, что отряды млекопитающих эквивалентны семействам насекомых по некоторым биологически значимым параметрам, таким как геологический возраст, разнообразие и т. д.

Следует напомнить, что специфическое упорядочение таксонов посредством их ранжирования оказывается весьма полезным при анализе глобальной временно́й динамики таксономического разнообразия (см. выше). В отличие от этого, безранговые иерархии полностью лишают подобные исследования такой унифицированной референтной системы, которая служит основой для широких биологически значимых таксономических сравнений.

Какой бы интригующей ни выглядела дискуссия об эквивалентности или неэквивалентности рангов, её концептуальное обсуждение позволяет взглянуть на этот вопрос с новой точки зрения. Для этого полезно рассматривать классификационную систему как такую, которая упорядочена информационными потоками между её таксонами, причём эти потоки проходят либо по иерархическим путям, либо «сквозь» них. Первый вариант возникает при применении внутренних линеек иерархизации/ранжирования, которые обеспечивают локальное относительное ранжирование таксонов в пределах определённых путей иерархизации. Второй вариант является результатом применения внешних линеек, которые обеспечивают унифицированное «абсолютное» ранжирование таксонов во всех таксономических системах. Чтобы обеспечить более фундаментальную основу для такого рассмотрения, его следует поместить в контекст двух основных моделей причинно-следственных взаимодействий, разработанных в космологии, — *близкодействия* и *дальнодействия* (напр., Hawking, Ellis, 1975; Carroll, 2004). Для целей нашего анализа эти модели могут быть сформулированы как одноимённые принципы близкодействия и дальнодействия, которые неким образом обобщают эффекты применения внутренних и внешних линеек, соответственно (Pavlinov, 1998; Павлинов, 2018). Такой анализ облегчается использованием некоторых важных особенностей неравновесных систем и представлением иерархических структур в характерной древовидной форме.

Предполагается, что применение внутренних линеек ранжирования влечёт за собой информационное близкодействие между узлами дерева, которые соответствуют таксонам в классификационной системе. Информационные потоки между ними включают некоторую неопределённость при каждом переходе между любыми двумя соседними узлами дерева, что означает потерю некоторой доли информации, содержащейся в исходном узле. Очевидно, при этом происходит последовательное накопление информационных потерь с увеличением расстояния между узлами вдоль путей иерархии, связывающих их. Следовательно, чем более отдалённо расположены в классификационной системе (на дереве) любые два таксона (два узла дерева), тем меньше вероятность того, что они будут строго соотносимы по своим биологически значимым свойствам. При этом данный эффект близкодействия усиливается с увеличением асимметрии иерархий, что в полной мере проявляется в случае безранговых иерархий, тогда как введение дискретных рангов неким образом сглаживает его.

В отличие от этого варианта, предполагается, что применение внешних линеек иерархизации и ранжирования подразумевает эффект дальнодействия в организации информационных потоков между таксонами в классификации. Это происходит потому, что поскольку таксоны упорядочены унифицированно и независимо друг от друга, связывающие их информационные потоки опосредованы внешней линейкой. В результате эти потоки не проходят по длинным иерархическим путям, соединяющим таксоны, а пересекают их и интегрируют таксоны с минимальной потерей информации. Такой эффект дальнодействия делает таксоны в разных фрагментах единой классификационной системы квази-эквивалентными, что более всего проявляется в ранговых иерархиях. К этому следует добавить, что упорядочение безранговой иерархии относительно определённой внешней линейки, такой как временна́я, делает её «почти ранговой».

Таким образом, вместо того чтобы уподобляться остро- и тупоконечникам Джонатана Свифта в их упорствовании в бесконечных и бесполезных спорах, было бы полезнее пытаться найти другие, более «мирные» и конструктивные решения возникших разногласий. Например, почему бы не рассматривать ранги как нечёткие конструкции, наделённые некоторыми «доверительными интервалами»? В подобной ситуации, если смежные ранги в иерархии перекрываются такими «интервалами», они могут быть признаны неразличимыми, а соответствующий фрагмент таксономической иерархии может рассматриваться как «локально безранговый»? Возможно, также было бы разумно признать своего рода «иерархический плюрализм», подразумевающий, что систематическое разнообразие может быть по-разному иерархизировано в своих отдельных фрагментах: одни из них могут быть представлены безранговыми, а другие ранговыми структурами (Reif, 2003; Шаталкин, 2012; Hamilton, 2014).

Вообще говоря, неэквивалентность формально равноранговых таксонов в отдалённых фрагментах глобальной таксономической системы традиционно указывается противниками ранжирования как несокрушимый аргумент против него. Однако признание специфичности структуры разнообразия групп организмов соответственно специфичности их общей морфо-биологической организации в качестве общебиологического принципа, обращённого к онтологии, представляется разумным распространять и на проблему ранжирования. Это означает, что таксономические ранги, фиксируемые в соответствующих классификациях, не обязаны быть строго эквивалентными. Такова ещё одна форма таксономического плюрализма, которая значительно ослабляет только что рассмотренное традиционное возражение против ранжирования таксонов: оно само по себе морально устарело, поскольку сформировано в контексте устаревших монистических воззрений на подчинённость всего органического мира неким единым законам и принципам.

ГЛАВА 4

СПОСОБЫ РЕПРЕЗЕНТАЦИИ ИЕРАРХИЙ

Для эффективного анализа любых непосредственно ненаблюдаемых природных явлений, включая различные аспекты биоразнообразия и иерархические структуры, их необходимо представлять в осмысленно воспринимаемой форме. Последнюю обычно называют *репрезентацией знания* (Bergman, 2018); для нас наибольшее значение имеет её особый вариант — *научная репрезентация*. Её осмысленность определяется теми познавательными моделями, который обобщают существенные свойства репрезентируемых объектов, а воспринимаемость обеспечивается определёнными техническими концептуально обоснованными средствами. Эти последние допустимо рассматривать как специфические *метафоры*, позволяющие выразить абстрактные концепции с помощью более привычных и простых образов (Kittay, 1987; Kövecses, 2010).

Сами концепции и их метафорические репрезентации служат познавательными моделями различных уровней общности и образуют ещё одну дедуктивную иерархию как часть общей концептуальной пирамиды познавательной ситуации. Концепции и понятия составляют уровень первого порядка, их конкретные репрезентации относятся к уровню второго порядка. Очевидно, в той мере, в какой средства репрезентации корректно организованы их создателями и адекватно воспринимаемы их целевыми пользователями, они могут способствовать более полному пониманию исследуемых объектов, включая взаимосвязи между их элементами (Bertin, 1983; Beghtol, 1996).

Практическая реализация таких «технических метафор» зависит от природы моделируемых объектов и вопросов, адресованных им. Будучи концептуальными по своей сути, репрезентации могут принимать различные формы — текстовые, графические, математические, физические и т. п. Большинство из них возникли как концептуально нагруженные определёнными сценариями иерархизации, немногие являются нетеоретическими; их форматы и популярность со временем менялись.

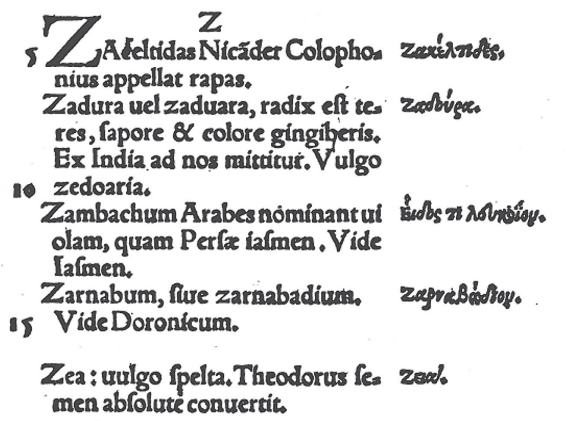
В биологической систематике наиболее важными являются два общих стиля репрезентации — *текстовый* (включая лингвистический, «формульный» и т. п.) и *графический* (включая диаграммный), они заметно различаются как по форме, так и по характеру восприятия содержащейся в них информации (Messaris, 1994). Способы оформления второго из указанных стилей в общем случае обозначаются как *концептуальные графы* и рассматриваются как особые знаки некоего понятного на международном уровне графического средства («языка») общения (Sowa, 1976); из них для нас важны два основных вида диаграмм: *древовидные* и *плоскостные*. Визуально воспринимаемый графический стиль репрезентации знаний был самым ранним в истории человечества, о чём свидетельствуют хорошо сохранившиеся петроглифы; однако в истории рациональности текстовый стиль, по-видимому, был первичным.

К любому стилю репрезентации иерархической структуры классификаций предъявляются два основных требования: а) репрезентация должна чётко отражать лежащие в их основе сценарии иерархизации и б) структура репрезентации должна быть легко читаемой и понятной. Оба условия требуют определённого знания предмета и некоторых навыков. В этой главе рассматриваются наиболее важные стили репрезентации и их различные форматы, принятые в биологической систематике.

4.1. Текстовый стиль

Текстовое представление знаний об окружающем мире восходит к древнейшим письмен-

ным культурам, оно доминировало в античной натурфилософии и пронизывало всю историю систематики. В ранней истории (или, скорее, поздней предыстории) систематики форматы текстовой репрезентации разнообразия живой природы были в основном прагматически мотивированными. По этой причине в эпоху травников (XIII–XVI вв.) довольно популярным было *алфавитное* расположение таксонов, основанное на начальных буквах их названий (Sachs, 1906; Arber, 1938; Павлинов, 2018) (рис. 4.1). Современные исследователи обычно характеризуют этот формат как эмпирический, едва ли насыщенный какой-либо теорией, однако в нём можно усмотреть некоторое влияние платонистических и каббалистических идей. Последние подразумевают, что названия организмов — это не просто случайные сочетания букв, они имеют определённый смысл, так что их алфавитное расположение может быть связано с их скрытым значением в загадочном «мире слов».


Z

Zadeltidas Nicāder Colophonius appellat rapas. ζαιλίνδες.

Zadura uel zaduara, radix eſt teres, ſapore & colore gingiberis. Ex India ad nos mittitur. Vulgo zedoaria. ζαδύρα.

Zambachum Arabes nóminant uiolam, quam Perſæ ſaſmen. Vide Saſmen. ἴωδες τὸ λευκόιον.

Zarnabum, ſiue zarnabadium. Vide Doronicum. ζαρνάβαδον.

Zea: uulgo ſpelta. Theodorus ſemen abſolute conuertit. ζεά.

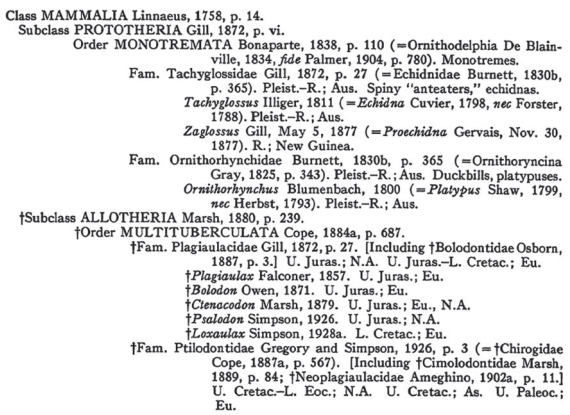
Рис. 4.1. Пример алфавитного порядка размещения родов растений в травниках XVI в. (Gesner, 1542).

Последующее развитие этого стиля освободило его от прежней прагматической мотивации с сопутствующими ей форматами (алфавитный и др.) и предложило новое, *систематическое* текстовое расположение таксонов. Этот новый формат должен был каким-то образом отражать идею *Systema* или *Order Naturae*, одновременно служа и специфической поисковой системой. В наиболее простом виде он представляет собой определённым образом упорядоченный список поименованных классификационных единиц, в равной степени применимый к включающей и линейной (невключающей) иерархиям. Примером первой служит последовательность таксономических рангов, упорядоченных согласно уровням общности в *Lois de la nomenclature botanique* А. де Кандоля, примером второй — последовательность названий организмов, размещённых согласно Лестнице бытия в *Traité d'insectologie* Ш. Бонне (см. рис. 1.4, 1.7 в главе 1). Интересно отметить, что (вероятно, по историческим причинам) репрезентация уровней общности соответствовала нисходящему формату «по Платону», в то время как репрезентация Лестницы бытия имела восходящий формат «по Аристотелю». Список де Кандоля демонстрирует популярный текстовый формат, предполагающий выравнивание с отступом названий рангов в соответствии с их размещением в таксономической иерархии.

Текстовые репрезентации *синоптических* (обобщающих) классификаций более информативные: они включают списки конкретных таксонов с некоторой сопутствующей информацией, такой как списки синонимов, некоторые библиографические данные (даты и авторы публикаций), данные о распространении (географические и геологические), иногда диагностические признаки и т. д. Их современный более или менее стандартизированный формат унаследован от долиннеевских времен. Соответствующие тексты чаще всего оформляются (а иногда и обозначаются) в виде таблиц, в которых таксоны разных рангов расположены по центру или с отступом, их положение в таксономической иерархии косвенно указывается определёнными стилями их заголовочных обозначений (рис. 4.2).

Очевидно, что чем более дробной и «глубокой» является иерархия классификаций и чем шире их охват, тем менее удобной становится их текстовая репрезентация, особенно если в ней используется исключительно формат абзацных отступов. Таким образом, остаётся согласиться с мнением Дэвида Халла, , что «отступ — слишком слабый способ представления для отображения каких-либо систематический отношений» (Hull, 1968, p. 473). Определённое «классическое» форматирование текстов (шрифты и т. д.) всё ещё остаётся актуальным в учебниках и систематических сводках, но оно теряет свою применимость в тех областях практической систематики, в которых доминируют цифровые технологии (см. далее). Стандартное текстовое представление ранговых и безранговых таксономических систем отличается только тем, что в первой указаны определённые ранги, а во второй они отсутствуют.

Если синоптическая классификация в систематической сводке включает списки синонимов для конкретных таксонов, они форматируются в соответствии с определёнными правилами, раз-



Class MAMMALIA Linnaeus, 1758, p. 14.
Subclass PROTOTHERIA Gill, 1872, p. vi.
Order MONOTREMATA Bonaparte, 1838, p. 110 (=Ornithodelphia De Blainville, 1834, *fide* Palmer, 1904, p. 780). Monotremes.
Fam. Tachyglossidae Gill, 1872, p. 27 (=Echidnidae Burnett, 1830b, p. 365). Pleist.–R.; Aus. Spiny "anteaters," echidnas.
Tachyglossus Illiger, 1811 (=*Echidna* Cuvier, 1798, *nec* Forster, 1788). Pleist.–R.; Aus.
Zaglossus Gill, May 5, 1877 (=*Proechidna* Gervais, Nov. 30, 1877). R.; New Guinea.
Fam. Ornithorhynchidae Burnett, 1830b, p. 365 (=Ornithoryncina Gray, 1825, p. 343). Pleist.–R.; Aus. Duckbills, platypuses.
Ornithorhynchus Blumenbach, 1800 (=*Platypus* Shaw, 1799, *nec* Herbst, 1793). Pleist.–R.; Aus.
†Subclass ALLOTHERIA Marsh, 1880, p. 239.
†Order MULTITUBERCULATA Cope, 1884a, p. 687.
†Fam. Plagiaulacidae Gill, 1872, p. 27. [Including †Bolodontidae Osborn, 1887, p. 3.] U. Juras.; N.A. U. Juras.–L. Cretac.; Eu.
†*Plagiaulax* Falconer, 1857. U. Juras.; Eu.
†*Bolodon* Owen, 1871. U. Juras.; Eu.
†*Clenacodon* Marsh, 1879. U. Juras.; Eu., N.A.
†*Psalodon* Simpson, 1926. U. Juras.; N.A.
†*Loxaulax* Simpson, 1928a. L. Cretac.; Eu.
†Fam. Ptilodontidae Gregory and Simpson, 1926, p. 3 (=†Chirogidae Cope, 1887a, p. 567). [Including †Cimolodontidae Marsh, 1889, p. 84; †Neoplagiaulacidae Ameghino, 1902a, p. 11.] U. Cretac.–L. Eoc.; N.A. U. Cretac.; As. U. Paleoc.; Eu.

Fig. 4.2. Пример типичного систематического порядка размещения таксонов млекопитающих в современной сводке (Simpson, 1945).

работанными в XIX и начале XX вв. В общем случае синонимы — это таксономические названия, которые относятся к представителям одного и того же таксона некоторого уровня общности (ранга). Соответственно, *старший синоним* считается действительным названием таксона, помещённым в качестве заголовка в начале очерка о нём, оно используется в качестве уникального *референтного термина* в соответствующей литературе. Все остальные названия являются *младшими синонимами*, они перечислены в хронологическом или алфавитном порядке с указанием дат их публикации, авторов, библиографических ссылок и некоторой другой сопутствующей информации.

В случае линейного расположения классификаций в текстовом формате его чисто вербальная конструкция может быть усложнена включением некоторых символов для обозначения конкретных иерархических отношений между компонентами классификации. Наиболее популярными являются два следующих математических символа: «$A \Rightarrow B \Rightarrow C$» указывает порядок соподчинения компонентов A, B и C в невключающей иерархии, «$A \supset B \supset C$» указывает их порядок вложенности во включающей иерархии. Эти «формулы» гласят (слева направо), что A главенствует над B и C, B главенствует над C в первом случае; A содержит B и C, B содержит C во втором случае. Например, в армии первое может относиться к воинским званиям (маршал, генерал, полковник и т. д.), а второе — к соответствующим подразделениям, находящимся под их командованием (армия, бригада, полк и т. д.).

Специфическая формализация текстового представления иерархий в биологической систематике была предложена так называемой нумериклатурой с её специальным числовым кодированием рангов в дополнение к стандартным таксономическим названиям. Например, в варианте, предложенном В. Хеннигом в его сводке *Die Stammesgeschichte der Insekten* (Hennig, 1969), начало иерархической классификации основных групп эктогнатных насекомых выглядит следующим образом:

2.1. Archaeognatha (Microcoryphia)
2.2. Dicondylia
2.2.1. Zygentoma
2.2.2. Pterygota
2.2.2.1. Palaeoptera
2.2.2.1..1. Ephemeroptera
2.2.2.1..2. Odonata

Тенденция к «нумерикализации» текстового стиля привела к изобретению «почти формульного» *nexus*-формата для репрезентации включающей иерархии таксонов в численной систематике, в настоящее время он широко применяется в соответствующих компьютерных программах (напр., Maddison et al., 1997; Felsenstein, 2004). Этот скобочный формат текстовой репрезентации записывает иерархические отношения между таксонами A, B, C, D, E следующим образом: (A ((B, C), (D, E))).

Особый текстовый формат применяется для составления идентификационных ключей, которые являются важным видом прагматических классификаций специального назначения. В отличие от синоптических классификаций общего назначения, основная идея которых заключается в отражении *Systema Naturae* в любой из её версий (типологической, филогенетической и т. д.), ключи реализуют алгоритмы таксономической идентификации организмов, т. е. их отнесения к конкретным таксонам. В ранней истории биологической систематики таксономические классификации выполняли как синоптическую, так и идентификационную функции. Эти две основные функции впервые были чётко разделены Ж.-Б. Ламарком в его монографии «Французская флора» (Lamarck, 1778). Он предложил специальную пошаговую иерархическую дихотомическую структуру ключей, представленных в смешанном текстово-скобочном формате, в котором шаги идентификации были последовательно пронумерованы (рис. 4.3). Во второй половине XX в. появилась обширная литература по теории и методологии идентификационных ключей, для них было разработано несколько текстовых и табличных форматов, включая новейшие цифровые технологии (Лобанов, 1972; Свиридов, 1994; Hagedorn et al., 2010).

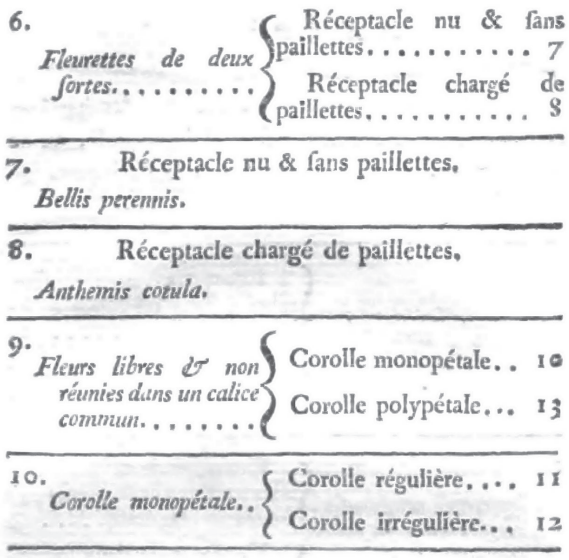
* * *

Особый формат текстового стиля репрезентации составляют 2D таблицы и решётки. В них столбцы и строки соответствуют определённым параметрам (переменным, признакам и т. д.), а ячейки соответствуют таксонам одноуровневой системы классификации. Такие таблицы (решётки) являются специфическим вариантом параметрических когнитивных систем (см. о них раздел 2.7), главное преимущество которых их сторонники видят в возможности прогнозирования таксонов, характеризуемых определёнными комбинациями признаков (Любищев, 1982; Архангельский, 1996; Попов, 2008; см. рис. 1.8 в главе 1). Такая таблица особенно наглядна в случае скоррелированности параметров, которая влечёт за собой разные вероятности их конкретных сочетаний. Этот факт облегчает выделение таксонов высокого уровня, характеризующихся устойчивыми комбинациями диагностических признаков в соответствии с вышеупомянутым *принципом запрета* (Заварзин, 1969; Заренков, 1988; см. раздел 3.6).

* * *

Современные достижения в области цифровых технологий, применяемых в биологической систематике, привели к развитию довольно обширной индустрии *таксономических баз данных* (ТБД), что неизбежно отражается на стилях представления соответствующих таксономических систем. Из двух основных типов архитектуры ТБД, *иерархической* и *реляционной*, последняя по ряду соображений признана наиболее подходящей для практических нужд систематики (Raguenaud et al., 1999). Хотя ТБД являются «технологически» цифровыми, они, тем не менее, сохраняют общий текстовый стиль представления информации о таксонах, включая их иерархическое включающее соподчинение. Таким образом, если не вдаваться в технические подробности, ТБД, по-видимому, не имеют специфических средств для представления таксономических иерархий, а скорее работают с одноуровневыми таблицами, в которых иерархии устанавливаются пользователями стандартным текстовым способом (напр., Голованов, 2004).

Разработка этого технологического подхода к сбору, хранению и извлечению данных, имеющих отношение к таксономическим вопросам, сталкивается с определёнными трудностями из-за нечёткого характера систематических знаний (Raguenaud et al., 1999; Pullan et al., 2000).


6. *Fleurettes de deux sortes.* — Réceptacle nu & sans paillettes. . . . . 7 / Réceptacle chargé de paillettes. 8

7. Réceptacle nu & sans paillettes. *Bellis perennis.*

8. Réceptacle chargé de paillettes. *Anthemis cotula.*

9. *Fleurs libres & non réunies dans un calice commun.* . . . . . — Corolle monopétale. . 10 / Corolle polypétale. . . 13

10. *Corolle monopétale.* . — Corolle régulière. . . . 11 / Corolle irrégulière. . . 12

Рис. 4.3. Один из ранних вариантов текстово-скобочного формата для идентификационных ключей (Lamarck, 1778).

Основная проблема в том, что это препятствует установлению необходимых строгих связей между различными записями в ТБД, касающимися таксономических названий и рангов. Среди наиболее важных причин такой сложной ситуации — длительная и порой запутанная история таксономических исследований и разнообразие их концептуальных основ, что влечёт за собой разнообразие таксономических систем для конкретных групп организмов, а также довольно обширные списки синонимов и омонимов.

Чтобы свести к минимуму влияние нечёткости описательного языка систематики, эксперты в области ТБД разрабатывают специальные высоко формализованные унифицированные *онтологии* (Smith, 2004; Göpel, 2024) и в связи с этим обращают особое внимание на их лингвистический (т. е. в основном текстовый) аспект (Vogt et al., 2013). Подобные онтологии понимаются не философски, а «технологически»; они разрабатываются таким образом, чтобы охватывать строго определяемые и довольно формализованные базовые словари для систематики, главным образом для её мерономического раздела (Mabee et al., 2007; см. раздел 2.4). Однако все эти разработки неизбежно наталкиваются на рассмотренную выше обратную зависимость между строгостью и осмысленностью понятий (см. раздел 2.3), которая накладывает определённые ограничения на строгость словарей ТБД. На этом фоне появляющиеся время от времени предложения каким-то образом учесть нечёткость базового тезауруса систематики в структуре ТБД, используя нестрогие понятия,

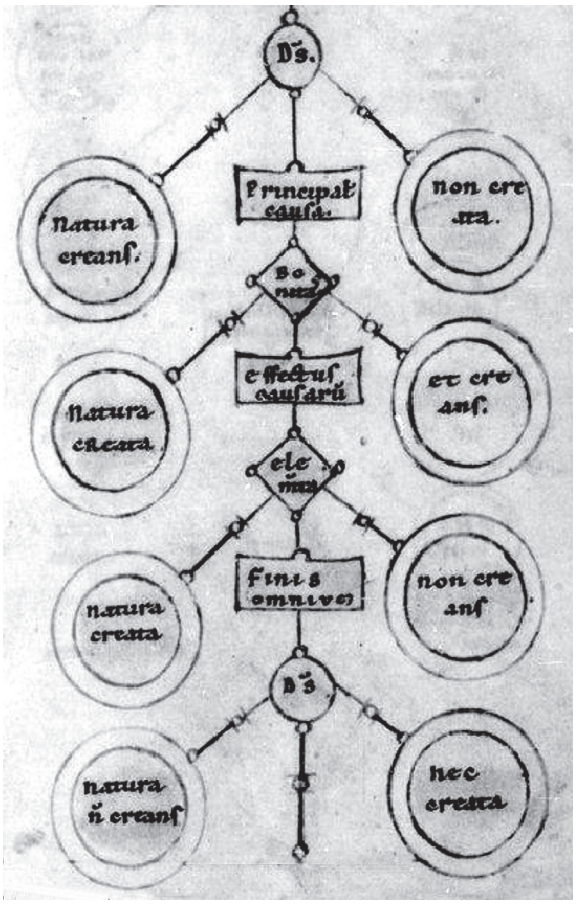


Рис. 4.4. Одно из ранних начертаний дерева Порфирия в упрощенном линейном формате (Honorius, 1001–1200).

такие как *потенциальный таксон*, кажутся достаточно интересными.

4.2. Древовидный стиль

Древовидная схематическая репрезентация иерархически организованного разнообразия как вещей, так и представлений о них стала стандартом со времён ранней схоластики (Barsanti, 1992; Salonius, Andrea, 2014; Dardağan, 2018). Этот стиль значительно эволюционировал в отношении конкретных форматов деревьев, одни из которых были схематичными, а другие весьма живописными («барочными»), горизонтальными или вертикальными, восходящими или нисходящими и т. д. Для наших целей следует чётко различать два основных типа этого стиля, которые существенно различаются по своему назначению, — либо как деревья *связывания*, либо как деревья *категоризации*. Они стали частью постантичных философских дискурсов примерно в одно и то же время, но их происхождение, по-видимому, было разным. Первый тип был основан на изначальной «связующей» идее Мирового дерева, а второй — на «разделяющем» стиле мышления, выражающем платоновскую натурфилософскую идею эманации Единого.

Следует оговорить, что эти две натурфилософские идеи были принципиально схожи в качестве предполагаемых «идеальных» причин материального разнообразия вещей. Последние были порождены творческой активностью определённой глобальной первопричины — либо плодоношением Мирового дерева, либо эманацией Единого. Таким образом, их только что указанные смысловые значения во многом обусловлены различными мировоззрениями ранних пост-античных мыслителей, которые выбирали соответствующие древовидные метафорические репрезентации (модели) в качестве наиболее подходящих эпистемических элементов для конкретных онтических контекстов.

* * *

Как уже говорилось в нашем историческом обзоре, самая ранняя древовидная диаграмма появилась в первых комментариях *Isagogen Porphyrii* Боэция и была принята в качестве стандартной иллюстрации логической родо-видовой схемы в большинстве последующих философских трактатов, начиная с IX–X вв. В нескольких трудах XIII в. она была названа *деревом Порфирия* в честь философа-неоплатоника Порфирия (см. раздел 1.3), каковое обозначение затем стало общим для всех древовидных диаграмм, рассматриваемых в философских контекстах. Это дерево изначально фигурировало в *линейном* формате (рис. 4.4) и независимо от внешнего облика выполняло функцию как категоризации, так и связывания, т. е. иллюстрировало а) последовательность разделения высших родов на низшие и, в конечном счёте, на виды и б) логические связи между ними. Этот формат стал основным в более поздних работах логиков, вплоть до современных, он теперь используется в том числе компьютерщиками (напр., Hacking, 1983, 2007; Huth, Ryan, 2004;). Кроме того, такой формат служит стандартом для представления невключающих иерархий *деревьев решений* (Azad et al., 2022).

Основная цель такой древовидной фигуры при её динамической интерпретации состоит в том, чтобы проиллюстрировать последовательность дедуктивного логического вывода понятий разных уровней общности на основе бинарной логики; при статическом рассмотрении она функционирует как репрезентация итоговой логической родо-видовой иерархии. Деревья, появившиеся в вышеупомянутом *Tractatus* Петра Испанского, характеризовались

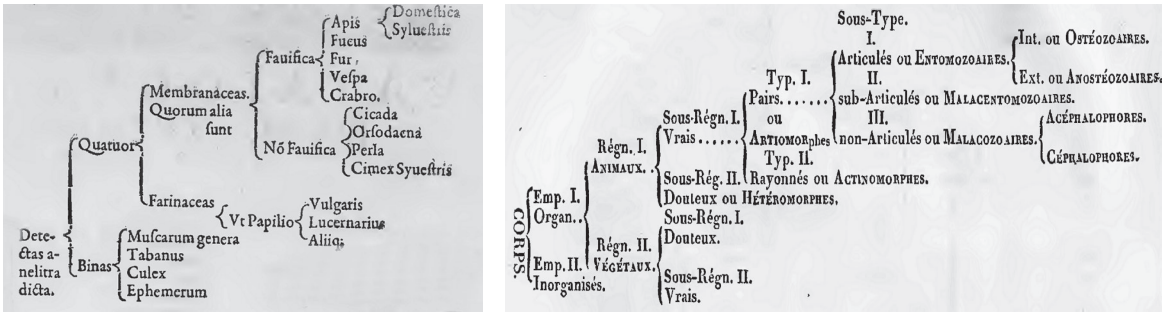


Рис. 4.5. Примеры одного из наиболее ранних (Aldrovandi, 1618; слева) и поздних (de Blainville, 1816; справа) применений дерева Рамуса в систематике.

двумя особенностями (Barsanti, 1992; Dardağan, 2018). Во-первых, каждое из них было упорядочено согласно шкале логических сущностей (родов), иерархически выстроенных от высшей к низшей вдоль центральной оси дерева; в такой интерпретации дерево Порфирия иногда обозначалось как *Лестница предикатов* (*Scala praedicamentalis*) (Peirce, 1920). Во-вторых, пары боковых ответвлений, отходящих от узлов центральной оси, которые соответствовали этим родовым сущностям, демонстрировали бинарные оппозиции логических видов, на которые разделялись соответствующие роды. Такое дерево чаще всего занимало вертикальное положение, чтобы наглядно представить нисходящий порядок логической дедукции; однако в некоторых изданиях *Tractatus* и во многих более поздних схоластических трудах можно увидеть противоположную, восходящую последовательность (Dardağan, 2018). Интересно, что на некоторых рисунках дерево Порфирия было представлено в стандартном нисходящем формате — например, в виде последовательности логических родов от *Substantia* к *Homo*, но у его основания показаны корни, поэтому оно выглядело так, как будто выросло из воображаемой «почвы» (Peirce, 1920; см. рис. 1.2 в главе 1). Можно предположить, что такое «укоренение» было связано с натурфилософской идеей Мирового древа (см. об этом ниже).

Дальнейшее графическое развитие древовидного стиля привело к его важной модификации, которая стала известна как *дерево Рамуса* (названо в честь логика Петра Рамуса) (Ong, 1958; Dardağan, 2018). В нём прежний линейный формат заменён *скобочным*, чтобы более чётко иллюстрировать логическую соподчинённость родов и видов разных уровней общности (см. рис. 1.3 в главе 1). Одной из наиболее важных особенностей дерева Рамуса было то, что его скобочная структура оказалась наиболее подходящей для реализации классификационной функции по сравнению со стандартным деревом Порфирия. Причина в том, что структура последнего была жёстко продиктована его центральной осью, которая отсутствует в дереве Рамуса. Таким образом, этот новый формат предоставил возможность визуализации включающих иерархий многоаспектного разнообразия многочисленных объектов. В то же время важно было то, что древо Рамуса было полностью совместимо с таковым Порфирия, что давало возможность применять и интерпретировать оба этих формата одинаковым образом.

Формат дерева Рамуса применялся во многих трудах схоластической и ранней постсхоластической систематики, начиная с наиболее продвинутых поздних травников и ранних трактатов научной систематики (напр., Gesner, 1560; Aldrovandi, 1618; рис. 4.5, лев.) и вплоть до первой половины XIX в. В более поздних работах его наиболее существенной особенностью стала репрезентация ранговой иерархии классификаций: упорядоченность ветвления деревьев соответствовала последовательности таксономических рангов. Такие вполне типичные скобочные древовидные схемы можно увидеть в уже упоминавшемся *Prodrome* зоолога А. де Блэнвиля, который проиллюстрировал таким образом все основные подразделения животного мира (Blainville, 1816; рис. 4.5, прав.). В России одним из последних примеров такого рода стала диссертация «Таксономические единицы и группы» зоолога Сергея Усова (1827–1886), который изобразил в таком формате иерархию основных групп позвоночных животных (Усов, 1867, с. 143). Подобные деревья иногда обозначались как «квази-генеалогические», хотя на самом деле они не имеют ничего общего с генеалогией и филогенезом (Panchen, 1992).

Впоследствии доминирующими в биологической систематике стали филогенетические, а затем фенетические деревья. Две эти ключевые интерпретации древовидных диаграмм,

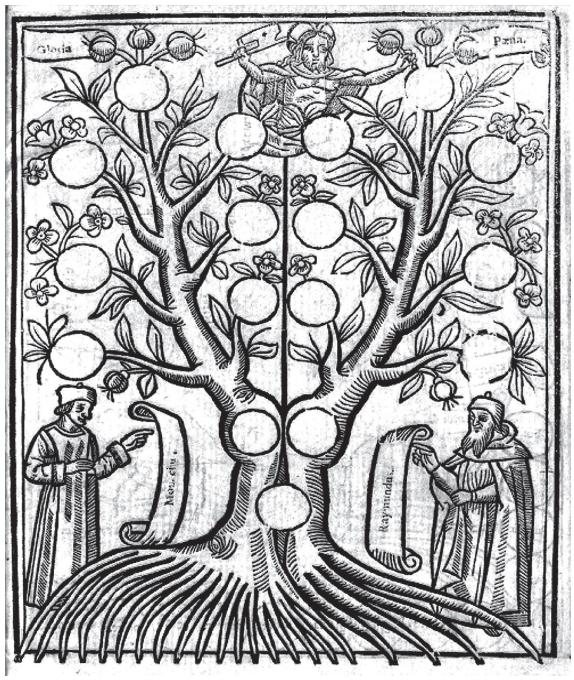


Рис. 4.6. Дерево знаний (*Arbor Scientiae*) — одна из первых версий генерационного дерева (Lull, 1515).

по-видимому, нельзя считать производными логического дерева Порфирия или Рамуса. Действительно, филогенетическое древо (рассмотренное ниже) — это особый вид дерева связей, в то время как фенетическое древо, известное как *феногramма*, безусловно, является классификационным, и всё же оно также не может быть напрямую выведено из более ранних логических деревьев, поскольку не подразумевает никакой логической дедукции.

Основная функция фенетического дерева (фенограммы) состоит в том, чтобы проиллюстрировать иерархию отношений сходства/различия по многим признакам между организмами, при условии, что его базовый уровень соответствует уровню минимального сходства сравниваемых объектов (Sokal, Sneath, 1963; Sneath, Sokal, 1973; Abbot et al., 1985; Sokal, Rohlf, 2009) (см. рис. 3.4 в главе 3). Фенограммы могут быть либо *разделяющими*, либо *объединяющими*, в зависимости от применяемых алгоритмов их вывода. Последовательности их ветвления демонстрируют иерархию безранговых групп (кластеров). По своей ориентации они бывают либо вертикальными, либо горизонтальными, причём первые могут быть восходящими или нисходящими. Все сравниваемые единицы занимают на них терминальное положение и расположены на одном уровне, что означает отсутствие рефлексивных отношений между ними. Эти единицы могут соответствовать либо организмам (таксономический аспект), либо их признакам (мерономический аспект), что формализуется как *Q*- или *R*-модусы анализа отношений сходства/различия, соответственно (Sneath, Sokal, 1973).

* * *

Параллельно с деревьями Порфирия/Рамуса в их функции категоризации разрабатывался ещё один древовидный формат репрезентации, обозначенный здесь как *Генерационное дерево* (*Arbor Generationis*). Его персонифицированное обозначение, вероятно, следует дать в честь испанского философа и теолога Раймунда Луллия (Raymund Lull; 1235–1315) за его знаменитый трактат «Дерево наук» (*Arbor Scientiae*), которое он объяснил как «Порождение [как] общий принцип элементного дерева» (Lull, 1515; рис. 4.6). При динамическом рассмотрении это дерево иллюстрирует предполагаемое последовательное происхождение множества объектов некоторого типа, будь то физические тела или идеальные концепции; при статическом рассмотрении оно указывает на их взаимосвязи, или «сродство»; в обоих случаях их происхождение/сродство обозначается соединяющими линиями. Следует напомнить, что дерево Порфирия изначально также выполняло такую связующую функцию, наряду с категоризацией указывая связи между последовательно возникающими сущностями соединительным линиями; однако в естественной истории была закреплена в основном его функция категоризации. В случае же *дерева Луллия* его особая связующая функция была изначально и позже осталась единственной.

Связующее дерево, по-видимому, было специфическим производным универсального архетипического образа так называемого *Мирового* (*Космического*) *дерева*, присущего мифологическим картинам мира многих архаичных культур. Это было невообразимо колоссальное дерево, выросшее из своего корня и породившее все материальные и идеальные сущности во Вселенной; рассматриваемое как нечто «живое», давшее начало всему сущему, оно также называлось *Деревом жизни* (*Lignum vitae*) (Cook, 1988). Считалось, что Мировое древо, будучи глобальной осью мира, обеспечивает гармоническую целостность Вселенной, соединяя небесный мир (крона), земной мир (ствол) и подземный мир (корни). Полностью осуществившее свою творческую силу, это дерево мыслилось как источник не только всей Вселенной, но и знаний о ней. Так что одновременно оно было и *Деревом познания*, которое обрело особый смысл в

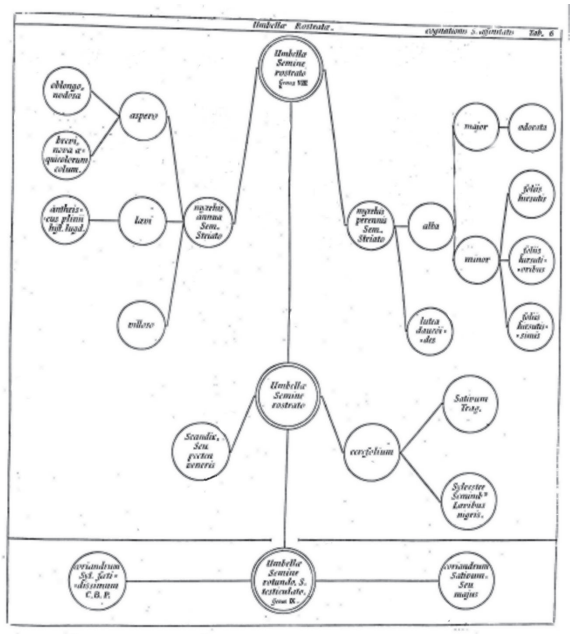


Рис. 4.7. Первая в систематике древовидная репрезентация сродства растений (Morison, 1672).

контексте легенды библейской Книги Бытия о грехопадении первых людей (Hammand, 1918).

Одной из наиболее важных (для нас) реализаций общей идеи Генерационного дерева стало *генеалогическое дерево* (*Arbor genealogiae*), появившееся в пост-античной культуре. Первоначально оно изображало родословные избранных библейских персонажей, а затем многочисленных королевских и дворянских семейств, и в такой ипостаси приобрело особую популярность начиная с позднего Средневековья (Klapisch-Zuber, 1991; Barsanti, 1992; Worm, 2014; Lima, 2017). Каждое генеалогическое дерево разрабатывалось таким образом, чтобы представлять историю поколений в некотором роду или семействе, а также родственные отношения между их членами. И то, и другое отображалось схемой ветвления дерева, общая упорядоченность которого определялась положением фиксированного корня, соответствующего первоначальному событию в генеалогической истории. Генеалогические деревья были весьма разнообразны по своему формату; одной из их важных особенностей была их вертикальная ориентация: среди них были как нисходящие, так и восходящие. Благодаря тому, что генеалогическое дерево отсылало к историческим событиям, оно стало предпосылкой для его последующей трансформации в эволюционное древо (см. далее).

Что касается естественной истории, то первая древовидная диаграмма связей, отдалённо напоминающая генеалогическое дерево, появилась, вероятно, в труде «Зонтичные растения» (*Plantarum umbelliferarum*) шотландского ботаника Роберта Морисона (Robert Morison, 1620–1683) . Он изобразил четыре таких дерева, каждое из которых назвал «Таблицей сродства и близости» (*Tab. Cognationis & Affinitatis*), они не имели явной вертикальной ориентации и поэтому (в современных терминах) это были скорее неориентированные сети, нежели типично укоренённые генеалогические деревья (Morison, 1672; рис. 4.7). Примечательно, что древовидные схемы Морисона представляли собой не столько отдельные роды и виды зонтичных растений, сколько анатомические особенности их цветков, т. е. это были не таксономические, а мереономические деревья. Таксоны как таковые Морисон охарактеризовал в основной части своей книги, причём их иерархические отношения были проиллюстрированы многочисленными типичными скобочными деревьями Рамуса.

Древовидные диаграммы, иллюстрирующие близость (сродство) различных групп растений и животных, стали весьма популярными в систематической литературе в конце XVIII и начале XIX вв. (Barsanti, 1992; Stevens, 1994; Hellström, 2012; Pietsch, 2012). Эти схемы варьировали от довольно простых до весьма сложных, что, очевидно, зависело от того, как те или иные систематики представляли себе взаимоотношения изучаемых организмов. Их можно несколько условно разделить на две основные категории — сети и собственно деревья, разумеется, с многочисленными переходными вариантами. Ранние укоренённые «линейные» деревья связывающего типа могли включать в себя и некоторые черты деревьев категоризации, заимствованные из скобочного формата дерева Рамуса (напр., Rüling, 1766). Многие авторы сочетали древовидные схемы с плоскостным стилем представления систематических отношений (см. далее).

Формат сетевого представления подразумевает неориентированный древовидный граф, а если последний соотносится с сетчатым характером связей типа «многие со многими», то он принимает форму *паутины*. Такие сети стали популярны в XX в. с развитием численной фенетики (Lam, 1937; Sokal, Sneath, 1963; Смирнов, 1969; Sneath, Sokal, 1973; рис. 4.8).

Одной из самых ранних древовидных репрезентаций генеалогических связей в систематике стало «ботаническое дерево» (*Arbre botanique*) французского ботаника Огюстена Ожье (Augustine Augier; 1758– 1825) в его «Очерке новой классификации» (*Essai d'une nouvelle classifi-*

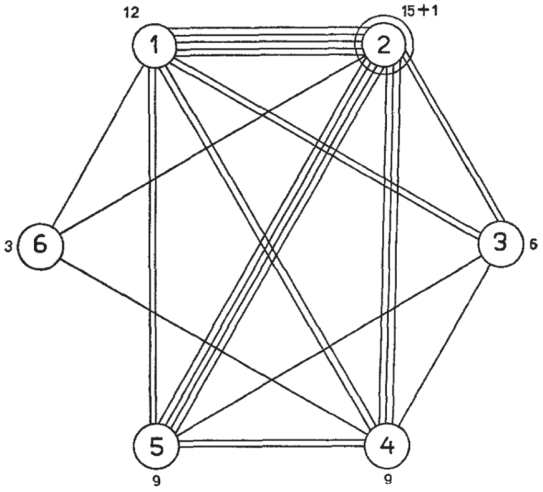


Рис. 4.8. Сетевое представление сходственных отношений между видами одного рода; количество линий, связывающих виды, указывает количество общих признаков (Lam, 1937).

cation). Это дерево по своей форме, очевидно, восходит к идее Генерационного дерева и может рассматриваться как прототип будущих эволюционных деревьев (Augier, 1801; рис. 4.9). Его общая конфигурация была восходящей, но в нём, похоже, отсутствовало явное временно́е измерение (Stevens, 1983, 1994; Barsanti, 1992; Павлинов, 2005; Ragan, 2009; Tassy, 2011; Pietsch, 2012).

Первая древовидная схема, изображающая эволюционные взаимоотношения между некоторыми крупными группами животных, появилась в уже упоминавшейся работе Ж.-Б. Ламарка *Philosophie zoologique* (1809 г.). Однако его дерево было довольно специфично в двух отношениях. Во-первых, его эволюционный смысл, по-видимому, скорее подразумевался, чем был чётко читаем, поскольку соединяющие линии в нём были пунктирными и выглядели как отсылка к чему-то неопределённому и спекулятивному (рис. 4.10). Во-вторых, оно было нисходящим, подобно дереву Порфирия, а не восходящим, что станет характерным для всех будущих эволюционных деревьев. И всё же схема Ламарка была очень важна, поскольку она, без сомнения, была первой эволюционно интерпретированной, подразумевавшей временно́е измерение.

Следующая волна внедрения идеи Генерационного дерева в систематику была инициирована эпохальными трудами Дарвина и Геккеля (Darwin, 1859; Haeckel, 1866), которые заложили основу как для эволюционного объяснения иерархической структуры разнообразия организмов, так и его схематических репрезентаций. Это объяснение добавило критически важное

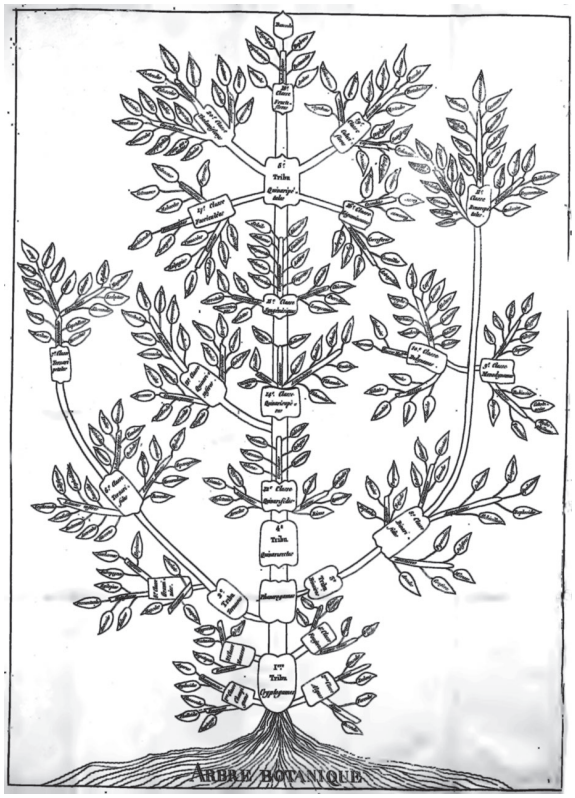


Рис. 4.9. Первое в систематике генеалогическое дерево для растений (*Arbre botanique*) (Augier, 1801).

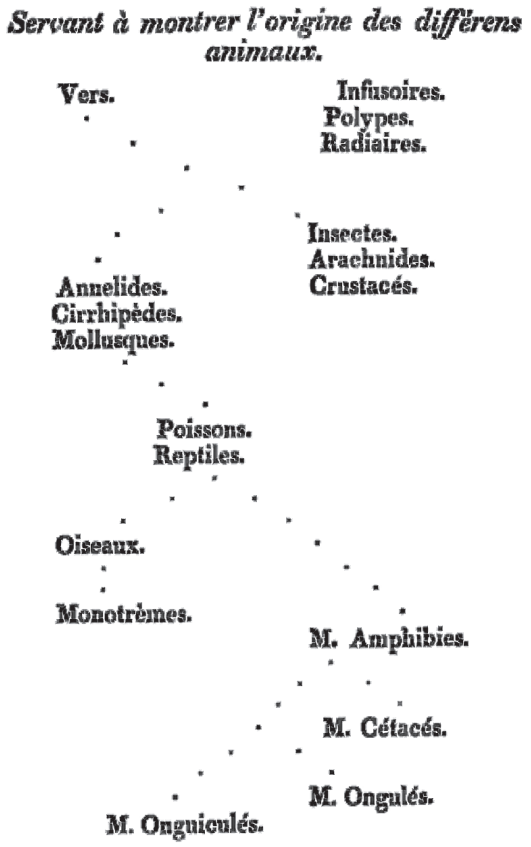


Рис. 4.10. Первое в биологической литературе эволюционное дерево (Lamarck, 1809).

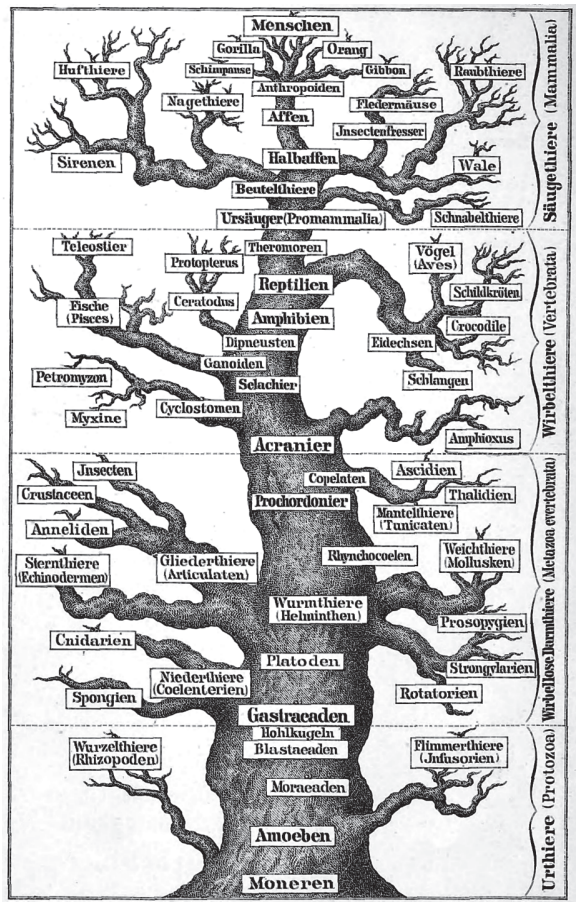


Рис. 4.11. Наиболее «живописное» изображение филогенетического дерева у Э. Геккеля (Haeckel, 1891).

временно́е измерение к рассмотрению иерархий, а древовидное представление отныне стало называться *эволюционным* или *филогенетическим* деревом, или *деревом истории*. Ч. Дарвин лишь однажды изобразил локальную генеалогическую схему, чтобы проиллюстрировать свою идею о постепенном превращении географических форм в виды (Archibald, 2014). Э. Геккель же рассматривал глобальное *Дерево жизни*, охватывающее всю живую природу, поэтому его древовидные диаграммы стали наиболее влиятельными и судьбоносными в этом отношении. Вместе с тем, важный концептуальный сдвиг, отмеченный Геккелевыми деревьями, оказался не таким уж радикально новым, если рассматривать его с широкой натурфилософской точки зрения. В самом деле, его эволюционные ветвящиеся деревья, особенно в живописном формате, обычно изображались устремлёнными вверх, а их центральные стволы напоминали Лестницу совершенства, к которой добавлялись многочисленные боковые ветви (рис. 4.11).

Независимо от их стандартной восходящей ориентации и схемы ветвления, эволюционные деревья разнообразны во многих других отно-

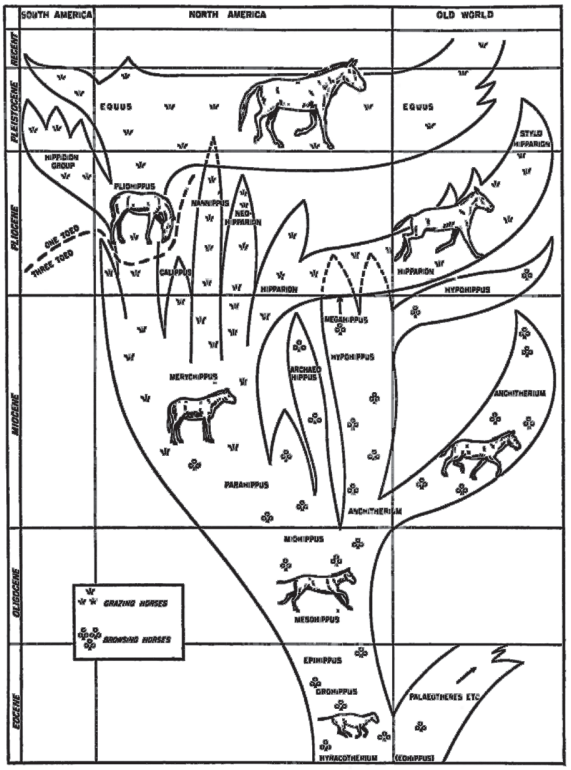


Рис. 4.12. Высоко информативное изображение филогенетического дерева семейства лошадиных у Д. Симпсона (Simpson, 1951b).

шениях, включая их содержание и форматы, так что они могут столь же значительно различаться по внешнему виду, как и их «человеческие» родословные предшественники (Lam, 1936; Козо-Полянский, 1949; Voss, 1952; O'Hara, 1991, 1996; Barsanti, 1992; Pietsch, 2012). Крайности таких различий были очевидны уже в случае деревьев Геккеля, одни из которых были очень схематичными, а другие довольно живописными (см. рис. 1.5 в главе 1; рис. 4.11). Основная эволюционная информация, содержащаяся в традиционных филогенетических деревьях, определяется а) положением узлов дерева относительно его корня и б) длиной и направлениями ветвей, а их декоративность почти ничего не добавляет к информативности. Последовательности узлов отражают относительное время филогенетических событий, длины ветвей соответствуют уровням развития и продолжительности существования соответствующих групп, а направления ветвей указывают особенности специализации организмов. Кроме того, наиболее информативные эволюционные деревья могут указывать степень дивергенции и продвинутости, географическое распространение, разнообразие и другие эволюционные характеристики этих групп (рис. 4.12). Джон Грегг назвал *усечёнными* (truncated) иерархии,

представленные деревьями с разной длиной ветвей и, соответственно, с различным положением терминальных узлов относительно корня (Gregg, 1967). Филогенетическое дерево, которое особым образом иллюстрирует гипотетические отношения между предками и потомками, предложено называть *каулограммой* (caulogram) (Zander, 2010, 2024, 2025).

Кладистическая версия филогенетической систематики предполагает чрезвычайно упрощенное общее понимание эволюционной истории, анализируя в ней только последовательности кладистических событий (Hennig, 1950, 1966; Nelson, Platnick, 1981; Wiley, 1981; Павлинов, 1990, 2005; Wägele, 2005; и др.). Соответственно, все остальные только что перечисленные особенности эволюционной истории, очень важные с биологической точки зрения, исключаются из рассмотрения. Как следствие, стилизованные филогенетические деревья редуцируются до *кладограмм*, показывающих последовательности ветвления филетических линий (см. рис. 3.4. в главе 3). Они считаются достаточными для представления кладистических отношений между голофилетическими группами, последовательности ветвления иногда рассматриваются как их основные компоненты.

Общая конфигурация кладограмм может быть двух специфических форматов (рис. 4.13). В одном из них ветви имеют одинаковую длину, поэтому дерево выглядит как «лестница». В другом варианте все терминальные группы выстраиваются вдоль воображаемой линии, занимающей вертикальное или горизонтальное положение, такое дерево иногда афористично называют *гребнем Хеннига* (Hennigian comb), в настоящее время оно весьма популярно (Шаталкин, 1988; Павлинов, 2005). Ветви такого «гребня» формально имеют разную длину, но не несут никакой информации о «количестве эволюции». Кладограммы обычно асимметричны, что иногда объясняется спецификой эволюции соответствующих групп (Løvtrup, 1977, 1989; Shatalkin, 1988, 2012).

Деревья, длины ветвей которых отражают патристические дистанции между узлами, обозначаются как *филограммы* или *патрокладограммы*; эти длины могут также отражать время и преобразовывать филограммы в откалиброванные по времени *хронограммы* (Павлинов, 1990, 2005; Stuessy, König, 2008; Scott, Baum, 2016; Wilson et al., 2022) Кроме того, кладограммы иногда могут указывать на признаки, общие для членов выделяемых клад, с графическим

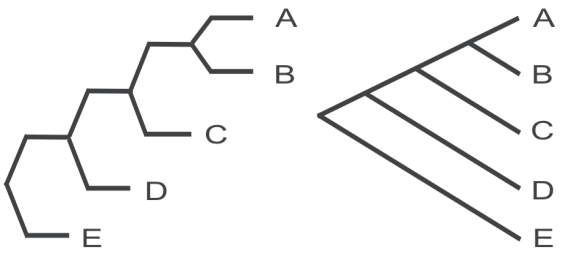


Рис. 4.13. Два наиболее типичных формата кладограмм с идентичной топологией: «лестничный» (слева) и «гребень Хеннига» (справа).

указанием их значимых синапоморфных и незначимых симплезиоморфных модальностей; кладограммы такого формата называются *синапоморфограммами*.

Одним из важных и очевидных различий между филограммами (каулограммами, хронограммами и т. д.) и кладограммами является интерпретация их внутренних узлов. Первые отождествляют их с предполагаемыми предками и указывают на отношения между предками и потомками, в то время как вторые этого не делают, поскольку и предки, и их потомки одинаково отождествляются с *терминальными группами*, как и на феногаммах. Соответственно, эти основные форматы стилизованных кладограмм называются *stem-based* и *node-based* (Lee, 1998; Martin et al., 2010; Wiley, Lieberman, 2011). Отмечается, что отказ от рассмотрения предков лишает *node-based* кладограммы явного указания реального (геологического) времени (Татаринов, 1984; Wood, 1994; Valentine, May, 1996; Brummitt, 2002; Upchurch, Hunn, 2002; Павлинов, 2005). Соответственно, такие деревья могут располагаться не только в стандартном вертикальном восходящем, но и в горизонтальном и даже нисходящем форматах (разнообразие современных форматов генеалогических деревьев прекрасно проиллюстрировано на сайте: https://toffana.ru/phylogenetic/analysis).

Несмотря на то, что кладистика декларативно отвергает анагенетическую составляющую эволюции, её можно косвенно проследить в большинстве кладограмм. Это связано с тем, что каждая из них, как правило, упорядочена по определённому внутреннему параметру иерархизации, который задаётся последовательностью появления апоморфных признаков в истории изучаемой группы (Wiley, 1981; Павлинов, 2005, 2018).

Как отмечалось выше, вертикальная восходящая ориентация эволюционных деревьев имеет ряд исключений, одним из которых являются только что упомянутые горизонтальная

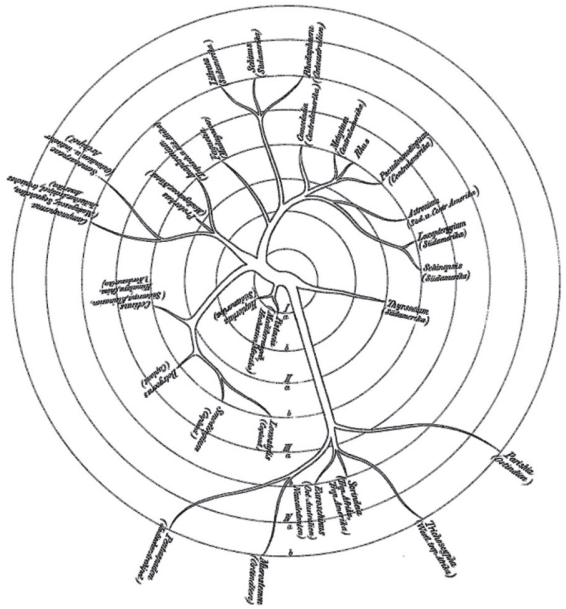


Рис. 4.14. Древовидная схема генеалогических отношений между видами сумаха (род *Rhus*), наложенная на круговую схему, показывающую уровни их продвинутости (Engler, 1881).

и нисходящая кладограммы. Некоторые дендрограммы представляют собой нечто среднее между характерным деревом и сетью, при этом можно обнаружить всевозможные переходы от типичных вертикальных к неориентированным филогенетическим деревьям. Дендрограммы иногда встраиваются в концентрические круги, которые отражают основные тенденции эволюционной диверсификации соответствующих групп (рис. 4.14). Стилизованные кладогенетические схемы, так или иначе тяготеющие к «круговому» формату, можно найти во многих молекулярно-филогенетических работах (см. также: https://toffana.ru/phylogenetic/analysis). Другой вариант предполагает включение сетевых связей в древовидную структуру филограмм, чтобы показать предполагаемые события ретикулярной эволюции.

Активная «нумерикализация» и «молекуляризация» современной филогенетики влечёт за собой несколько важных технических новшеств в древовидном стиле представления иерархических паттернов, рассматриваемых филогенетической систематикой (Page, Holmes, 1998; Nei, Kumar, 2000; Felsenstein, 2004). Один из них включает указание численных оценок надёжности клад, выделенных на дереве; эти оценки рассчитываются на основе различных методов (индекс затухания, наибльшее правдоподобие, байесова или бутстреп-поддержка и т. д.) и, соответственно, имеют несколько разные интерпретации (Cavalli-Sforza, Edwards, 1967; Swofford et al., 1996; Kitching et al., 1998; Page, Holmes, 1998; Nei, Kumar, 2000; Felsenstein, 2004; Nascimento et al., 2017). Другое новшество предполагает включение численных оценок «количества эволюции», которое визуализируется с помощью различных длин ветвей дерева и, таким образом, преобразует кладограмму в филограмму (Swofford et al., 1996; Felsenstein, 2004; Павлинов, 2005). Это «количество» чаще всего отражает различия в молекулярных признаках и может быть интерпретировано в терминах уже упоминавшейся гипотезы молекулярных часов, что позволяет трактовать откалиброванные по времени молекулярные филограммы как хронограммы (Page, Holmes, 1998; Ayala, 1999; Arbogast et al., 2002; Ho, 2014; Bjornson et al., 2024; Duchêne et al., 2024). При некоторых допущениях эволюционно интерпретируемую фенограмму можно рассматривать как *градограмму*, представляющую не клады, а ступени (грады) в филогенетической истории группы (Шаталкин, 2012). Филогеография предлагает специфическое представление микрофилогенетических деревьев для иллюстрации истории пространственно-временно́й дифференциации внутривидовых единиц. Ретикулярная эволюция прокариот имеет тенденцию превращать основание глобального молекулярного Дерева жизни в (технически говоря) сеть с циклами (Sneath, 2000; Bapteste et al., 2009; Bjornson et al., 2024).

Как отмечено выше, ветвящиеся эволюционные деревья любого рода более или менее совместимы с идеей линейной Лестницы совершенства. Действительно, традиционные вертикально ориентированные деревья служат иллюстрацией неуклонного перехода от низших организмов к высшим (Minelli, 1993, 2023b; Gontier, 2011; Jenner, 2024). Кроме того, такой «лестничный» образ обычно проявляется в горизонтальном последовательном расположении таксонов в соответствии с так называемым *правилом прогрессии* (отклонения) или *филетическим упорядочением*. В традиционных древовидных представлениях последние подразумевают общее постепенное развитие организмов, тогда как в кладистике оно определяется последовательностью синапоморфий (Hennig, 1966; Nelson, 1974; Wiley, 1981; Павлинов, 2005; Шаталкин, 2012).

* * *

Возрождение филогенетического подхода к исследованию таксономического разнообразия

во второй половине XX в. вдохновило американского натуралиста Роберта О'Хару (Robert O'Hara) провозгласить возрождение «*дани уважения к Клио*» (homage to Clio) в биологической систематике и обозначить соответствующий сдвиг в сознании систематиков как переход от категориального к *древовидному мышлению* (tree thinking) (O'Hara, 1988, 1996, 1997). Этот неологизм привлёк большое внимание биологов, которые обсуждают различные аспекты его значения и применения (напр., Omland et al., 2008; Novick et al., 2012; Baum, Smith, 2013; Miller, Hartzog, 2020; Evans et al., 2021).

Р. О'Хара обозначил этим термином стиль мышления, обращённый в основном к деревьям истории, и противопоставил понимаемое таким образом «древовидное мышление» популяционному и групповому стилям как вариантам категориального мышления. Однако, как показано выше, присутствие древовидного стиля в репрезентации отношений между любыми физическими и ментальными (логическими) сущностями было характерной чертой всей пост-античной истории развития европейской познавательной деятельности. Этот стиль изначально сочетал в себе две основные функции — категоризацию и установление связей: первая подразумевала иерархию групп объектов, вторая — связи (сродство и т. д.) между ними. Есть все основания предполагать, что такой стиль репрезентации, какого бы рода он ни был, подразумевал всё то же древовидное мышление, которое побуждало его носителей видеть нечто «древовидное» как в структуре изучаемого разнообразия, так и в порождающих её отношениях и процессах.

Как древовидные репрезентации, так и одноимённый стиль мышления были унаследованы от схоластов натуралистами XVI в., а затем и систематизаторами как их «интеллектуальными потомками». Они применяли этот стиль сначала в формате категоризации, не предполагающем временно́го измерения, а затем в связующем формате, причём последний первоначально означал генеалогию, а затем эволюцию во времени (филогенез) — и всё это концептуальное развитие было сформировано единым древовидным мышлением в его общем понимании. В современной систематике древовидная репрезентация в равной степени применяется в исследованиях как фенетических (категориальных), так и в филогенетических (связующих) отношений. Следует также напомнить, что понятие дерева применяется в теории графов для представления

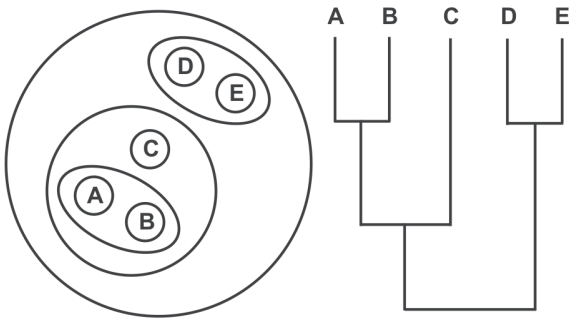


Рис. 4.15. Изоморфизм плоскостного и древовидного форматов репрезентации включающей иерархии.

специфических частично упорядоченных отношений между объектами (Bollobás, 1998; Semple, Steel, 2003; Bondy, Murty, 2008; Карпов, 2022), включая те, которые многие представители нумерической систематики называют «сетями».

Принимая во внимание все эти соображения, представляется не слишком разумным следовать Р. О'Харе в предложенной им узкой филогенетической трактовке соответствующего стиля мышления — просто потому, что древовидное мышление имело и до сих пор имеет гораздо более широкое значение. Поэтому предложение называть рассматриваемый стиль, как он был очерчен и определён О'Харой, *филогенетическим* (или *генеалогическим*) *мышлением* (Павлинов, 2005, 2007) представляется вполне обоснованным; другим подходящим вариантом может быть *lineage thinking* (Jenner, 2024).

4.3. Плоскостной стиль

Этот стиль подразумевает репрезентацию структуры многообразия объектов в форме плоскостных графических схем, он так же стар и популярен, как и древовидный. Как и древовидные, плоскостные диаграммы изначально разрабатывались для иллюстрации как вертикальной иерархической, так и горизонтальной сетевой структур. Для этого диаграммы составляются из неких 2D фигур, которые репрезентируют компоненты исследуемых систем (в систематике это таксоны и мероны), а их пространственные соотношения репрезентируют взаимосвязи этих компонент (родство, сходство и т. д.). Для достижения этой цели было разработано несколько диаграмматических форматов, которые можно условно разделить на две основные категории: *круговые* и *картографические*; они различаются некоторыми крайними вариантами и смыкаются другими. Их иерархические структуры полностью совместимы с древовидными схемами и легко интерпретируются таким же образом (рис. 4.15).

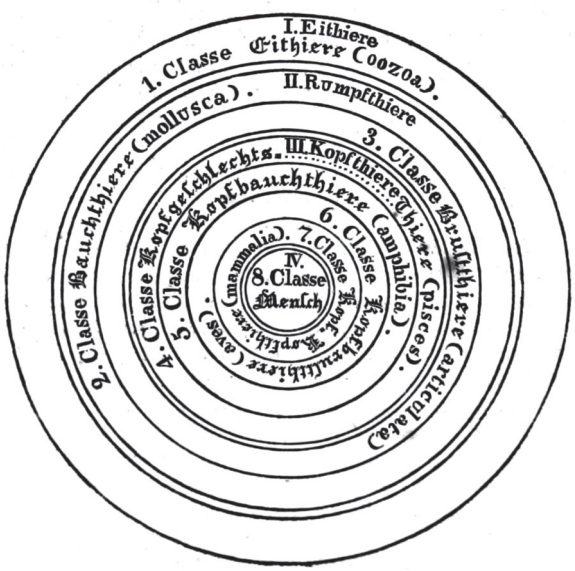


Рис. 4.16. Репрезентация иерархической таксономической системы царства животных в формате концентрических кругов с человеком в центре (Carus, 1834).

Вероятным первоисточником этих форматов была метафора *Мирового Круга*, которая встречается в большинстве первобытных мифов (Yardley, 2014; Lima, 2017). Она пользовалась популярностью у античных философов и процветала в средневековой и ренессансной натурфилософии и в естественных науках. Эта метафора была и остаётся универсальным символом с очень широким смысловым значением: не имея ни начала, ни конца, круг демонстрирует совершенство, целостность, всеохватность и единство как Вселенной со всеми её проявлениями, так и знаний о ней.

Из многочисленных ранних графических представлений общей структуры Мирового Круга наиболее развитым форматом были вложенные *концентрические* круги. Исторически у этого формата было несколько специфических значений. С одной стороны, он иллюстрировал пространственную неиерархическую концентрическую структуру космических сфер, как в геоцентрической модели Вселенной Птолемея (Еремеева, Цицин, 1989). С другой стороны, такие кольцеобразные концентрические диаграммы репрезентировали линейные (невключающие) иерархии как самой Вселенной, так и знаний о ней (Barsanti, 1992; Pietsch, 2012; Yardley, 2014). В этом случае физические или ментальные объекты располагались в соответствии со степенями их совершенства: наиболее совершенные занимали центральное положение, а наименее совершенные распределялись по периферии. Подобные диаграммы иллюстрировали что-то вроде *Кругов совершенства* — своеобразной аналогии одноимённой Лестницы. Эта аналогия была очевидна из того факта, что вышеупомянутый Р. Луллий представлял свою *Scala Intellectus* в виде как лестницы, так и системы концентрических кругов: таким образом, его репрезентации иллюстрировали как невключающие (по степеням совершенства), так и включающие (по уровням общности) иерархии понятий (Gardner, 1958). Примером такого рода диаграмм с «двойным» прочтением, вероятно, наиболее интересным для нас, является представление испано-римским натуралистом и теологом Исидором Севильским (Isidorus Hispalensis, ок. 560–636) «Родословной человеческих рас» (*Stemmata Stirpis Humanae*, VII в.) в виде концентрических кругов (Lima, 2017).

Что касается биологической систематики, то этот формат репрезентации, по-видимому, не пользовался особой популярностью. Хорошо известным примером его применения служит «Учебник сравнительной зоотомии» (*Lehrbuch der vergleichengen Zootomie*, 1834 г.) немецкого натуралиста и художника Карла Каруса (Carl Gustav Carus; 1789–1869). Он изобразил иерархическую таксономическую систему животного мира в виде концентрических кругов и поместил людей (как Classe Mensch) в центр этой диаграммы (Carus, 1834; рис. 4.16). Его система, как и Р. Луллия, была призвана проиллюстрировать как включающую, так и невключающую иерархии структуры разнообразия живых существ, где низшие формы занимали периферийное положение, а высшая форма (человек) находилась в центре.

Другой кругообразный формат, популярный среди философов и естествоиспытателей, подразумевает представление включающих иерархических и некоторых неиерархических отношений *неконцентрическими* кругами, которые могут быть вложенными, перекрывающимися или смежными. Этот формат также был разработан, наряду с только что охарактеризованным, для того, чтобы продемонстрировать общую структуру как окружающего мира, так и знаний о нём (Baron, 1969). В частности, всё тот же Р. Луллий был одним из первых, кто применил этот формат для иллюстрации универсальности и полноты логической структуры основных понятий, описывающих Вселенную. Немецкий учёный-энциклопедист Готфрид Лейбниц (Gottfried Wilhelm Leibniz; 1646–1716) активно применял этот формат сходным образом, обычно ограничиваясь тремя кругами или эл-

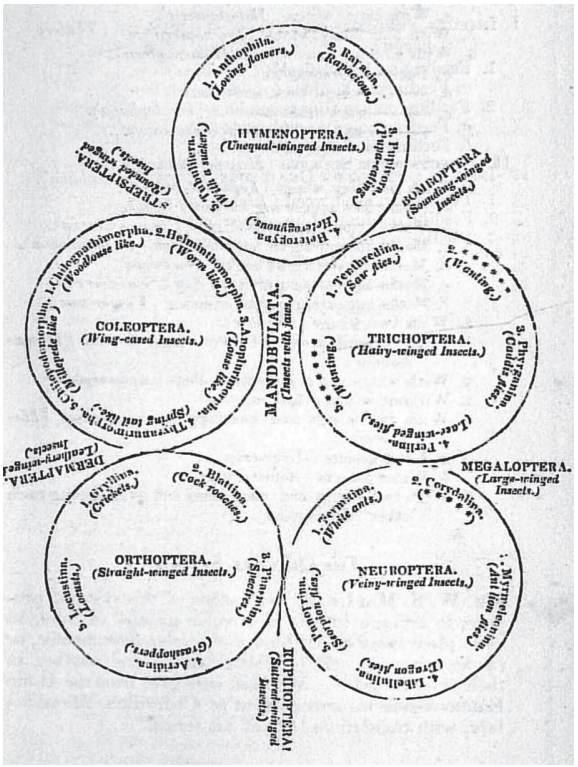


Рис. 4.17. Диаграмма Венна, представляющая фрагмент квинарной таксономической системы насекомых (MacLeay, 1819).

липсами. Английский математик и логик Джон Венн (John Venn; 1834–1923) придал круговому формату окончательный вид в 1880 г., из-за чего этот формат был назван в его честь *диаграммой Венна* (также известна как *диаграмма множеств* или *логическая диаграмма*). Он основывал свою интерпретацию не на логике высказываний, а скорее на теории множеств Кантора, которая приобрела большую популярность к концу XIX в. (Френкель, Бар-Хиллел, 1966); соответственно, круги (или эллипсы) на таких диаграммах графически представляли конкретные множества, а их расположение на плоскости — их взаимосвязи.

Неконцентрический формат диаграммы Венна полностью совместим с древовидным в представлении включающей иерархической структуры отношений (см. рис. 4.15), поэтому он применяется почти во всех современных классификационных науках, включая систематику (Sneath, Sokal, 1973; Abbot et al., 1985; Заренков, 1988). Интересную модификацию этого плоскостного стиля разработал уже упоминавшийся У. Макли, применив её в 1-м томе своей *Horae Entomologicae* (см. раздел 1.4). Его квинарная система была проиллюстрирована такой диаграммой, на которой включающая группа была представлена большим кругом, а её пять под-

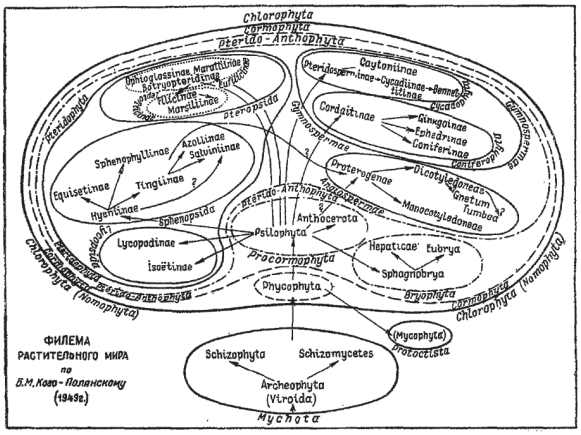


Рис. 4.18. Комбинация стилизованной таксономической карты с филогенетическим деревом, демонстрирующая родственные связи и группировки основных макротаксонов растений (Козо-Полянский, 1949).

групп были представлены меньшими кругами, расположенными по окружности включающего круга (MacLeay, 1819; рис. 4.17). Немецкий натуралист Иоганн Кауп (Johann Jakob Kaup; 1803–1873) в своей «Классификации зверей и птиц» (*Classification der Säugethiere und Vögel*) довёл квинарность до крайнего выражения, представив рассматриваемые группы пятиконечными звёздами, также расположенными по окружности (Kaup, 1844).

* * *

Метафора *карты* была заимствована систематиками из картографической практики для использования в качестве особого формата репрезентации иерархически-сетевых таксономических классификаций; американский ботаник Чарльз Бесси (Charles Edwin Bessey; 1845–1915), упоминая эту метафору, назвал её «теорией карты» (Bessey, 1908). На соответствующих диаграммах, которые можно обозначить как *таксономические карты*, таксоны соотнесены с природными или политическими территориальными единицами разных уровней общности, размеры этих единиц указывали на систематическое разнообразие соответствующих групп, а их взаимное расположение указывает на их отношения близости: наиболее близкие формы располагались по соседству друг с другом (Павлинов, 2018; Pavlinov, 2021). Таксономические карты иллюстрировали как одно-, так и многоуровневые иерархические отношения (Stevens, 1984, 1994; Lesch, 1990; Barsanti, 1992; Panchen, 1992; Pietsch, 2012; Павлинов, 2018).

В систематике аналогия с картой, вероятно, впервые была упомянута К. Линнеем в его *Philosophia botanica* (Linnaeus, 1751). Первая диаграмма такого рода, которая отдалённо на-

поминала карту, появилась в трактате «Чтения о естественных порядках растений» (*Praelectiones in Ordines Naturales Plantarum*) германского ученика Линнея Пауля фон Гизеке (Paul Dietrich von Giseke; 1741–1796), который назвал свой рисунок *Tabula genealogico-geographica Affinitatum Plantarum* (1792 г.). Полвека спустя английский натуралист Хью Стрикленд (Hugh Edwin Strickland; 1811–1853) в статье с примечательным названием «Об истинном методе» отметил, что «истинный порядок родства может быть <…> проиллюстрирован только серией *карт*» (Strickland, 1841, p. 192; курсив ориг.). Более поздняя реализация этой идеи советским ботаником Борисом Козо-Полянским (1890–1957) в его статье «Способы изображения эволюционной системы растений» представлена сочетанием стилизованной многоуровневой таксономической карты с филогенетическим деревом (Козо-Полянский, 1949; рис. 4.18).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основное содержание данной книги представлено в весьма сжатой форме с минимумом «словесной мишуры». И всё же, наверное, имеет смысл в тезисной форме суммировать те ключевые положения, которые изложены выше на основе определённых научно-философских посылок и с учётом того теоретического багажа, который наработан в других дисциплинах. Правда, такая тезисная форма делает заключительный раздел книги совсем уж «абстрактным» и вряд ли лёгким для восприятия; но может быть в этом есть определённый смысл — таким вот образом побуждать пытливые умы усердно трудиться, чтобы двигать далее пришедшиеся им по вкусу идеи. Или более адресно критиковать то, что показалось ошибочным.

* * *

Биологическая систематика как естественнонаучная дисциплина, рассматриваемая с точки зрения современного концептуализма, является сложной иерархически организованной *когнитивной* (знаниевой) *системой*. Таковыми же являются и все конкретные системы более частного порядка, с которыми она имеет дело, — от познавательной ситуации до конкретных классификаций. В той мере, в какой знание может быть сведено к информации, можно считать, что как вся систематика, так и результаты познавательной деятельности в ней, представляют собой специфические *информационные системы*. Это означает, что основным организующим началом систематики являются информационные потоки между её компартментами.

Вся деятельность систематики осуществляется в рамках *познавательной ситуации*, которая формируется тремя компонентами; они в совокупности определяют наивысший уровень иерархической организации этой дисциплины. *Онтическая компонента* очерчивается специфическими концептуальными конструктами — *онтическими моделями* (Вартофский, 1988), определяющими исследуемый систематикой природный объект, а именно, *систематическое разнообразие* и его различные манифестации (аспекты, уровни, фрагменты и т. п.). *Эпистемическая компонента* включает познавательные инструменты систематики — её принципы, методологии, методы и т. п. *Субъектная компонента* представлена субъектами познавательной деятельности, каковыми являются отдельные персоны и их профессиональные и иные объединения.

Первые две компоненты связаны *онто-эпистемическим соответствием*, означающим их определённую взаимную обусловленность. В таком качестве они формируют теоретический фундамент познавательной ситуации — её *концептуальный каркас*. Одним из важных проявлений указанного соответствия можно считать *онтическую относительность* (в понимании Куайна, 1996). Она означает, среди прочего, что суждения об онтическом статусе объектов, изучаемых биологической систематикой, в том числе их иерархической структуры, актуальны лишь в рамках конкретных концептуальных каркасов.

Онтическая компонента познавательной ситуации систематики формируется концептуально: это означает, что её частью фактически является не объективная реальность (само природное систематическое разнообразие), а соответствующая *концептуальная реальность*. Онто-эпистемическое соответствие подразумевает, что всякая онтическая модель представляет собой «синтез метафизики и эпистемологии» (Bryant, 2000), т. е. наделена неким *онто-эпистемическим дуализмом*. Этот дуализм обращается в тернарность, если к нему добавить *личностное знание* (в понимании Полани, 1985) как атрибут персонифицированной субъектной компоненты.

Эта последняя компонента является неотъемлемой частью познавательной ситуации систематики: именно субъект формирует как познавательные задачи, так и конкретный концептуальный каркас, в рамках которого они решаются. Согласно этому названный каркас формирует базисный уровень познавательной ситуации, над которым надстраивается субъектная компонента в качестве регулирующей (интерпретирующей) подсистемы. Соответственно, общая иерархическая структура познавательной ситуации систематики может быть представлена как специфическая *панархия* (в понимании Gunderson et al., 2022). Таким образом, без учёта места и роли субъекта в познавательной ситуации анализ всей познавательной деятельности и её результатов в систематике будет существенно неполным.

Такое понимание глобальной структуры познавательной ситуации позволяет подчеркнуть, что любые суждения о задачах, объектах и методах систематики являются в той или иной форме и степени концептуально нагруженными и субъектно мотивированными. С точки зрения концептуализма сказанное верно в самом общем случае, поскольку отрицание теоретизирования эмпирицистами в современной систематике обосновывается концептуально. При этом акцент на личностном знании означает, что при таком способе формирования познавательной ситуации она по своей базовой структуре соответствует фолк-систематике, причём концептуальная реальность в ней замещена субъективной.

* * *

Любая онтическая модель является *редукционной*: она всегда в той или иной степени проще своего природного прообраза, поскольку включает только те его атрибуты (свойства и т. п.), которые считаются значимыми для решения специфической познавательной задачи. Разработка онтической модели является частью познавательной деятельности субъекта, поэтому степень её редукционности прямо пропорциональна вкладу в её разработку субъектной компоненты и, таким образом, определяет степень её «субъективности». С онтической точки зрения иерархия систематического разнообразия, равно как и его частных проявлений, «объективируется» указанием предполагаемых естественных причин и/или границ этих проявлений, не связанных напрямую с познавательной деятельностью человека.

Онтические модели (концепции) разных уровней общности формируют (преимущественно на дедуктивной основе) иерархически организованный *редукционный каскад*. Поскольку вся эта редукция мотивируется и осуществляется субъектом, чем более редукционна онтическая модель, тем более низкое место она занимает в редукционном каскаде. Высший уровень в последнем задаётся концепцией неким образом структурированной биоты. На более низких уровнях фиксируются теоретически определяемые частные аспекты *таксономического* и *мерономического* разнообразий: первый аспект соответствует организмам и их группировкам, второй — их атрибутам (свойствам, частям и т. п.). Такова *двойственность* систематического разнообразия (Панова, Шрейдер, 1975; Мейен, 1977), или его *таксоно-мерономический дуализм*. Нижнему уровню редукционного каскада соответствуют операциональные концепции, с помощью которых разрабатываются конкретные классификации. Эти последние можно рассматриваться как эмпирические онтические модели отдельных фрагментов систематического разнообразия.

Дедуктивный характер редукционного каскада означает, что частные онтические модели разрабатываются в контексте моделей более высокого порядка, которые определяют их биологическое содержание. Соответственно, для *ad hoc* вводимых (т. е. без явной ссылки на какую-либо онтическую модель) операциональных концепций и разрабатываемых на их основе классификаций биологическое содержание, строго говоря, остаётся неопределённым.

* * *

Иерархия, понимаемая в общем смысле, является одним из сущностных атрибутов всякой сложно структурированной системы и в известном смысле равномощна ей (Simon, 1962, 1991). Рассматриваемая с точки зрения структурализма (в понимании Piaget, 1970), иерархия, как и система в целом, является *реляционной* сущностью, т. е. формируется определёнными отношениями между компартментами системы.

Одним из важнейших проявлений иерархической структуры последней является её многоуровневый и многоаспектный характер, подразумевающий её «*почти-разложимость*» (в понимании Simon, 1962) на *вертикальную* и *горизонтальную* компоненты. Первая предполагает выделение в этой структуре нескольких *уровней* (напр., макро- и микротаксономических), что, собственно говоря, и делает систему иерархической, вторая — выделение в ней отдельных *частных иерархий*.

Базовая иерархическая структура систематического разнообразия формируется совокупностью его манифестаций разных уровней общности, которые соответствуют частным иерархиям и фиксируются субъектом на аспектной основе с помощью онтических моделей. Наиболее общими из них являются иерархии таксономического и мерономического разнообразий. В свою очередь, таксономическое разнообразие «почти-разложимо» на аспекты более частного порядка: типологический, филогенетический, биоморфологический и т. п. Вариантом частных иерархий низшего уровня являются классификации, разрабатываемые по разным признакам.

* * *

Иерархическое членение всякого сложно структурированного объекта возможно следующими способами:

• *партономическое* членение соответствует холистической трактовке многообразий любого уровня общности; выделяемые компартменты объекта обозначаются как *партоны*; в систематике такова обычно трактовка биоразнообразия, принятая организмизмом, типологией и отчасти филогенетикой (но см. ниже);

• *мерономическое* членение является частным случаем партономического, применяется в отношении структурированности физических тел, в том числе организмов; оно приводит к выделению *меронов* — атрибутов этих тел, в случае организмов это их части, свойства, функции и т. п.;

• *таксономическое* членение соответствует агрегативной (элементаристской) трактовке многообразий любого уровня общности, приводит к выделению *таксонов*; учитывая традиционный словарь систематики, в ней все классификационные системы обозначаются как таксономические независимо от степени интегрированности;

• *систематическое* членение относится к сложно структурированным объектам, по уровню целостности (интегрированности) занимающим промежуточное положение между холистически и агрегативно трактуемым многообразиям; в биологии таковы, например, агрегации эусоциальных насекомых; возможно, членение классификационных систем следует считать систематическим.

* * *

Принимается, что структура биоты является природным *феноменом*, тогда как исследуемое систематикой разнообразие организмов, как и его частные иерархии являются *эпифеноменами* (в понимании Shapiro, Sober, 2007). Это означает, что они не существуют в качестве самостоятельных природных объектов вне познавательной ситуации, будучи аспектно заданными. Уровни иерархии можно считать занимающими некое промежуточное положение между этими крайностями и обозначить как *квазифеномены*.

Концептуализация аспектно заданных манифестаций таксономического и мерономического разнообразий находит своё законченное выражение в форме *таксономических теорий* (в широком понимании). Их основу составляют конкретные концептуальные каркасы, формирующие частные теории, вокруг них выстраиваются познавательные ситуации более низких уровней общности. Эти теории разрабатываются в форме специфических квазиаксиоматик и в совокупности формируют особую концептуальную иерархию в систематике. Среди них особо значимы те частные таксономические теории (в узком смысле), которые разрабатываются на основе специфических аспектных манифестаций таксономического разнообразия: они служат «идейными ядрами» *исследовательских программ* в систематике (филогенетической, типологической, evo-devo и др.).

Указанное выше понимание иерархической структуры редукционного каскада важно для оценки того, насколько биологически содержательна та или иная онтическая модель и разработанная на её основе частная таксономическая теория. Например, среди эволюционно интерпретированных теорий (эволюционных моделей) наиболее содержательной является та, что лежит в основе эволюционной таксономии (Simpson, 1961), наиболее редукционной — кладистическая теория (Hennig, 1950, 1966). Соответственно, исходя из динамики соотношения вкладов онтической и субъектной компонент вдоль иерархии редукционного каскада, первую следует считать более «объективной», вторую — более «субъективной».

* * *

Основными характеристиками иерархий являются следующие:

• «*почти-разложимость*» общей иерархи на вертикальную (частные иерархии) и горизонтальную (уровни) компоненты; выделение частных иерархий делает всякую достаточно сложную систему *полиерархической*;

• *эквипотентность* и *взаимовложенность* частных иерархий, дополняющих друг друга до полноты общей (системной) иерархии;

• *топология*, определяемая отношениями между компартментами иерархии — её частными (под)иерархиями и их уровнями, структурой путей иерархизации, распределением по ним элементов системы, соотношением её вертикальной и горизонтальной компонент и т. п.;

• *уровневая архитектура* (уровневость), означающая стратификацию системы по определённым образом упорядоченным уровням (стратам, ступеням) разных уровней общности или значимости; эта архитектура может формироваться *абсолютно* или *относительно*;

• наличие *путей* (pathing) иерархизации, определяемых конкретными последовательностями размещения элементов системы, отнесённых к её разных уровням; при графической репрезентации иерархии как *дерева* её пути соответствуют *ветвям* дерева;

• *включающий* или *невключающий* характер иерархий. Первые задаются разными уровнями общности, которые упорядочены отношением *вложенности* (высшие включают низшие) и перекрываются, это же верно для относящихся к ним элементов системы. Вторые задаются разными уровни значимости, которые упорядочены *линейно* и не перекрываются;

• *транзитивность*, *несимметричность* и *рефлексивность* (заимствованы из математики);

• *направленный* или *ненаправленный* характер иерархий, определяемый наличием или отсутствием (соответственно) фикисрованных направлений переходов между уровнями;

• *индуктивный* или *дедуктивный* характер, определяемый основным направлением информационных потоков в иерархии;

• *древесность* (treeness), определяемая соотношением вертикальной и горизонтальной компонент в иерархии;

• *глубина* (высота, длина, диапазон) иерархии, определяемая расстоянием между начальным и конечным уровнями/стратами в каждом из путей иерархизации;

• *монотонный* или *немонотонный* характер, определяемый одинаковым или разным (соответственно) статусом (выделенностью и т. п.) уровней иерархии; в некоторых случаях немонотонной иерархии её транзитивность может считаться *неполной*;

• *ранговый* или *безранговый* характер: первое означает присваивание каждому уровню иерархии некоторого фиксированного значения и терминологического обозначения;

• *эквивалентность* или *неэквивалентность* (сопоставимость/несопоставимость) элементов, отнесённых к одному иерархическому уровню (рангу); их неэквивалетность означает *ранговую неопределённость*;

• *фрактальность*, означающая *самоподобие* структуры разнообразия на разных уровнях включающей иерархии;

• *ципфовость* ранговых иерархий, означающая соответствие распределения элементов системы (таксонов) по иерархическим уровням (рангам) ранговому распределению согласно т. н. *закону Ципфа* (Уиллиса, Парето и т. п.).

* * *

Основные особенности иерархической структурированности систематического разнообразия и репрезентирующих его классификаций определяются *принципами иерархизации*, которые могут быть *общими* или *частными*. Из них частные принципы формируются посредством *параметров иерархизации*, которые могут быть *внутренними* и *внешними*. С их помощью в общей иерархии систематического разнообразия выделяются его частные аспекты — мерономический и таксономический, типологический и филогенетический и т. д. В конкретных исследованиях всевозможные принципы и параметры обобщаются *сценариями иерархизации*; в них параметры операционально представлены *линейками иерархизации*. Для ранговых иерархий сценарии иерархизации включают *сценарии ранжирования*.

В систематике для мерономических систем сценарии иерархизации включают разнообразные критерии *диффенерциального взвешивания* классифицирующих признаков.

Вся процедура иерархизации классификаций в систематике основана на *принципе таксоно-мерономического соответствия* и являтся *итеративной*. Последнее означает поочерёдный анализ таксономического и мерономического аспектов систематического разнообразия, позволяющий выявить наиболее устойчивую (для данной познавательной ситуации) структуру их иерархических отношений.

И само систематическое разнообразие со всеми его манифестациями, и знание о нём являются *вероятностными*. Это значит, что разрабатываемые систематикой онтические модели, от концепций самого высокого уровня до конкретных классификаций, являются *нечёткими* (в смысле Заде, 1976). Соответственно, никакие суждения о вертикальной и горизонтальной структуре иерархий, в том числе о самих рангах и ранговой принадлежности таксонов, не могут считаться однозначно определимыми

и универсальными. Такие суждения контекстно зависимы и поэтому «локальны»: они осмысленны только в рамках конкретных познавательных ситуаций и лежащих в их основании концептуальных каркасов.

* * *

Последнее заключение напрямую касается обсуждаемой в настоящее время дилеммы рангового или безрангового характера таксономических иерархий. Её рассмотрение вне концептуально задаваемых контекстов представляется не слишком конструктивным. Соответственно, суждения об объективном или субъективном статусе ранговой структуры иерархий являются контекстно-зависимыми и вероятностными и потому нечёткими. Состоятельность названных позиций определяется обоснованностью подразумеваемых ими сценариев ранжирования, а их объективация предполагает анализ природных процессов, порождающих ранговую структуру иерархий.

Ранговые иерархии выполняют важную эпистемическую функцию «организационных моделей», специфическим образом упорядочивающих иерархическую структуру классификационных систем.

Признание специфичности структуры разнообразия групп организмов соответственно специфичности их морфо-биологической организации, распространённое на ранговую иерархию, в значительной мере ослабляет проблему несопоставимости таксономических рангов.

ЛИТЕРАТУРА

Алеев Ю.Г. 1986. Экоморфология. Киев: Наукова думка. 423 с.

Антипенко Л.Г. 1986. Проблема неполноты теории и её гносеологическое значение. Москва: Наука. 224 с.

Арманд А.Д. 2008. Два в одном: Закон дополнительности. Москва: Изд-во ЛКИ. 360 с.

Архангельский Д.Б. 1996. Порядки как элементы естественной системы современных цветковых растений. Санкт-Петербург: Ботанич. инст. РАН. 54 с.

Асмус В.Ф. 1976. Античная философия. Москва: Высшая школа. 543 с.

Банникова А.А., Лебедев В.С. 2022. Концепция современных молекулярных часов и опыт оценки времен дивергенции насекомоядных и грызунов // Журн. общ. биол. Т. 83. № 1. С. 3–28.

Баранцев Р.Г. 1983. Системные триады и классификация // Теория и методология биологических классификаций. Москва:МОИП. С. 81–89.

Беклемишев В.Н. 1994. Методология систематики. Москва: КМК Sci Press. 250 с.

Бианки В. 1916. Вид и подчинённые ему таксономические формы // Русс. зоол. журн. Т. 1. № 9–10. С. 287–297.

Бобров Е.Г. 1970. Карл Линней. Ленинград: Наука. 286 с.

Бокий Г.Б. 2000. Систематика природных оксидов // Итоги науки и техники. Серия Кристаллохимия. Том 32. Москва: ВИНИТИ. 115 с.

Боэций. 1990. «Утешение философией» и другие трактаты. Москва: Наука. 414 с.

Вартофский М. 1988. Модели: репрезентация и научное понимание. Москва: Мир. 783 с.

Васильев Н.А. 1989. Воображаемая логика. Москва: Наука. 264 с.

Васильева Л.Н. 1989. Типологическая школа систематики // Методологические проблемы биологии и экологии. Владивосток: Изд-во ДВГУ. С. 26–43.

Васильева Л.Н. 1992. Платонизм в систематике. Владивосток: БПИ ДВО РАН. 145 с.

Васильева Л.Н. 1998. Иерархическая модель эволюции // Журн. общ. биол. Т. 59. №. 1. С. 5–23.

Васильева Л.Н. 2007. Иерархия Линнея и «экстенсиональное мышление» // Сб. труд. Зоол. муз. МГУ. Т. 48. С. 183–212.

Васюков В.Л. 2005. Квантовая логика. Москва: Per-Se. 192 с.

Величковский Б.М. 2006. Когнитивная наука. Основы психологии познания. Том 1. Москва: Academia. 448 с.

Вернадский В. И. 1988. Философские мысли натуралиста. Москва: Наука. 520 с.

Войшвилло Е.К. 1989. Понятие как форма мышления: Логико-гносеологический анализ. Москва: Изд-во МГУ. 238 с.

Гайденко П.П. 2003. Научная рациональность и философский разум. Москва: Прогресс–Традиция. 528 с.

Гелашвили Д.Б., Якимов В.Н., Иудин Д.И. и др. 2010. Фрактальные аспекты таксономического разнообразия // Журн. общ. биол. Т. 71. № 1. С. 115–130.

Голованов М. 2004. Иерархические структуры данных в реляционных БД // RSDN Magazine № 1. https://www.opennet.ru/docs/RUS/hierarchy_sql/.

Демиденко А. 2025. Фракталы и хаос: Как математика объясняет природу. Москва: ЛитРес. 119 с.

Дорофеев Д.Ю. 2001. Книга ангелов. Антология. Санкт-Петербург: Амфора.

Дунаев В. 1984. О ранговых распределениях в классификации // Научно-техническая информация. Сер. 2. № 9. С. 14–18.

Еремеева А.И., Цицин Ф.А. 1989. История астрономии (основные этапы развития астрономической картины мира). Москва: Изд-во МГУ. 349 с.

Ефремов В.А. 2009. Теория концепта и концептуальное пространство // Известия РГПУ им. А.И. Герцена. № 104. С. 96–106.

Жерихин В.В. 1986. Биоценотическая регуляция эволюции // Палеонт. журн. № 1. С. 3–12. [перепечатано в: Рус. орнитол. журн. 2015. Т. 24. Экспресс-выпуск № 1102. С. 371–384.]

Жильсон Э. 2004. Философия в Средние века. От истоков патристики до конца XIV века. Москва: Республика. 678 с.

Жильсон Э. 2011. Дух средневековой философии. Москва: Инст. философии, теологии и истории св. Фомы. 560 с.

Завадский К.М. 1968. Вид и видообразование. Ленинград: Наука. 396 с.

Заварзин Г.А. 1969. Несовместимость признаков и теория биологической системы // Журн. общ. биол. Т. 30. № 1. С.: 33–41.

Заварзин Г.А. 1974. Фенотипическая систематика бактерий. Пространство логических возможностей. Москва: Наука. 141 с.

Заде Л. 1976. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. Москва: Мир. 165 с.

Заренков Н.А. 1976. Лекции по теории систематики. Москва: Изд-во МГУ. 140 с.

Заренков Н.А. 1988. Теоретическая биология. Москва: Изд-во МГУ. 213 с.

Захаров Б.П. 2005. Трансформационная типологическая систематика. Москва: Т-во науч. изд. КМК. 164 с.

Зуев В.В. 2002. Проблема реальности в биологической таксономии. Новосибирск: Изд-во НГУ. 192 с.

Зуев В.В. 2015. Введение в теорию биологической таксономии. Москва: Инфра-М. 168 с.

Ивлев Ю.В. 1992. Логика. Москва: Изд-во МГУ. 269 с.

Ильин В.В. 2003. Философия науки. Москва: Изд-во МГУ. 360 с.

Иорданский Н.Н. 1977. Неравномерность темпов макроэволюции и ключевые ароморфозы // Природа. № 6. С. 36–46.

Иорданский Н.Н. 1994. Макроэволюция. Москва: Наука. 112 с.

Каганский В.Л. 2015. Ситуация границы и логико-семиотические типы границ // Междунар. журн. исслед. культуры. №4 (21). С. 5–8.

Кант И. 1999. Метафизические начала естествознания. Москва: Мысль. 1710 с.

Карпов Д.В. 2022. Теория графов. Москва: МЦНМО. 560 с.

Кафанов А.И., Суханов В.В. 1981. О зависимости между числом и объемом таксонов // Журн. общ. биол. Т. 42. № 3. С. 345–350.

Клейн Л.С. 1991. Археологическая типология. Ленинград: ЛФ ЦЭНДИСИ АН СССР. 448 с.

Козо-Полянский Б.М. 1949. Способы изображения эволюционной системы растений // Ботан. журн. Т. 34. № 3. С. 245–252.

Куайн У.В.О. 1996. Онтологическая относительность // Современная философия науки. Москва: Логос. С. 40–61.

Кудрин Б.И. 2002. Математика ценозов: видовое, ранго-видовое, ранговое по параметру гиперболические *H*-распределения и законы Лотки, Ципфа, Парето, Мандельброта // Ценологические исследования. № 19. С. 357–412.

Кун Т.С. 1977. Структура научных революций Москва: Прогресс. 300с.

Кураев В.И., Лазарев Ф.В. 1988. Точность, истина и рост знания. Москва: Наука. 236 с.

Кусакин О.Г., Дроздов А.Л. 1994. Филема органического мира. Т. 1. Санкт-Петербург: Наука. 282 с.

Лавджой А. 2001. Великая цепь бытия: История идеи. Москва: Дом интеллект. книги. 376 с.

Ламарк. 1935. Философия зоологии. Том 1. Москва–Лениград: Госуд. изд-во биол. мед. лит. 330 с.

Лебедев В.С., Косушкин С.А., Банникова А.А. 2024. Генетическая концепция вида в приложении к мультилокусным ядерным данным // Журн. общ. биол. Т. 85. № 4. С. 269–283.

Левитин А. 2006. Алгоритмы: Введение в разработку и анализ. Москва: Издат. дом Вильямс. 576 с.

Лекторский В.А. 2001. Эпистемология классическая и неклассическая. Москва: УРСС. 256 с.

Линней К. 1989. Философия ботаники. Москва: Наука. 452 с.

Лобанов А.Л. 1972. Логический анализ и классификация существующих форм диагностических ключей // Энтомол. обозр. Т. 51. № 3. С. 668–681.

Лосев А.Ф., Тахо-Годи А.А. 1993. Платон. Аристотель. Москва: Молодая гвардия. 383 с.

Любарский Г.Ю. 1991. Объективация категории таксономического ранга // Журн. общ. биол. Т. 52. № 5. С. 613–616.

Любарский Г.Ю. 1996. Архетип, стиль и ранг в биологической систематике. Москва: КМК Sci Press. 434 с.

Любарский Г.Ю. 2018. Происхождение иерархии: История таксономического ранга. Москва: Т-во науч. изд. КМК. 659 с.

Любищев А.А. 1968. Проблемы систематики // Проблемы эволюции. Т. 1. Новосибирск: Наука. С. 7–29.

Любищев А.А. 1972. К логике систематики // Проблемы эволюции. Т. 2. Новосибирск: Наука. С. 45–68.

Любищев А.А. 1982. Проблемы формы, системы и эволюции организмов. Москва: Наука. 277 с.

Мавродиев Е.В. 2002. Ещё раз о «парадоксе Грегга» и его решении // Журн. общ. биол. Т. 63. № 3. С. 236–238.

Майр Э. 1971. Принципы зоологической систематики. Москва: Мир. 454 с.

Майр Э. 1974. Популяции, виды и эволюция. Москва: Мир. 460 с.

Маковельский А.О. 2004. История логики. Москва: Кучково поле. 502 с.

Мандельброт Б. 2002. Фрактальная геометрия природы. Москва: Инст. комп. исслед. 656 с.

Марков А.В., Наймарк Е.Б. 1998. Количественные закономерности макроэволюции. Опыт применения системного подхода к анализу развития надвидовых таксонов // Тр. Палеонт. инст. РАН. Т. 273. 317 с.

Матурана У., Варела Ф. 2019. Древо познания: Биологические корни человеческого понимания. 2 изд. Москва: URSS ЛЕНАНД. 320 с.

Медников Б.М. 1974. О реальности высших систематических категорий позвоночных животных // Журн. общ. биол. Т. 35. № 5. С. 659–665.

Мейен С.В. 1977. Таксономия и мерономия // Вопр. методолог. в геол. науках. Киев: Наукова думка. С. 25–33. [перепечатано в: Lethaea rossica. 2017. Т. 14. С. 111–115.]

Мейен С.В. 1978. Основные аспекты типологии организмов // Журн. общ. биол. Т. 39. № 4. С. 495–508.

Мейен С.В., Шрейдер Ю.А. 1976. Методологические вопросы теории классификации // Вопр. филос. № 12. С. 67–79.

Меркулов И.П. 2003. Эпистемология (когнитивно-эволюционный подход). Т. 1. Санкт-Петербург: Изд-во Русск. христ. гуманит. инст. 472 с.

Микешина Л.А. 2005. Философия науки: современная эпистемология. Москва: Прогресс–Традиция. 464 с.

Михайлов А.И. 1983. Исследования по неклассическим логикам и формальным системам. Москва: Наука. 340 с.

Назаров В.И. 1991. Учение о макроэволюции: На путях к новому синтезу. Москва: Наука. 288 с.

Налимов В.В. 1979. Вероятностная модель языка. О соотношении естественных и искусственных языков. 2 изд. Москва: Наука. 304 с.

Николис Г., Пригожин И. 1979. Самоорганизация в неравновесных системах: От диссипативных структур к упорядоченности через флуктуации. Москва: Мир. 512 с.

Орлов А.И. 2006. Нечисловая статистика. Москва: МЗ-Пресс. 513 с.

Оскольский А.А. 2007. Таксон как онтологическая // Сб. тр. Зоол. муз. МГУ. Т. 48. С. 213–260.

Павлинов И.Я. 1990. Кладистический анализ (методологические проблемы). Москва: Изд-во МГУ. 160 с.

Павлинов И.Я. 1992. Метафора эволюционного конуса и проблема надежности филогенетических реконструкций // Журн. общ. биол. Т. 53. № 3. С. 293–306.

Павлинов И.Я. 2005. Введение в современную филогенетику. Москва: Т-во. науч. изд. КМК. 391 с.

Павлинов И.Я. 2007. Филогенетическое мышление в современной биологии // Журн. общ. биол. Т. 68. № 1. С. 19–34.

Павлинов И.Я. 2009. Проблема вида в биологии – ещё один взгляд // Тр. Зоол. инст. РАН. Прилож. 1. С. 259–271.

Павлинов И.Я. 2010. Замечания о биоморфике (экоморфологической систематике) // Журн. общ. биол. Т. 71. № 2. С. 187–192.

Павлинов И.Я. 2011а. Как возможно выстраивать таксономическую теорию // Зоол. исслед. № 10. С. 45–100.

Павлинов И.Я. 2011б. Современные представления о гомологии (теоретический обзор) // Журн. общ. биол. Т. 72. № 4. С. 298–320.

Павлинов И.Я. 2015. Номенклатура в систематике: История. Теория. Практика. Москва. Т-во науч. изд. КМК. 437 с.

Павлинов И.Я. 2018. Основания биологической систематики: История и теория. Москва: Т-во науч. изданий КМК. 786 с.

Панова Н.С., Шрейдер Ю.А. 1975. Принцип двойственности в теории классификации // Науч.-тех. информ., Сер. 2. Информационные процессы и системы. Москва: ВИНИТИ. С. 3–10.

Песенко Ю.А. 1989. Методологический анализ систематики. I. Постановка проблемы, основные таксономические школы // Тр. Зоол. инст. АН СССР. Т. 206. С. 8–119.

Песенко Ю.А. 1991. Методологический анализ систематики. II. Филогенетические реконструкции как научные гипотезы // Тр. Зоол. инст. АН СССР. Т. 234. С. 61–155.

Пиаже Ж. 2004 Генетическая эпистемология. Санкт-Петербург: Питер. 160 с.

Подлазов А.В. 2009. Закон Ципфа и модели конкурентного роста // Нелинейность в современном естествознании. Москва: Эдиториал УРСС. С. 229–256.

Поздняков А.А. 2005. Значение правила Виллиса для таксономии // Журн. общ. биол. Т. 66. № 4. С. 326–335.

Поздняков А.А. 2007. Онтологический статус таксонов с традиционной точки зрения // Сб. тр. Зоол. муз. МГУ. Т. 48. С. 261–304.

Покровский М.П. 2014. Введение в классиологию. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН. 484 с.

Полани М. 1985. Личностное знание. Москва: Прогресс. 345 с.

Попов И.Ю. 2008. Периодические системы и периодический закон в биологии. Москва: Т-во науч. изд. КМК. 223 с.

Поппер К.П. 1983. Логика и рост научного знания. Москва: Прогресс. 606 с.

Пригожин И. 1991. Философия нестабильности // Вопр. филос. № 6. С. 46–52.

Пригожин И., Стенгерс И. 1986. Порядок из хаоса. Москва: Прогресс. 432 с.

Расницын А.П. 2020, Философия эволюционной биологии // Журн. общ. биол. Т. 81. № 1. С. 54–80.

Расницын А.П. 2002. Процесс эволюции и методология систематики // Тр. Русск. энтомол. об-ва. Т. 73. 108 с.

Розов М.А. 2008. Теория социальных эстафет и проблемы эпистемологии. Москва: Новый хронограф. 352 с.

Розова С.С. 1995. На пути к теории классификации. Новосибирск: Изд-во НГУ. 190 с.

Розова С.С. 1986. Классификационная проблема в современной науке. Москва: Наука. 222 с.

Садовский В.Н., Юдин Э.Г. 1969. Исследования по общей теории систем. М: Прогресс. 520 с.

Свиридов А.В. 1994. Ключи в биологической систематике: Теория и практика // Сб. тр. Зоол. музея МГУ. Т. 31. 224 с.

Северцов А.Н. 1939. Морфологические закономерности эволюции. Москва–Ленинград: Изд-во АН СССР. 610 с.

Северцов А.С. 1990. Направленность эволюции. Москва: Изд-во МГУ. 272 с.

Семенов-Тян-Шанский А.А. 1910. Таксономические границы вида и его подразделений: опыт точной категоризации низших таксономических единиц // Зап. Имп. Акад. Наук. Физ.-мат. отд. Т. 25. № 1. С. 1–29.

Симпсон Д.Г.1948. Темпы и формы эволюции. Москва: Изд-во ин. лит. 358 с.

Симпсон Д.Г. 2006. Принципы таксономии животных. Москва: Т-во науч. изданий КМК. 313 с.

Скарлато О.А., Старобогатов Я.И. 1974. Филогенетика и принципы построения естественной системы // Тр. Зоол. инст. АН СССР. Т. 53. С. 30–46.

Смирнов Е.С. 1923. О строении систематических категорий // Русск. зоол. журн. Т. 3. № 3/4. С. 358–389.

Смирнов Е.С. 1969. Таксономический анализ. Москва: Изд-во МГУ. 186 с.

Старк Ю.С. 1966. Принцип запрещения в систематике микроорганизмов // Изв. Акад. Наук СССР, Сер. Биол. № 5. С. 686–693.

Старобогатов Я.И. 1989. Естественная система, искусственные системы и некоторые принципы филогенетических и систематических исследований // Тр. Зоол. инст. АН СССР. Т. 206. С. 191–222.

Стекольников А.А. 2003. Проблема истины в биологической систематике // Журн. общ. биол. Т. 64. № 4. С. 357–368.

Стекольников А.А. 2007. Истина классификаций в систематике // Сб. тр. Зоол. муз. МГУ. Т. 48. С. 101–122.

Стёпин В.С. 2003. Теоретическое знание. Москва: Прогресс–Традиция. 744 с.

Субботин А.Л. 2001. Классификация. Москва: Инст. филос. РАН. 89 с.

Татаринов Л.П. 1984, Кладистический анализ и филогенетика // Палеонтол. журн. № 3. С. 3–16.

Тулмин С. 1984. Человеческое понимание. Москва: Прогресс. 327 с.

Турбин А.Ф., Працевитый Н.Ф. 1992. Фрактальные множества, функции, распределения. Киев: Наукова думка. 205 с.

Уайтхед А.Н. 1990. Избранные работы по философии. Москва: Прогресс. 720с .

Уоддингтон К.Х. 1970. Основные биологические концепции // На пути к теоретической биологии. Ч. I. Пролегомены. Москва: Мир. С. 11–38.

Урманцев Ю.А. 1978. Что может дать биологу представление объекта как системы в системе объектов того же рода // Журн. общ. биол. Т. 39. № 6. С. 699–718.

Урманцев Ю.А. 1988. Общая теория систем: состояние, приложение и перспективы развития // Система. Симметрия. Гармония. Москва: Мысль. С. 38–124.

Усов С.А. 1867. Таксономические единицы и группы. Москва. 166 с.

Фейерабенд П. 1986. Избранные труды по методологии науки. Москва: Прогресс,

фон Берталанфи Л. 1969. Общая теория систем: Критический обзор // Исследования по общей теории систем. Москва: Прогресс. С. 23–82.

Френкель А., Бар-Хиллел И. 1966. Основания теории множеств. Москва: Мир. 556 с.

Хахлеег К., Хукер К. 1996. Эволюционная эпистемология и философия науки // Современная философия науки. Москва: Логос. С. 158–198.

Чебанов С.В. 2017. Мерономия С.В. Мейена: К 40-летию формулирования // Lethaea rossica. Т. 14. С. 64–92.

Численко Л.Л. 1977. О структуре таксонов и таксономическом разнообразии // Журн. общ. биол. Т. 38. № 3. С. 348–358.

Шаталкин А.И. 1983. Методологические аспекты применения математических методов в систематике // Теория и методология биологических классификаций. Москва: МОИП. С. 46–55.

Шаталкин А.И. 1988. Биологическая систематика. Москва: Изд-во МГУ. 184 с.

Шаталкин А.И. 1995. Иерархии в систематике: Теоретико-множественная модель // Журн. общ. биол. Т. 56. № 3. С. 277–290.

Шаталкин А.И. 2004. Высший уровень деления в классификации организмов. 2. Архебактерии, эубактерии и эукариоты // Журн. общ. биол. Т. 65. № 2. С. 99–115.

Шаталкин А.И. 2012. Таксономия. Основания, принципы и правила. Москва: Т-во науч. изданий КМК. 600 с.

Шишкин М.А. 1981. Закономерности эволюции онтогенеза // Журн. общ. биол. Т. 42. № 1. С. 38–54.

Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И. и др. 2004. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена. 341 с.

Шмальгаузен И. И. 1968. Кибернетические вопросы биологии. Новосибирск: Наука (Сиб. отд.). 224 с.

Шрейдер Ю.А. 1981. Двойственность классификации: Таксономия и мерономия // Международ. форум по информации и документации. Т. 6. № 1. С. 3–9.

Шрейдер Ю.А. 1996. Ранговые распределения как системное свойство // Ценолог. исслед. № 1–2. С. 33–42.

Шрейдер Ю.А. 1981. Двойственность классификации: таксономия и мерономия // Международн. форум информ. документ. Т. 6. № 1. С. 3–9.

Шрейдер Ю.А., Шаров А.А. 1982. Системы и модели. Москва: Радио и связь. 152 с.

Шуман А.Н. 2001. Философская логика: Истоки и эволюция. Минск: Экономпресс. 368 с.

Щедровицкий Г.П. 2004. Проблема логики научного исследования и анализ структуры науки. Москва: Путь. 397 с.

Abbot L.A., Bisby F.A., Rogers D.J. 1985. Taxonomic Analysis in Biology. Computers, Models, and Databases. New York: Columbia Univ. Press. 336 p.

Adanson M. 1763. Familles des plantes. Pt. 1. Paris: Vincent. 188 p.

Ahl V., Allen T.F.H. 1996. Hierarchy Theory. A Vision, Vocabulary, and Epistemology. New York: Columbia Univ. Press. 206 p.

Albertus Magnus. 1999. On Animals. A Medieval Summa Zoologica, Vols. I, II. Baltimore: Johns Hopkins Univ. Press. 1016 p.

Aldrovandi U. 1618. De Animalibus Insectis Libri Septem, Cum Singulorum Iconibus Ad Viuum Expressis. <…>. Bononiae: Ioan. Bapt. Bellagambam. 550 p.

Allen T.F.H. 2001. A summary of the principles of hierarchy theory // Internet Archive WaybackMachine. https://web.archive.org/web/20011218001638/http://isss.org/hierarchy.htm.

Allen T.F.H. 2008. Hierarchy theory in ecology // Encyclopedia of Ecology. Oxford: Elsevier. P. 1852–1857.

Allen T.F.H., Starr T.B. 1982. Hierarchy: Perspectives for Ecological Complexity. Chicago: Univ. Chicago Press. 352 p.

Allen T.F.H., Allen P.C., Wixon D.L. 2009. Hierarchy theory in hydropedology // Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss. V. 6: 2931–2959.

Amundson R. 1998. Typology reconsidered: Two doctrines on the history of evolutionary biology // Biol. Philos. V. 13. No. 2. P. 153–177.

Amundson R. 2005. The Changing Role of the Embryo in Evolutionary Thought Roots of Evo–Devo. Cambridge: Cambridge Univ. Press. 280 p.

Anderson V., Johnson L. 1997. Systems Thinking Basics: From Concepts to Causal Loops. Waltham: Pegasus Comm. 132 p.

Arber A. 1938. Herbals: Their Origin and Evolution. A Chapter in the History of Botany, 1470–1670. Cambridge: Cambridge Univ. Press. 326 p.

Arbogast B.S., Edwards S.V., Wakeley J., et al. 2002. Estimating divergence times from molecular data on phylogenetic and population genetic timescales // Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst. V. 33. P. 707–740.

Archibald J.D. 1994. Metataxon concepts and assessing possible ancestry using phylogenetic systematics // Syst. Biol. V. 43. No. 1. P. 27–40.

Archibald J.D. 2014. Aristotle's Ladder, Darwin's Tree. The Evolution of Visual Metaphors for Biological Order. New York: Columbia Univ. Press. 256 p.

Astolfi P. Zonta-Sgaramella L. 1984. Phylogenetic trees: An analysis of the treeness test // Syst. Zool. V. 33. No. 2. P. 159–166.

Atran S. 1990. The Cognitive Foundations of Natural History: Towards an Anthropology of Science. Cambridge: Cambridge Univ. Press. 360 p.

Atran S., Medin D. 2008. The Native Mind and the Cultural Construction of Nature. Cambridge: The MIT Press. 336 p.

Atran S., Medin D.L., Ross N. 2002. Thinking about biology: Modular constraints on categorization and reasoning in the everyday life of americans, maya, and scientists // Mind Soc. V. 6. No. 1. P. 31–63.

Auger P. 1989. Dynamics and Thermodynamics in Organized Systems. Applications in Physics, Biology and Economics. Oxford: Pergamon Press. 210 p.

Avise J.C. 2000. Phylogeography: The History and Formation of Species. Cambridge: Harvard Univ. Press. 447 p.

Avise J.C., Arnold J., Ball R.M., et al. 1987. Intraspecific phylogeography: The mitochondrial DNA bridge between population genetics and systematics // Annu. Rev. Ecol. Syst. V. 18. P. 489–522.

Avise J.C., Johns G.C. 1999. Proposal for a standardized temporal scheme of biological classification for extant species // Proc. Natl. Acad. Sci. V. 96. No. 13. P. 7358–7363.

Avise J.C., Liu J.-X. 2011. On the temporal inconsistencies of Linnean taxonomic ranks // Biol. J. Linn. Soc. V. V. 102. No. 4. P. 707–714.

Avise J.C., Mitchell D. 2007. Time to standardize taxonomies // Syst. Biol. V. 56. No. 1. P. 130–133.

Ax P. 1987. The Phylogenetic System. The Systematization of Organisms on the Basis of Their Phylogenesis. Chichester: John Wiley & Sons. 340 p.

Ayala F.J. 1999. Molecular clock mirages // BioEssays. V, 21. No. 1. P. 71–75.

Azad, M., I. Chikalov, S. Hussain, et al. Decision Trees with Hypotheses. Cham: Springer Nature Switzerland, 2022.

Baetu T.M. 2012. Defining species: A multi-level approach // Acta Biotheor. V. 60. No. 3. P. 239–255.

Baghramian M., Carter J.A. 2025. Relativism // Zalta N., Nodelman U. (eds.). Stanford Encycl. Philos. https://plato.stanford.edu/archives/spr2025/entries/relativism/.

Baier G., Klein M. 1991. A Chaotic Hierarchy. Singapore: World Scientific Publ. 412 p.

Baker R.J. Bradley R.D. 2006. Speciation in mammals and the genetic species concept // J. Mammal. V. 87. No. 4. P. 643–662.

Baofu P. 2007. The Future of Complexity. Conceiving a Better Way to Understand Order and Chaos. Singapore: World Scientific Publ. 300 p.

Bapteste E., O'Malley M.A., Beiko R.G., et al. 2009. Prokaryotic evolution and the tree of life are two different things // Biol. Direct. V. 4. No. 1. Art. 34.

Baron M.E. 1969. A note on the historical development of logic diagrams: Leibniz, Euler and Venn // Math. Gazette. V. 53/ No. 384. P. 113–125.

Barsanti G. 1992. La scala, la mappa, l'albero. Immagini e classificazioni della natura fra sei e ottocento. Firenze: Sansoni. 310 p.

Bar-Yam Y. 1997. Dynamics of Complex Systems. Cambridge: Perseus Press. 864 p.

Bauhin C. 1623. ΠΙΝΑΞ Theatri botanici Caspari Bauhini <…>. Basileae Helvet.: Ludovici Regii. 522 p.

Baum D. A., Smith S.D. 2013. Tree Thinking. An Introduction to Phylogenetic Biology. Greenwood Village: Roberts & Co. Publ. 496 p.

Beckett S., Lidgard S. 2014. The normative structure of mathematization in systematic biology // Stud. Hist. Philos. Sci. C. V. 46. No 1. P. 44–54.

Beckner M. 1959. The Biological Way of Thought. New York: Columbia Univ. Press. 200 p.

Beghtol C. 1996. Graphic representations of hierarchical systems: Preliminary study // Solomon P. (ed.). Proc. 7th ASIS SIG/CR Class. Res. Workshop. Baltimore: Amer. Soc. Information Sci. P. 21–36.

Bengson J., Grube E., Korman D.Z. 2011. A new framework for conceptualism. // Noûs. V. 45. No. 1. P. 167–189.

Benton M.J. 2000. Stems, nodes, crown clades. and rank-free lists: Is Linnaeus dead? // Biol. Rev. V. 75. No. 4. P. 633–648.

Bergman M.K. 2018. A Knowledge Representation Practionary: Guidelines Based on Charles Sanders Peirce. Cham: Springer Internat. Publ. Switzerland. 464 p.

Berlin B. 1992. Ethnobiological Classification: Principles of Categorization of Plants and Animals in Traditional Societies. Princ.: Princeton Univ. Press. 354 p.

Bertin J. 1983. Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps. Madison: Univ. Wisconsin Press. 456 p.

Bessey C. E. 1908. The taxonomic aspect of the species question // Amer. Natur. V. 42. No. 496. P. 218–224.

Bininda-Emonds O.R.P., Gittleman J.L., Steel M.A. 2002. The (super)tree of life: Procedures, problems, and prospects // Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst. V. 33. P. 265–289.

Bjornson S., Verbruggen H., Upham N., et al. 2024. Reticulate evolution: Detection and utility in the phylogenomics era // Mol. Phyl. Evol. V. 201. No. 2. Art. 108197.

Blackburn P., de Rijke M., Venema Y. 2001. Modal Logic. Cambridge: Cambridge Univ. Press. 578 p.

Blackwelder R.E. 1967. Taxonomy. A Text and Reference Book. New York: John Wiley & Sons. 671 p.

Blaxter M., Mann J., Chapman T., et al. 2005. Defining operational taxonomic units using DNA barcode data // Phil. Trans. Roy. Soc. B. V. 360. No. 10. P. 1935–1943.

Blomberg S.P., Garland T., Ives A.R. 2003. Testing for phylogenetic signal in comparative data: Behavioral traits are more labile // Evolution. V. 57. No. 4. P. 717–745.

Bock W.J. 1977. Foundations and methods of evolutionary classification // Hecht M.K., Goody P.C., Hecht B.M. (eds.). Major Patterns of Vertebrate Evolution. New York: Plenum Press. P. 851–895.

Boger H. 1989. The stem-group problem // Schmidt-Kittler N., Willmann R. (eds.). Phylogeny and the classification of fossil and resent organisms. Hamburg: Verlag Paul Prey. P. 45–52.

Bokulich A., Bokulich P. 2011. Scientific Structuralism. Heidelberg: Springer Science+Business Media. 200 p.

Bollobás B. 1998. Modern Graph Theory. Dodrecht: Springer Science+Business Media. 408 p.

Bolstad W.M. 2007. Introduction to Bayesian Statistics. Hoboken: John Wiley & Sons. 464 p.

Bondy A., Murty U.S.R. 2008. Graph Theory, 3d ed. Dodrecht: Springer Science+Business Media. 675 p.

Bonnet C. 1745. Traité d'insectologie ou Observations sur les pucerons <…>. Paris: Durand & Fils. 275 p.

Bornkessel-Schlesewsky I., Malchukov A. L., Richards M.D. 2015. Scales and Hierarchies. A Cross-Disciplinary Perspective. Berlin: Walter de Gruyter GmbH. 361 p.

Botha M.E. 1989. Theory development in perspective: The role of conceptual frameworks and models in theory development // J. Adv. Nurs. V. 14. No. 1. P. 49–55.

Brenner N. 2001. The limits to scale? Methodological reflections on scalar structuration // Progr. Hum. Geogr. V. 25. No. 4. P. 591–614.

Brigandt I. 2002. Homology and the origin of correspondence // Biol. Philos. V. 17. N. 3. P. 369–388.

Brigandt I. 2007. Typology now: Homology and developmental constraints explain evolvability // Biol. Philos. V. 22. No. 5. P. 709–725.

Brigandt I. 2009. Natural kinds in evolution and systematics: Metaphysical and epistemological considerations // Acta Biotheor. V. 57. No. 1. P. 77–97.

Brigandt I. 2010. Beyond reduction and pluralism: Toward an epistemology of explanatory integration in biology // Erkenntnis. V. 73. No. 3. P. 295–311.

Brigandt I. 2021. Typology and natural kinds in evo–devo // Nuno de la Rosa L., Müller G. (eds.). Evolutionary Developmental Biology: A Reference Guide. Cham: Springer Nature Switzerland. P. 483–493.

Brooks D.R., Wiley E.O. 1986. Evolution as Entropy. Chicago: Univ. Chicago Press. 335 p.

Broughton V. 2023 Facet analysis: the evolution of an idea // Catalog. Classif. Quart. V. 61. No. 5-6. P. 1–28.

Brown D.E. 1991. Human Universals. Philadelphia: Temple Univ. Press. 318 p.

Brummitt R.K. 1996. In defence of paraphyletic taxa // van der Maesen L.J.G., van der Burg X.M., van Medenbach de Rooy J.M. (eds.). The Biodiversity of African Plants. Dordrecht: Kluwer Academic Publ. P. 371–384.

Brummitt R.K. 2002. How to chop up a tree // Taxon. V. 51. No. 1. P. 31–41.

Brunelli M. 2015. Introduction to the Analytic Hierarchy Process. Cham: SpringerBriefs in Operat. Res. 91 p.

Bryant R. 2000. Discovery and Decision: Exploring the Metaphysics and Epistemology of Scientific Classification. Cranbury: Associated Univ. Press. 131 p.

Buck R.C., Hull D.L. 1966. The logical structure of the Linnaean hierarchy // Syst. Zool. V. 15. No. 2. P. 97–111.

Buffon. 1835. Premier discours. De la manière d'étudier et de traiter l'histoire naturelle // Oeuvres Complètes de Buffon. Théorie de la Terre. Paris: Pourrat Frères. P. 37–79.

Bulmer R. 1974. Folk biology in the New Guinea highlands // Soc. Sci. Inform. V. 13. No. 1. P. 9–28.

Bunge M. 1969. The metaphysics, epistemology and methodology of levels // Whyte L.L., Wilson A.G., Wilson D. (eds.). Hierarchical Structures. New York: American Elsevier Publ. P. 17–28.

Bunge M. 1979. Treatise of Basic Philosophy. Vol. 4: A World of Systems. Dordrecht: D. Reidel. 330 p.

Buol S.W., Southard R.J., Graham R.C., et al. 2011. Soil Genesis and Classification. 6th ed. Chichester: John Wiley & Sons. 576 p.

Cain A.J. 1994. Rank and sequence in Caspar Bauhin's Pinax // Bot. J. Linn. Soc. V. 114. No. 4. P. 311–356.

Cain A.J., Harrison G.A. 1958. An analysis of the taxonomist's judgment of affinity // Proc. Zool. Soc. Lond. V. 131. No. 1. P. 85– 98.

Calosi C., Graziani P. 2014. Mereology and the Sciences: Parts and Wholes in the Contemporary Scientific Context. Dordrecht: Springer-Verlag. 378 p.

Camin J.H., Sokal R.R. 1965. A method for deducing branching séquences in phylogeny // Evolution. V. 19. No. 3. P. 311–326.

Camp W.H., Gilly C.L. 1943. The structure and origin of species, with a discussion of intraspecific variability and related nomenclatural problems // Brittonia. V. 4. No. 4. P. 323–385. DOI: 10.2307/2804896.

Cantino P.D., de Queiroz K. 2020. International Code of Phylogenetic Nomenclature (PhyloCode), Version 6. Boca Raton: CRC Press. 190 p.

Caponi G. 2016. Lineages and systems: A conceptual discontinuity in biological hierarchies // Eldredge N., Pievani T., Serrelli E., et al. (eds.). Evolutionary Theory: A Hierarchical Perspective. Chicago: Univ. Chicago Press. P. 47–61.

Carpenter J.M. 1994. Successive weighting, reliability, and evidence // Cladistics. V. 19. No. 2. P. 215–20.

Carroll S.M. 2004. Spacetime and Geometry: An Introduction to General Relativity. San Francisco: Addison-Wesley. 750 p.

Casacci L.P., Barbero F., Balletto E. 2014. The "evolutionary significant unit" concept and its applicability in biological conservation // Ital. J. Zool. V. 81. No. 2. P. 182–193.

Cavalier-Smith T. 1993. Kingdom protozoa and its 18 phyla // Microbiol. Rev. V. 57. No. 4. P. 953–994.

Cavalier-Smith T. 2007. A revised six-kingdom system of life // Biol. Rev. V. 73. No. 3. P. 203–266.

Chakraborty R.N., Mohr E. 2005. Coordination and motivation in flat hierarchies: The impact of the adjudication culture // Economica. New Ser. V. 72. No. 288. P. 563–576.

Chamberlain J.R. 1992. Biolinguistic systematics and marking // Third Intern. Symp. Language Linguistics. Bangkok: Chulalongkorn Univ. P. 1279–1293.

Chattopadhyay A., Ghosal U., Mukhopadhyay P. 2022. Robustly separating the arithmetic monotone hierarchy via graph inner-product // Dawar A., Guruswami V. (eds.). 42d IARCS Ann. Conf. Found. Soft. Tech. Theor. Comp. Sci. Madras: Leibniz-Zentrum für Informatik. Art. 12.

Checkland P. 1988. System Thinking, System Practice. Chichester: John Wiley & Sons. 344 p.

Chen M.-H., Kuo L., Lewis P.O. 2014. Bayesian Phylogenetics. Methods, Algorithms, and Applications. Boca Raton: CRC Press. 396 p.

Christoffersen M.L. 1995. Cladistic taxonomy, phylogenetic systematics, and evolutionary ranking// Syst. Biol. V. 44. No. 3. P. 440–454.

Clayton W.D. 1974. The logarithmic distribution of angiosperm families // Kew Bul. V. 29. No. 2. P. 271–279.

Colless D.H. 1970. The phenogram as an estimation of phylogeny // Syst. Zool. V. 19. No. 4. P. 352–362.

Contoli L., Pignatti J. 2011. Phanerozoic biodiversity, macrotaxa and families // J. Mediter. Earth Sci. No. 3. P. 73–80.

Cook R. 1988. Tree of Life. Image for the Cosmos, 2d ed. London: Thames & Hudson. 128 p.

Cooper L., Walls R.L., Elser J., et al. 2013. The plant ontology as a tool for comparative plant anatomy and genomic analyses // Plant Cell Physiol. V. 54. No. 2. Art. e1.

Cope E.D. 1887. The Origin of the Fittest. Essays of Evolution. New York: Appleton. 467 p.

Corning P.A. 2022. A systems theory of biological evolution // Biosystems. V. 214. Art. 104630.

Cracraft J. 1989. Species as entities of biological theory // Ruse M. (ed.). What the Philosophy of Biology is: Essays Dedicated to David Hull. Dordrecht: Kluwer Academic Publ. P. 31–52.

Crisci J.V. 1982. Parsimony in evolutionary theory: Law or methodological prescription? // J. Theor. Biol. V. 97. No. 1. P. 35–41.

Crisci J.V. 1984. Taxonomic congruence // Taxon. V. 33. No. 2. P. 233–239.

Crowson R.A. 1970. Classification and Biology. London: Heinemann. 350 p.

Crumley C.L. 1995. Heterarchy and the analysis of complex societies // Arch. Pap. Amer. Anthrop. Assoc. V. 6. No. 1. P. 1–5.

Crumley C.L. 2005. Remember how to organize: Heterarchy across disciplines // Beekman C.S., Baden W.S. (eds.). Nonlinear Models for Archaeology and Anthropology. Aldershot: Ashgate Press. P. 35–50.

Danser B. 1929. Über die begriffe Komparium, Kommiskuum und Konvivium und üeber die Entstehungsweise der Konvivien // Genetica. Bd. 11. H. 3. S. 399–450.

Dardağan A. 2018. Neoplatonic "Tree of Life" (Arbor Porphyriana): A Diagram of Logic and Mystical Theology) // SocArXiv Papers. https://osf.io/preprints/socarxiv/g2qxe/.

Darwin C. 1859. On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life. London: John Murray. 302 p.

de Blainville H. 1816. Prodrome d'une nouvelle distribution du règne animal // Bull. Soc. Philomath. V. 8. P. 113–124.

de Candólle A. 1867. Lois de la nomenclature botanique adoptées par le Congrès international de botanique <…>. Paris: J.B. Baillière. 64 p.

de Candólle A.P. 1813. Théorie élémentaire de la botanique, oe exposition des principes de la classification naturelle <…>. Paris: Deterville. 526 p.

de Candólle A.P. 1824. Prodromus systematis naturalis regni vegetabilis <…>. V. 1. Paris: Treuttel et Würtz. 740 p.

de Queiroz K. 1988. Systematics and the Darwinian revolution // Phil. Sci. V. 55. No. 2. P 238–259.

de Queiroz K. 1992. Phylogenetic definitions and taxonomic philosophy // Biol. Philos. V. 7. No. 3. P. 295– 313.

de Queiroz K. 1997. The Linnaean hierarchy and the evolutionization of taxonomy, with emphasis on the problem of nomenclature // Aliso. V. 15. No. 2. P. 125–144.

de Queiroz K. 2005, Linnaean, rank-based, and phylogenetic nomenclature: restoring primacy to the link between names and taxa // Symb. Bot. Upsal. V. 33. No. 3. P. 127–140.

de Queiroz K., Gauthier J. 1992. Phylogenetic taxonomy // Annu. Rev. Ecol. Syst. V. 23: 449–480.

de Rijk L.M. 1972. Peter of Spain (Petrus Hispanus Portugalensis) Tractatus, called afterwards Summule Logicales. Assen: Koninklijke Van Gorcum & Comp. B.V. 444 p.

Decamp D. 1971. Implicational scales and sociolinguistic linearity // Linguistics. V. 9. No. 1. P. 30–43.

Dececchi T.A., Balhoff J.P., Lapp H., et al. 2015. Toward synthesizing our knowledge of morphology: using ontologies and machine reasoning to extract presence/absence evolutionary phenotypes across studies // Syst. Biol. V. 64. No. 6. P. 936–952.

Dekker E., Kuchař P. 2021. Heterarchy // Marciano A., Ramello G.B. (eds.). Encyclopedia of Law and Economics. New York: Springer Science+Business Media. P. H1–H6. DOI: 10.1007/978-1-4614-7883-6_640-2.

Demirel Y. 2002. Nonequilibrium Thermodynamics. Transport and Rate Processes in Physical, Chemical, and Biological Systems. Amsterdam: Elsevier. 853 p.

Dial K.P., Matzluff J.M.. 1989. Nonrandom diversification within taxonomic assemblages // Syst. Zool. V. 38. No. 1. P. 26–37.

Dobzhansky T. 1935. A critique of the species concept in biology // Phil. Sci. V. 2. No. 3. P. 344–355.

Dobzhansky T. 1970. Genetics of Evolutionary Process. New York: Columbia Univ. Press. 505 p.

Donoghue P.C.J., Smith M.P. 2003. Telling the Evolutionary Time: Molecular Clocks and the Fossil Record. Boca Raton: CRC Press. 296 p.

Douven I. 2021. Abduction // Zalta E.N. (ed.). Stanford Encycl. Philos. https://plato.stanford.edu/archives/sum2021/entries/abduction/.

Dress A., von Haeseler A. 1990. Introduction // Dress A., von Haeseler A. (eds.). Trees and Hierarchical Structures. Berlin: Springer-Verlag. P. 1–8.

Driesch H. 1908. The Science and Philosophy of the Organism. Aberdeen: Univ. Print. 381 p.

Du Rietz G.E. 1930. The fundamental units of biological taxonomy // Svensk Botan. Tidskr. Bd. 24. H. 3. S. 333–428.

Dubin R. 1978. Theory Building. Rev. ed. New York: Free Press. 370 p.

Dubois A. 2005. Proposed rules for the incorporation of nomina of higher-ranked zoological taxa in the International Code of Zoological Nomenclature. 1. Some general questions, concepts and terms of biological nomenclature // Zoosystema. V. 27. No. 2. P. 365–426.

Dubois A. 2007. Phylogeny, taxonomy and nomenclature: The problem of taxonomic categories and of nomenclatural ranks // Zootaxa. No. 1519. P. 27–68.

Dubois A., Aescht E., Aneesh P.T., et al. 2022. The Linz Zoocode project. Sixth report of activities (2022). Nomenclatural availability. 5. Optical disc publication // Bionomina. V. 31. No. 1. P. 24–45.

Dubois A., Bauer A.M., Ceríaco L.M.P., et al. 2019. The Linz ZooCode project: A set of new proposals regarding the terminology, the principles and rules of zoological nomenclature <…> // Bionomina. V. 17. No. 1. P. 1–111.

Duboule D. 1994. Temporal colinearity and the phylotypic progression: a basis for the stability of a vertebrate Bauplan and the evolution of morphologies through heterochrony // Development. Suppl.. P. 135–142.

Duchêne D.A, Duchêne S., Stiller J., et al. 2024. ClockstaRX: Testing molecular clock hypotheses with genomic data // Genome Biol. Evol. V. 16. No. 4. Art. evae064.

Dupraw E.J. 1964. Non-Linnaean taxonomy // Nature. V. 202. No. 5. P. 849–852.

Dupré J. 2002. Hidden treasure in the Linnean hierarchy // Biol. Philos. V. 17. N. 3. P. 423–433.

Durkheim É, Mauss M. 1963. Primitive Classification. 2d ed. London: Cohen & West. 143 p.

Dyke,G.J., Sigwart J.D. 2007. A search for a ‘smoking gun’. No need for an alternative to the Linnaean system of classification // Minelli A., Ortalli G., Sanga G., (eds.). Animal Names. Venice: Istit. Veneto di Scienze, Lettere ed Arti. P. 49–65.

Edgar G. 2007. Measure, Topology, and Fractal Geometry. New York: Springer Science & Business Media. 288 p.

Eernisse D.J., Kluge A.G. 1993 Taxonomic congruence versus total evidence, and amniote phylogeny inferred from fossils, molecules, and morphology // Mol. Biol. Evol. V. 10. No. 6. P. 1170–1195.

Eldredge N. 1985. Unfinished Synthesis: Biological Hierarchies and Modern Evolutionary Thought. New York: Oxford Univ. Press. 256 p.

Eldredge N., Cracraft J. 1980. Phylogenetic Patterns and the Evolutionary Process. New York: Columbia Univ. Press. 349 p.

Ellen R.F. 2008. The Categorical Impulse: Essays on the Anthropology of Classifying Behavior. Oxford: Berghahn Books. 248 p.

Enfield N.J. 2023. Scale in language // Cogn. Sci. V. 47. No. 10. Art. e13341.

Engler H.C.A. 1881. Über die morphologische Verhältnisse und die geographische Verbreitung der Gattung Rhus <…> // Bot. Jahrb. Syst., Pflanzengesch. Pflanzengeogr. Bd 1. S. 365–427.

Ereshefsky M. 1994. Some problems with the Linnaean hierarchy // Phil. Sci. V. 61. No. 2. P. 186–205.

Ereshefsky M. 2002. Linnaean ranks: vestiges of a bygone era // Phil. Sci. V. 9. No. 3. P. 305–315.

Ereshefsky M., 2004. The Poverty of the Linneaean Hierarchy: A Philosophical Study of Biological Taxonomy, New York: Cambridge Univ. Press. 316 p.

Erismann, C. 2007. The logic of being: Eriugena's dialectical ontology // Marenbon J. (ed.). The Many Roots of Medieval Logic: The Aristotelian and the non-Aristotelian Traditions. Leiden: E. J. Brill. P. 73–88.

Estabrook G.F. 1972. Cladistic methodology: A discussion of the theoretical basis for the induction of evolutionary history // Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst. V. 3. P. 427–456.

Evangeliou C. 1996. Aristotle's Categories and Porphyry. Leiden: E.J. Brill. 230 p.

Evans C.L., Greenhill S.J., Watts J., et al. 2021. The uses and abuses of tree thinking in cultural evolution // Phil. Trans. Roy. Soc. B. V. 376. No. 1828. Art. 20200056.

Farris J.S. 1969. A successive approximations approach to character weighting // Syst. Zool. V. 18. No. 4. P. 374–385.

Farris J.S. 1982. Outgroup and parsimony // Syst. Zool. V. 31. No. 3. P. 328–334.

Farris J.S. 1983. The logical basis of phylogenetic analysis // Platnick N.I., Funk V.A. (eds.). Advances in Cladistics. V. 2. New York: Columbia Univ. Press. P. 7–36.

Farris J.S. 2008. Parsimony and explanatory power // Cladistics. V. 24. No 5. P. 825–847.

Felsenstein J. 2004. Inferring Phylogenies. Sunderland: Sinauer Assoc. 580 p.

Fisher D. 2008. Stratocladistics: Integrating temporal data and character data in phylogenetic inference // Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst. V. 39. P. 365–385.

Fisler M., Crémière C., Darlu P., et al. 2020. The treeness of the tree of historical trees of life // PLoS ONE. V. 15. No. 1. Art. e0226567.

Fitzhugh K. 2006. The abduction of phylogenetic hypotheses // Zootaxa. No. 1145. P. 1–110.

Floridi L., Sanders J.W. 2004. Levellism and the method of abstraction // Greco G.M. (ed.). IEG Res. Rept. 22.11.04. Oxford: Oxford Univ. Press. P. 1–41.

Floridi L. 2008. The method of levels of abstraction // Minds Mach. V. 18. No 3. P. 303–329.

Francis A., Huber K.T., Moulton V. 2018. Tree-based unrooted phylogenetic networks // Bull. of Math. Biol. V. 80. No. 2. P. 404–416.

Franz N.M., Thau D. 2010. Biological taxonomy and ontology development: Scope and limitations // Biodiv. Inform. V. 7. No. 1. P. 45–66.

Friedman M. 1983. Foundations of Space-Time Theories. Princeton: Princeton Univ. Press. 408 p.

García-Carpintero M., Kölbel M. 2008. Relative Truth. Oxford: Oxford Univ. Press. 326 p.

Gardner M. 1958. Logic Machines and Diagrams. New York: McGraw-Hill Book. 157 p.

Garey M.R., Johnson D.S. 1979. Computer and Intractability: A Guide to the Theory of *NP*-Completeness. San Francisco: W.H. Freeman. 338 p.

Gascuel O. 2000. On the optimization principle in phylogenetic analysis and the minimum-evolution criterion // Mol. Biol. Evol. V. 17. No. 3. P. 401–405.

Gauthier J., Estes R., de Queiroz K. 1988. A phylogenetic analysis of Lepidosauromorpha // Estes R., Pregill G. (eds.). The Phylogenetic Relationships of the Lizard Families. Stanford: Stanford Univ. Press. P. 15–98.

Gecow A. 2025. Two coherent definitions of the life process derived from the half-chaos theory and the (unintentional) purposeful information theory // BioSyst. V. 256. No. 10. Art. 105533.

Gershenson C., D. Aerts, Edmonds B. 2007. Worldviews, Science, and Us. Philosophy and Complexity. Singapore: World Scientific Publ. 360 p.

Gesner C. 1542. Catalogus plantarum Latinè, Graecè, Germanicè, & Gallicè <…>. Zürich: Christoph. Froschoverum. 162 p.

Gesner C. 1560. Nomenclator aquatilium animantium. Icones animalium aquatilium in mari <…>. Zürich: Christoph. Froschoverum. 374 p.

Ghilarov A.M. 1996. What does 'biodiversity' mean—scientific problem or convenient myth? // Tr. Ecol. Evol. V. 11. No. 7. P. 304–306.

Gildea S., Zúñiga F. 2016. Referential hierarchies: A new look at some historical and typological patterns // Linguistics.V. 54. No. 3. P. 483–529.

Gilmour J.S.L. 1940. Taxonomy and philosophy // Huxley J. (ed.). The New Systematics. Oxford: Oxford Univ. Press. P. 461–474.

Gilmour J.S.L. 1961. Taxonomy // MacLeod A.M., Cobley L.S. (edd.). Contemporary Botanical Thought. Chicago: Quadrangle Book. P. 27–45.

Gilson E. 1955. History of Christian Philosophy in the Middle Ages. New York: Sheed & Ward. 850 p.

Giribet G., Hormiga G., Edgecombe G.D. 2016. The meaning of categorical ranks in evolutionary biology // Organ. Divers. Evol. V. 16. No. 3. P. 427–430.

Gladyshev G.P. 2017. Hierarchical thermodynamics: foundation of extended Darwinism // Imper. J. Interdisc. Res. V. 3. No. 2. P. 1576–1588.

Gontier N. 2011. Depicting the tree of life: the philosophical and historical roots of evolutionary tree diagrams // Evol. Educ. Outreach. V. 4. Suppl. 3. P. 515–538.

Gontier N. 2015. Uniting micro- with macroevolution into an extended synthesis: Reintegrating life's

natural history into evolution studies // Serrelli E., Gontier N. (eds.). Macroevolution. Explanation, Interpretation and Evidence. Cham: Springer Internat. Publ. Switzerland. P. 227–278.

Göpel T. 2024. Synthesizing foundations in evolutionary morphology <...> // Front. Ecol. Evol. V. 12. No. 4. Art. 1343346.

Gordon A.D. 1987. A review of hierarchical classification // J. Roy. Statist. Soc. A. V. 150. No. 2. P. 119–137.

Górska E. 2001. The approach of cognitive grammar to the part-whole relation // Anglica. V. 11. No. 1. P. 85–99.

Górska E. 2002. On partonomy and taxonomy // Stud. Angl. Posnan. V. 39. No. 1. P. 103–111.

Gotthelf A., Lennox J.G. 1987. Philosophical Issues in Aristotle's Biology. Cambridge: Cambridge Univ. Press. 462 p.

Gower J.C. 1988. Numerical techniques as an aid to objectivity // Hawksworth D.L. (ed.). Prospects in Systematics. Oxford: Clarendon Press. P. 234–251.

Grande L., Rieppel O. 1994. Interpreting the Hierarchy of Nature: From Systematic Patterns to Evolutionary Process Theories. London: Elsevier Science & Technology. 298 p.

Grant V. 1963. The Origin of Adaptations. New York: Columbia Univ. Press. 606 p.

Gregg J.R. 1950. Taxonomy, language and reality // Amer. Natur. V. 84. No. 819. P. 419–435.

Gregg J.R. 1954. The Language of Taxonomy. New York: Columbia Univ. Press. 71 p.

Gregg J.R. 1967. Finite Linnaean structures // Bull. Mathem. Biophys. V. 29. No 1. P. 191–206.

Greuter W., Garrity G., Hawksworth D.L., et al. 2011. Draft BioCode: principles and rules regulating the naming of organisms // Taxon. V. 60. No. 1. P. 201–212.

Griffiths G.C.D. I974. On the foundations of biological systematics // Acta Biotheor. V. 23. No. 1. P. 85–131.

Griffiths G.C.D. 1976. The future of Linnean nomenclature // Syst. Zool. V. 25. No. 2. P. 168–173.

Griffiths P.E. 1996. Darwinism, process structuralism, and natural kinds // Phil. Sci. V. 63. No. 3. P. S1–S9.

Griffiths P.E. 2000. David Hull's natural philosophy of science // Biol. Philos. V. 15. No. 3. P. 301–310.

Grinin L.E., Markov A.V., Korotayev A.V. 2009. Aromorphoses in biological and social evolution: Some general rules for biological and social forms of macroevolution // Soc. Evol. Hist. V. 8. No. 2. P. 6–50.

Gumperz J.J., Levinson S.C. 1996. Rethinking Linguistic Relativity. Cambridge: Cambridge Univ. Press. 496 p.

Gunderson L., Holling C.S. 2001. Panarchy: Understanding Transformations in Systems of Humans and Nature. Washington: Island Press. 507 p.

Gunderson L.H., Allen C.R., Garmestani A. 2022. Applied Panarchy: Applications and Diffusion across Disciplines. Washington: Island Press. 339 p.

Hacking I. 1983. Representing and Intervening. Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science. Cambridge: Cambridge Univ. Press. 306 p.

Hacking I. 2007. Trees of logic, Trees of Porphyry // Heilbron J.L. (ed.). Advancements of Learning. Essays in Honour of Paolo Rossi. Florence: Leo S. Olschki. P. 221–263.

Haeckel E. 1866. Generelle Morphologie der Organismen. Allgemeine Grundzuge der organischen Formen-Wissenschaft <…>. Bd. 1. Berlin: Georg Reimer Verlag. 574 S.

Haeckel E. 1891. Anthropogenie; oder Entwickelungsgeschichte des Menschen: Keimes- und Stammesgeschichte. Bd. 2. Leipzig: Wilhelm Engelmann Verlag. 906 S.

Haeckel E. 1894. Systematische Phylogenie. Entwurf eines Natürlichen Systems der Organismen auf Grund ihrer Stammesgeschichte, T. 1 <…>. Berlin: Georg Reimer Verlag. 400 S.

Hagedorn G., Rambold G., Martellos S. 2010. Types of identification keys // Nimis P.L., Vignes L.R. (eds.). Tools for Identifying Biodiversity: Progress and Problems. Trieste: Ediz. Univ. Trieste. P. 59–64.

Hall B.K. 1996. Baüplane, phylotypic stages, and constraint: Why there are so few types of animals? // Evol. Biol. V. 29. P. 251–261.

Hall B.K. 2002. Phylotypic stages // Pagel M.D. (ed.). Encyclopaedia of Evolution. V. 2. Oxford: Oxford Univ. Press. P. 904–905.

Hall B.K. 2012. Evolutionary developmental biology (evo–devo): Past, present, and future // Evol., Educ. Outreach. V. 5. No. 2. P. 184–193.

Hallam A., Wignall P.B. 1997. Mass Extinctions and Their Aftermath. Oxford: Oxford Univ. Press. 325 p.

Hamilton A. 2014. Historical and conceptual perspectives on modern systematics: Groups, ranks, and the phylogenetic turn // Hamilton A. (ed.). The Evolution of Phylogenetic Systematics. Berkeley: Univ. of California Press. P. 89–115.

Hammand E.B. 1918. The Tree of Knowledge // Sewanee Rev. V. 26. No. 2. P. 168–172.

Haszprunar G. 1986. Die Klado-evolutionäre Klassifikation-Versuch einer Synthese / Zeitschr. zool. Syst. Evol.-forsch. Bd. 24. H. 1. S. 89–109.

Hathaway R.F. 1969. Hierarchy and the Definition of Order in the Letters of Pseudo-Dionysius. Hague: Marlinus Nijhott. 320 p.

Hawking S., Ellis G. 1975. The Large Scale Structure of Space-Time. Cambridge: Cambridge Univ. Press. 406 p.

Hawksworth D.L., Bisby F.A. 1988. Systematics: The keystone of biology // Hawksworth D.L. (ed.). Prospects in Systematics. Oxford: Clarendon Press. P. 3–30.

Hellerstein J.M., Stonebraker M., Hamilton J. 2007. Architecture of a Database System. Norwell: Now Publ. Inc. 123 p.

Hellström N. P. 2012. Darwin and the Tree of Life: The roots of the evolutionary tree // Arch. Nat. Hist. V. 39. No. 2. P. 234–252.

Hempel C.G. 1966. Philosophy of Natural Science. Englewood Cliffs: Prentice-Hall. 118 p.

Henle K., Potts S.G., Kunin W.E., et al. 2014. Scaling in Ecology and Biodiversity Conservation. Sofia: Pensoft Publ. 208 p.

Hennig W. 1950. Grundzüge einiger Theorie der phylogenetische Systematik. Berlin: Deutscher Zentralverlag. 370 S.

Hennig W. 1966. Phylogenetic Systematics. Urbana: Univ. Illinois Press. 263 p.

Hennig, W. 1969. Die Stammesgeschichte der Insekten. Frankfurt: Verlag Waldemar Kramer. 436 S.

Herbst P.G. 1976. Alternatives to Hierarchies. Leiden: H.E. Steofert Kroese. 122 p.

Hester P.T., Adams K.M. 2014. Systemic Thinking: Fundamentals for Understanding Problems and Messes. Cham: Springer Internat. Publ. Switzerland. 460 p.

Heyes C.M., Plotkin H.C. 1988. Replicators and interactors in cultural evolution // Ruse M. (ed.). What the Philosophy of Biology Is. Dordrecht: Kluwer Academic Publ. P. 139–162.

Hilgevoord J., Uffink J. 2016. The uncertainty principle // Zalta E.N., Nodelman U. (eds.). Stanford Encycl. Philos. https://plato.stanford.edu/archives/spr2024/entries/qt-uncertainty/.

Hjørland B. 2008. Core classification theory: A reply to Szostak // J. Document. V. 64. No. 3. P. 333–342.

Ho M.W. 1992. Development, rational taxonomy and systematics // Theor. Biol. Forum V. 85. No. 2. P. 193–211.

Ho S.Y.W. 2014. The changing face of the molecular evolutionary clock // Tr. Ecol. Evol. V. 29. No. 9. P. 496–503.

Hofer-Szabó G., Rédei M., Szabó L.E. 2013. The Principle of Common Cause. Cambridge: Cambridge Univ. Press. 211 p.

Hoffman A. 1979. Community paleoecology as an epiphenomenal science. Paleobiology 5: 357–79.

Holland J.H. 2014. Complexity: A Very Short Introduction. Oxford: Oxford Univ. Press. 112 p.

Holt B.G., Jønsson K.A. 2014. Reconciling hierarchical taxonomy with molecular phylogenies // Syst. Biol. V. 63. No. 6. P. 1010–1017.

Honorius Augustodunensis. 1001–1200. Clavis Physicae. 518 p. https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b10023855n/f1.item.

Hörandl E. 2010. Beyond cladistics: extending evolutionary classifications into deeper time levels // Taxon. V. 59. No. 2. P. 345–350.

Huelsenbeck J.P., Rannala B., Masly J.P. 2000. Accommodating phylogenetic uncertainty in evolutionary studies // Science. V. 288. No. 5475. P. 2349–2350.

Hull D.L. 1968. The syntax of numeriClature // Syst. Zool. V. 17. No. 4. P. 472–474.

Hull D.L. 1970. Contemporary systematic philosophies// Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst. V. 1. P. 19–54.

Hull D.L. 1980. Sociobiology: another new synthesis // Barlow G.W., Silverberg I. (eds.). Sociobiology: Beyond Nature/Nurture?. Boulder: Westview Press. P. 77–96.

Hull D.L. 1988. Science as a Process. Chicago: Univ. Chicago Press. 600 p.

Hull D.L. 1999. The use and abuse of Sir Karl Popper // Biol. Philos. V. 14. No. 4. P. 481–504.

Hull D.L. 2001. The role of theories in biological systematics // Stud. Hist. Philos. Biol. Biomed. Sci. V. 32. No. 2. P. 221–238.

Hunter J.P. 1998. Key innovations and the ecology of macroevolution // Tr. Ecol. Evol. V 13. No. 1. P. 31–36.

Huth M., Ryan M. 2004. Logic in Computer Science: Modelling and Reasoning about Systems. Cambridge: Cambridge Univ. Press. 443 p.

Ingram A. 2024. Understanding the flatarchy organizational structure: Pros, cons, and examples. Bonsai. https://www.hellobonsai.com/blog/flatarchy-organizational-structure.

Isaacson W. 2008. Einstein: His Life and Universe. New York: Pocket Books. 705 p.

Jackson F. 1982. Epiphenomenal qualia // Philos. Quart. V. 32. No. 127. P. 127–136.

Jaeger J. 2019. Dynamic structures in evo-devo: From morphogenetic fields to evolving organisms // Fusco G. (ed.). Perspectives on Evolutionary and Developmental Biology. Padova: Padova Univ. Press. P. 335–355.

Jansen L., Schulz S. 2014. Crisp islands in vague seas: Cases of determinate parthood relations in biological objects // Calosi C., Graziani P. (eds.). Mereology and the Sciences: Parts and Wholes in the Contemporary Scientific Context. Dordrecht: Springer-Verlag. P. 163–188.

Jardine C.J., Jardine N., Sibson R.. 1967. The structure and construction of taxonomic hierarchies // Math. Biosci. V. 1. No. 2. P. 173–179.

Jardine N. 1969. A logical basis for biological classification // Syst. Zool. V. 18. No. 1. P. 37–52.

Jardine N., Sibson R. 1971. Mathematical Taxonomy (Probability and Mathematical Statistics). New York: J. Wiley & Sons. 286 p.

Jenner R. 2024. Ancestors in Evolutionary Biology. Linear Thinking about Branching Trees. Cambridge: Cambridge Univ. Press. 398 p.

Jonas A.E.G. 1994. The scale politics of spatiality // Envir. Plan. D. V. 12. No. 3. P. 257–264.

Jonas A.E.G. 2006. Pro scale: Further reflections on the ‘scale debate’ in human geography // Transact. Inst. Brit. Geogr. New Ser. V. 31. No. 3. P. 399–406.

Jones K.T. 1998. Scale as epistemology // Polit. Geogr. V. 17. No. 1. P. 25–28.

Kaup J.J. 1844. Classification der Säugethiere und Vögel. Darmstadt: C.W. Leske. 187 S.

Keller R.A., Boyd R.N., Wheeler Q.D. 2003. The illogical basis of phylogenetic nomenclature // Bot. Rev. V. 69. No. 1.P. 93–110.

Kendig C. 2016. Natural Kinds and Classification in Scientific Practice. Abingdon: Routledge. 268 p.

King A.W. 1997. Hierarchy theory: A guide to system structure for wildlife biologists // Bisonette J.A. (ed.). Wildlife and Landscape Ecology: Effects of Pattern

and Scale. New York: Springer Science+Business Media. P. 85–212.
Kirschner M., Gerhart J. 1998. Evolvability // Proc. Natl. Acad. Sci. V. of the United States of America 95: 8420–8427. DOI: 10.1073/pnas.95.15.8420.
Kitching I.J., Forey P.L., Humphries C.J., et al. 1998. Cladistics: The Theory and Practice of Parsimony Analysis. 2nd ed. Oxford: Oxford Univ. Press. 228 p.
Kittay E.F. 1987. Metaphor, Its Cognitive Force and Structure. Oxford: Oxford Univ. Press. 372 p.
Klapisch-Zuber C. 1991. The genesis of the family tree // I Tatti Studies: Essays in the Renaissance. V. 4. Florence: Villa i Tatti. P. 105–129.
Klir G.J. 2001. Facets of Systems Science, 2d ed. Dodrecht: Springer Science+Business Media. 757 p.
Kluge A.G. 1984. The relevance of parsimony to phylogenetic inference // Duncan T., Stuessy T.F. (eds.). Cladistics: Perspectives on the Reconstruction of Evolutionary History. New York: Columbia Univ. Press. P. 24–38.
Kluge A.G. 1997. Testability and the refutation and corroboration of cladistic hypotheses // Cladistics. V. 13. No. 1. P. 81–96.
Kluge A.G. 1998. Total evidence or taxonomic congruence: Cladistics or consensus classification // Cladistics. V. 14. No. 1. P. 151–158.
Knox E.B. 1998. The use of hierarchies as organizational models in systematics // Biol. J. Linn. Soc. V. 63. No. 1. P. 1–49.
Kober G. 2008. Biology Without Species: A Solution to the Species Problem. PhD diss. Boston: Boston Univ. 214 p. https://philpapers.org/rec/KOBBWS.
Koren S. 2020. The Hierarchy Problem: From the Fundamentals to the Frontiers. PhD diss.. Santa Barbara: Univ. California. 150 p. arXiv:2009.11870.
Koslicki K. 2008. Natural kinds and natural kind terms // Philos. Comp. No. ¾. P. 789–802.
Kövecses Z. 2010. Metaphor. A Practical Introduction, 2d ed. New York: Oxford Univ. Press. 375 p.
Kraichak E., Crespo A., Divakar P.K., et al. 2017. A temporal banding approach for consistent taxonomic ranking above the species level // Sci. Rep. V. 7. Art. 2297.
Kraus O. 2008. The Linnean foundations of zoological and botanical nomenclature // Zootaxa. No. 1950. P. 9–20.
Kripke S. 1980. Naming and Necessity. Cambridge: Harvard Univ. Press. 172 p.
Lam H.J. 1959. Taxonomy, general principles, and angiosperms // Turrill W.B. (ed.). Wistas in Botany. New York: Pergamon Press. P. 3–75.
Lamarck J.-B. 1778. Flore françoise, ou Description succincte de toutes les plantes qui croiffent naturellement en France <…>. T. 1. Paris: Impr. Royal. 132 p.
Lamarck J.-B. 1809. Philosophie zoologique , ou Exposition des considérations relatives à l'histoire naturelle des animaux <…>. T. 1. Paris: Mus. d'Hist. Nat. 428 p.
Lassaline M.E., Wisniewski E.J., Medin D.L. 1992. Basic levels in artificial and natural categories: Are all basic levels created equal? // Burns B. (ed.). Percepts, Concepts and Categories. The Representation and Processing of Information. Amsterdam: North-Holland Publ. P. 327–378.
Laszlo E. 1972. Introduction to Systems Philosophy. Toward a New Paradigm of Contemporary Thought. New York: Harper Torchbooks. 356 p.
Laubichler M.D. 2000. Homology in development and the development of the homology concept // Amer. Zool. V. 40. No. 5. P. 777–788.
Laubichler M.D., Maienschein J. 2008. Evolving Pathways: Key Themes in Evolutionary Developmental Biology. New York: Cambridge Univ. Press. 446 p.
Laurin M. 2024. The Advent of PhyloCode. The Continuing Evolution of Biological Nomenclature. Boca Raton: CRC Press. 226 p.
Leclerc, B. 1985. La comparaison des hierarchies: Indices et metriques // Mathém. Sci. Humain. V. 92. No 1. P. 5–40.
Lee M.S.Y. 1998. Phylogenetic uncertainty, molecular sequences, and the definition of taxon names // Syst. Biol. V. 47. No. 4. P. 719–726.
Lefebvre H. 2003. The Urban Revolution. Minneapolis: Univ. Minnesota Press. 224 p.
Lennox J.G. 2021. Aristotle's biology // Zalta E.N. (ed.). Stanford Encycl. Philos. https://plato.stanford.edu/archives/fall2021/entries/aristotle-biology/.
Lesch J.E. 1990. Systematics and the geometrical spirit // Frangsmyr T., Heilbron J.L., Rider R.E. (eds.). The Quantifying Spirit in the 18th Century. Berkeley: Univ. California Press. P. 73–111.
Levich A.P. 2009. Towards Understanding the Phenomenon of Time: Constructions of Time in Natural Science, Pt. 3. Moscow: Progress–Traditsia. 201 p.
Lewens T. 2009. Evo–devo and "typological thinking": An exculpation // J. Exper. Zool. V. 312B. No. 8. P. 789–796.
Lima M. 2017. The Book of Circles. Visualizing Spheres of Knowledge. New York: Princeton Archit. Press. 272 p.
Lin H. 2024. Bayesian epistemology // Zalta E.N., Nodelman U. (eds.). Stanford Encycl. Philos., https://plato.stanford.edu/archives/sum2024/entries/epistemology-bayesian/.
Lindley J. 1832. An introduction to botany. London: Longman. 557 p.
Lindley J. 1835. A Key to Structural, Physiological, and Systematics Botany. London: Longman. 80 p.
Linnaeus C. 1737. Critica botanica in qua nomina plantarum generica, specifica, & variantia <…>. Lugduni Batavorum: Conradum Wishoff. 270 p.
Linnaeus C. 1749. Amoenitas Academiae, seu, Dissertationes variae physicae medicae, botanicae <…>. Holmiae et Lipsiae: Godofredum Kiesewetter. 563 p.
Linnaeus C. 1751. Philosophia botanica in qua explicantur fundamenta botanica <…>. Stockholm: Godofr. Kiesewetter. 362 p.
Linnaeus C. 1762. Fundamentum fructificationis <…>. Upsala: J. M. Graberg. 24 p.

Lloyd A. C. 1962. Genus, species and ordered series in Aristotle // Phronesis. V. 7. No. 1. P. 67–90.

Løvtrup S. 1977. Phylogenetics: Some comments on cladistic theory and method // Hecht M.K., Goody P.C., Hecht B.M. (eds.) Major Patterns of Vertebrate Evolution. New York: Plenum Press. P. 805–822.

Løvtrup S. 1989. On divergent and progressive evolution // Bruton M.N. (ed.). Alternatve Life-History Styles of Animals. Dordrecht: Kluwer Academic Press. P. 55–69.

Lücking R. 2019. Stop the abuse of time! Strict temporal banding is not the future of rank-based classifications in fungi (including lichens) and other organisms // Crit. Rev. Plant Sci. V. 38. No. 3. P. 199–253.

Ludwig D., Ruphy S. 2024. Scientific pluralism // Zalta E.N., Nodelman U. (eds.). Stanford Encycl. Philos. https://plato.stanford.edu/archives/fall2024/entries/scientific-pluralism/.

Lull R. 1515. Arbor Scientiae, venerabilis et caelitus <…>. Lugdun: Opera Gilberti de Villiers. 681 + p.

Maat J. 2004. Philosophical Languages in the Seventeenth Century: Dalgarno, Wilkins, Leibniz. Dordrecht: Kluwer. 600 p.

Mabee P.M., Ashburner M., Cronk Q., et al. 2007. Phenotype ontologies: The bridge between genomics and evolution // Tr. Ecol. Evol. Vol. 22. No. 7. P. 345–350.

MacArthur R.H., Wilson E.O. 1967. The Theory of Island Biogeography. Princeton: Princeton Univ. Press. 224 p.

MacLeay W.S. 1819. Horae Entomologicae, or Essay on the Annulose Animals, Vol. 1, Pt. 1, 2. London: S. Bagster. 524 p.

Maddison D.R., Swofford D.L., Maddison W.P. 1997. Nexus: An extensible file format for systematic information // Syst. Biol. V. 46. No. 4. P. 590–621.

Magnol P. 1689. Prodromus historiae generalis plantarum in quo familiae plantarum <…>. Monspelij: Gabrielis & Honorati Pech. 79 + p.

Mahner M., Bunge M. 1997. Foundations of Biophilosophy. Frankfurt: Springer-Verlag. 423 p.

Margolis E., Laurence S. 2011. Concepts // Zalta E.N. (ed.). Stanford Encycl. Philos. https://plato.stanford.edu/entries/concepts/.

Margulis L., Schwartz K.V. 1997. Five Kingdoms: An Illustrated Guide to the Phyla of Life on Earth. San Francisco: W.H. Freeman & Co. 520 p.

Marsh F.L. 1944. Evolution, Creation, and Science. Washington: Review & Herald Publ. 103 p.

Marshall D.C., Hill K.B.R., Moulds M., et al. 2016. Inflation of molecular clock rates and dates: Molecular phylogenetics, biogeography, and diversification of a global cicada radiation from Australasia (Hemiptera: Cicadidae: Cicadettini) // Syst. Biol. V. 65. No. 1. P. 16–34.

Marston S.A., Jones J.P., Woodward K. 2005. Human geography without scale // Transact. Inst. Brit. Geogr. New Ser. V. 30. No. 4. P. 416–432.

Martin J., Blackburn D., Wiley E.O. 2010. Are node-based and stem-based clades equivalent? Insights from graph theory // PLoS Current 2: RRN1196.

Martins E.P., Hansen T.F. 1997. Phylogenies and the comparative method: A general approach to incorporating phylogenetic information into the analysis of interspecific data // Amer. Natur. V. 149. No. 4. P. 646–667.

Martynov A.V. 2012. Ontogenetic systematics: the synthesis of taxonomy, phylogenetics, and evolutionary developmental biology // Paleont. J. V. 46. No. 11. P. 833–864.

Martynov A.V., Lundin K., Korshunova T. 2022. Ontogeny, phylotypic periods, paedomorphosis, and ontogenetic systematics // Front. Ecol. Evol. V. 10. Art. 806414.

Marx W. 1977. Introduction to Aristotle's Theory of Being as Being. Hague: Springer Science. 66 p.

Masalova S. 2013. Flexible rationality as a cognitive model // Intern. J. Cognit. Res. Sci. Engin. Educ. V. 1. No. 1. P. 19–24.

Maslin T.P. 1952. Morphological criteria of phyletic relationships // Syst. Zool. V. 1. No. 1 P. 49–70.

Massey D. 1999. Power-Geometries and the Politics of Space-Time. Heidelberg: Univ. of Heidelberg. 112 S.

Maurer A. 1982. Medieval Philosophy: An Introduction, 2d ed. Toronto: Pontifical Inst. Mediaeval Stud. 455 p.

Mayden R.L. 1997. A hierarchy of species concepts: The denouement in the saga of the species problem // Claridge M.F., Dawah A.H., Wilson M.R. (eds.). Species. The Units of Biodiversity. London: Chapman & Hall. P. 381–424.

Mayden R.L., Wood R.M. 1995. Systematics, species concepts, and the evolutionarily significant unit in biodiversity and conservation biology // Amer. Fisher. Soc. Symp. V. 17. No. 1. P. 58–113.

Mayr E. 1959. The emergence of evolutionary novelties // Tax S. (ed.). Evolution after Darwin. Univ. of Chicago Press. P. 349–380

Mayr E. 1965. Classification and phylogeny // Amer. Zool. V. 5. No. 1. P. 165–174.

Mayr E. 1982. The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution, and Inheritance. Cambridge: Belknap Press. 974 p.

Mayr E., Bock W.J. 2002. Classifications and other ordering systems // J. Zool. Syst. Evol. Res. V. 40. No. 4. P. 169–194.

McCabe T. 2021. Descent and Logic in Biosystematics. Juneau: Perseverant Publ. 120 p.

McCord Adams M. 1989. William Ockham. 2 vols. Notre Dame: Univ. Notre Dame Press. 1422 p.

McGrade, A. S. (ed.). 2003. The Cambridge companion to Medieval philosophy. Cambridge: Cambridge Univ. Press. 424 p.

McKelvey B. 1982. Organizational Systematics. Taxonomy, Evolution, Classification. Berkeley: Univ. California Press. 511 p.

McKenna M.C., Bell S.K. 1997. Classification of Mammals Above the Species Level. New York: Columbia Univ. Press. 640 p.

McNeill J. 1982. Phylogenetic reconstruction and phenetic taxonomy // Zool. J. Linn. Soc. V. 74. No. 3. P. 337–344.

McShea D.W. 2016. Hierarchy: The source of teleology in evolution // Eldredge N., Pievani T., Serrelli E., et al. (eds.). Evolutionary Theory: A Hierarchical Perspective. Chicago: The Univ. of Chicago Press. P. 86–102.

Meier R., Richter S. 1992. Suggestion for a more precise usage of proper names of taxa. Ambiguities related to the stem lineage concept // Zeitschr. Zool. Syst. Evol.-forsch. Bd. 30. H. 1. S. 81–88.

Mella P. 2006. Organizations and orgonizations. The holonic view of organizations // Intern. J. Knowl., Culture Change Manag. Organis. V. 5. No. 4. P. 111–123.

Mella P. 2009. The Holonic Revolution: Holons, Holarchies and Holonic Networks. Pavia: Pavia Univ. Press. 124 p.

Mesarovic M.D., Macko D. 1969. Foundations for a scientific theory of hierarchical systems // Whyte L.L., Wilson A.G., Wilson D. (eds.). Hierarchical Structures. New York: American Elsevier Publ. P. 29–50.

Messaris P. 1994. Visual "Literacy": Image, Mind, and Reality. Boulder: Westview Press. 208 p.

Meyer A. 1926. Logik der Morphologie im Rahmen einer Logik der gesamten Biologie. Berlin: Springer-Verlag. 290 S.

Mickevich M.F. 1978. Taxonomic congruence // Syst. Biol. V. 27. No. 2. P. 143–158.

Miller A.H., Stroud J.T., Losos J. 2023. The ecology and evolution of key innovations // Tr. Ecol. Evol. V. 38. No. 2. P. 122–131.

Miller C.R., Hartzog M. 2020. "Tree thinking": The rhetoric of tree diagrams in biological thought // Interdisc. J. Rhetor. Anal. Invent. V. 15. No. 2. P. 1–61.

Minelli A. 1993. Biological Systematics. The State of the Art. London: Chapman & Hall. 404 p.

Minelli A. 1995. The changing paradigms of biological systematics: New challenges to the principles and practice of biological nomenclature // Bull. Zool. Nomencl. V. 52. No. 4. P. 303–309.

Minelli A. 1998. Molecules, developmental modules and phenotypes: A combinatorial approach to homology // Mol. Phyl. Evol. V. 9. No. 3. P. 340–347.

Minelli A. 2003. The Development of Animal Form: Ontogeny, Morphology, and Evolution. Cambridge: Cambridge Univ. Press. 323 p.

Minelli A. 2015. Biological systematics in the evo–devo era // Europ. J. Taxon. No. 125. P. 1–23. DOI: 10.5852/ejt.2015.125.

Minelli A. 2021. Evo-devo and phylogenetics // Nuno de la Rosa L., Müller G. (eds.). Evolutionary Developmental Biology: A Reference Guide. Cham: Springer Nature Switzerland. P. 1139–1150.

Minelli A. 2022. The species before and after Linnaeus—tension between disciplinary nomadism and conservative nomenclature // Wilkins J.S., Zachos F.E., Pavlinov I.Ya. (eds.). Species Problems and Beyond. Contemporary Issues in Philosophy and Practice. Boca Raton: CRC Press. P. 191–226.

Minelli A. 2023a. A refreshed approach to homology—Prioritizing epistemology over metaphysics // J. Morphol. V. 284. P. 1–16.

Minelli A. 2023b. Linear listing order and hierarchical classification: History, conflict, and use // Europ. J. Taxon. V. 908. P. 1–26.

Minelli A., Fusco G. 2013. Homology // Kampourakis K. (ed.). The Philosophy of Biology: A Companion for Educators,. Dordrecht: Springer Science + Business Media. P. 289–322.

Minto B. 2008. The Pyramid Principle: Logic in Writing and Thinking. London: Pearson Educ. 193 p.

Mishler B.D. 2021. What, if Anything, are Species? Boca Raton: CRC Press. 168 p.

Mishler B.D. 2022. Ecology, evolution, and systematics in a post-species world // Wilkins J.S., Zachos F.E., Pavlinov I.Ya. (eds.). Species Problems and Beyond. Contemporary Issues in Philosophy and Practice. Boca Raton: CRC Press. P. 177–190.

Morison R. 1672. Plantarum umbelliferarum distributio nova, per tabulas cognationes et affinitatis ex libro naturae. Oxford: Theatro Sheldoniano. 101 + p.

Moritz C. 1994. Defining 'evolutionarily significant units' for conservation // Tr. Ecol. Evol. V. 9. No. 10. P. 373–375.

Morville P., Rosenfeld L. 2007. Information Architecture for the World Wide Web, 3d ed. Sebastopol: O'Reilly & Associates. 526 p.

Moss W.W., Hendrickson J.A. 1973. Numerical taxonomy // Annu. Rev. Entomol. V. 18. P. 227–258.

Mungall C.J., Gkoutos G.V., Smith C.L., et al. 2010. Integrating phenotype ontologies across multiple species // Genome Biol. V. 11. Art. R2.

Muro E.M., Ballesteros F.J., Luque B., et al. 2025. The emergence of eukaryotes as an evolutionary algorithmic phase transition // Proc. Natl. Acad. Sci. V. 122. Art. e2422968122.

Murphy G.L. 2002. The Big Book of Concepts. Cambridge: MIT Press. 563 p.

Murray I.A. 1784. Caroli a Linne equitis Systema Vegitabilium secundum classes ordines genera species <…>. Gottingae: Jo. Christ. Dieterich. 987 p.

Naomi S.-I. 2011. On the integrated frameworks of species concepts: Mayden's hierarchy of species concepts and de Queiroz's unified concept of species // J. Zool. Syst. Evol. Res. V. 49. No. 3. P. 177–184.

Nascimento F.F., Reis M.D., Yang Z. 2017. A biologist's guide to Bayesian phylogenetic analysis // Nature Ecol. Evol. V. 1. No. 10. P. 1446–1454.

Nebel M., Pfabel C., Stock A., et al. 2011. Delimiting operatonal taxonomic units for assessing ciliate environmental diversity using small-subunit rRNA gene sequences // Envir. Microb. Repts. V. 80. No. 14. P. 154–158.

Nelson G. 1974. Classification as an expression of phylogenetic relationships // Syst. Zool. V. 22. No. 4. P, 344–359.

Nelson G. 1978. Ontogeny, phylogeny, paleontology, and the biogenetic law // Syst. Zool. V. 27. No. 3. P. 324–345.

Nelson G., Platnick N. 1981. Systematics and biogeography: Cladistics and vicariance. New York: Columbia Univ. Press. 567 p.

Nixon K.C., Carpenter J.M. 2000. On the other "Phylogenetic systematics" // Cladistics. V. 16. No. 3. P. 298–318.

Nonaka S., Majima K., Kamitani Y., et al. 2021. Brain hierarchy score: Which deep neural networks are hierarchically brain-like? // iScience. V. 24. No. 9. Art. 103013.

Norenzayan A., Heine S.J. 2005. Psychological universals: What are they and how can we know? // Psychol. Bull. V. 131. No. 5. P. 763–784.

Novick L.R., Catley K., Schreiber E. 2012. Understanding evolutionary history: An introduction to tree thinking // Semantic Scholar. https://api.semanticscholar.org/CorpusID:49357188.

Nylander J.A., Ronquist F., Huelsenbeck J.P., et al. 2004. Bayesian phylogenetic analysis of combined data// Syst. Biol. V. 53. No. 1. P. 47–67.

O'Hara R.J. 1988. Homage to Clio, or toward an historical philosophy of evolutionary biology // Syst. Zool. Vol. 37. No 1. P. 142–155.

O'Hara R.J. 1991. Representations of the natural system in the nineteenth century // Biol. Philos. V. 6. No. 2. P. 255–274.

O'Hara R.J. 1996. Trees of history in systematics and philology// de Pinna M.C.C., Ghiselin M. (eds.). New Perspectives on the History of Life: Essays on Systematic Biology as Historical Narrative. Milan: Museo Civico di Storia Naturale di Milano. P. 81–88.

O'Hara, R.J. 1997. Population thinking and tree thinking in systematics // Zool. Scripta. V. 26. No. 4. P. 323–329.

O'Neill R.V., DeAngelis D.L., Waide J.B., et al. 1986. A Hierarchical Concept of Ecosystems. Princeton: Princeton Univ. Press. 253 p.

Ochoa C. 2025. Hierarchical Evolutionary-Developmental Theory. Towards a New Theory of Evolution. Cham: Springer Nature Switzerland. 422 p.

Omland K.E., Cook L.G., Crisp M.D. 2008. Tree thinking for all biology: The problem with reading phylogenies as ladders of progress // BioEssays. V. 30. No. 9. P. 854–767.

Ong W.J. 1958. Ramus, Method, and the Decay of Dialogue. From the Art of Discourse to the Art of Reason. Cambridge: Harvard Univ. Press. 436 p.

Osborn H.F. 1936. Proboscidea. A monograph of the discovery, evolution, migration and extinction of the mastodonts and elephants of the world. New York: Amer. Mus. Press. 802 p.

Paasch J.T. 2014. Scotus and Ockham on universals and individuation // Hause J. (ed.). Debates in Medieval Philosophy. Essential Readings and Contemporary Responses. London: Routledge. P. 371–394.

Page R.D.M. 2004. Phyloinformatics: towards a phylogenetic database // Wang J.T.L., Mohammed J.Z., Toivone H.T.T., et al. (eds.). Data Mining in Bioinformatics. London: Springer. P. 219–241.

Page R.D.M., Holmes E.C. 1998. Molecular Evolution: A Phylogenetic Approach. London: Blackwell Science. 352 p.

Panchen A.L. 1992. Classification, Evolution, and the Nature of Biology. New York: Cambridge Univ. Press. 398 p.

Pattee H.H. 1973a. Hierarchy Theory: The Challenge of Complex Systems. New York: George Braziller. 156 p.

Pattee H.H. 1973b. Unsolved problems and potential applications of hierarchy theory // Pattee H.H. (ed.). Hierarchy Theory: The Challenge of Complex Systems. New York: George Braziller Publ. P. 129–156.

Pattee H.H. 1978. The complementarity principle in biological and social structures // J. Soc. Biol. Struct. V. 1. No. 2. P. 191–200.

Patten B.C. 1975 Ecosystem linearization: An evolutionary design problem // Amer. Natur. V. 109. No. 969. P. 529–539.

Patterson C. 1977. The contribution of paleontology to teleostean phylogeny // Hecht M.K., Goody P.C., Hecht B.M. (eds.). Major Patterns of Vertebrate Evolution. New York: Plenum Press. P. 579–644.

Pavlinov I.Ya. 1998. On the problems of axiomatic foundation of evolutionary cladistics // Program and Abstracts of the 17th Meeting of The Willly Hennig Society "Hennig XVII". São Paulo: Willly Hennig Soc. P. 67

Pavlinov I. Ya. 2021. Biological Systematics. History and Theory. Boca Raton: CRC Press. 255 p.

Pavlinov I.Ya. 2023. The Species Problem. A Conceptual History. Boca Raton: CRC Press. 262 p.

Pavlinov I.Ya. 2024. An outline of a conceptual framework for contemporary biological systematics // Biol. Bull. V. 51. Suppl. 1. P. S1–S22.

Pavlinov I.Ya. 2025. An analytical review of contemporary debates over nomenclature in biological systematics. Biol. Bull. V. 52. Art. 34.

Pavlinov I.Ya., Puzachenko Yu.G., Puzachenko A.Yu., et al. 1995. To zipf or not to zipf, or why are there so few scientists supposing there are no genera in the nature at all? // Zh. Obsh. Biol. V. 56. No. 1. P. 152–158.

Payne J.L., Wagner A. 2019. The causes of evolvability and their evolution // Nature Rev. Gen. V. 20. No. 1. P. 24–38.

Peirce C.S. 1920. Tree of Porphyry // Dictionary of Philosophy and Psychology. New ed. V. 2. New York: Macmillan. P. 713–714.

Pellegrin P. 1987. Logical difference and biological difference: The unity of Aristotle's thought // Gotthelf A., Lennox J. (eds.). Philosophical Issues in Aristotle's Biology. New York: Cambridge Univ. Press. P. 313–338.

Penn M.J., Scheidwasser N., Penn J., et al. 2023. Leaping through tree space: Continuous phylogenetic in-

ference for rooted and unrooted trees // Genome Biol. Evol. V. 15. No. 12. Art. evad213.
Piaget J. 1970. Structuralism. New York: Basic Books. 153 p.
Pichler F. 2000. Modeling complex systems by multi-agent holarchies // Pichler F., Moreno-Díaz R., Kopacek P. (eds.). Computer Aided Systems Theory. Heidelberg: Springer-Verlag. P. 154–168.
Pietsch T.W. 2012. Trees of Life. A Visual History of Evolution. Baltimore: John Hopkins Univ. Press. 376 p.
Pigliucci M. 2008. What, if anything, is an evolutionary novelty? // Philos. Sci. V. 75. No. 5. P. 887–898
Platnick N.I. 1979. Philosophy and the transformation of cladistics // Syst. Zool. V. 28. No. 4. P. 537–546.
Platnick N.I., Gaffney E.S.. 1977. Systematics: A Popperian perspective // Syst. Zool. V. 26. No. 3. P. 360–365.
Platt J. 1969. Theorems on boundaries in hierarchical systems // Whyte L.L., Wilson A.G., Wilson D. (eds.). Hierarchical Structures. New York: American Elsevier Publ. P. 201–213.
Pleijel F., Rouse G.W. 2000. Least-inclusive taxonomic unit: A new taxonomic concept for biology // Proc. Roy. Soc. B. V. 267. No. 1443. P. 627–630.
Podani J. 2013. Tree thinking, time and topology: Comments on the interpretation of tree diagrams in evolutionary/phylogenetic systematics // Cladistics. V. 29. No. 3. P. 315–327.
Popper K.R. 1972. Objective Knowledge: An Evolutionary Approach. Oxford: Oxford Univ. Press. 406 p.
Posey D.A. 1984. Hierarchy and utility in a folk biological taxonomic system: patterns in classification of arthropods by the Kayapo Indians of Brazill // J. Ethnobiol. M. 4. No. 2. PP. 123–139.
Pullan M.R., Watson M.F., Kennedy J., et al. 2000. The Prometheus taxonomic model: A practical approach to representing multiple classifications // Taxon. V. 49. No. 1. P. 55–75.
Pumain D. 2006. Hierarchy in Natural and Social Sciences. Dordrecht: Springer-Verlag. 256 p.
Ragan M.A. 2009. Trees and networks before and after Darwin // Biol. Direct. V. 4. Art. 43.
Raguenaud C., Kennedy J., Barclay P.J. 1999. Database support for taxonomy // Prometheus technical report No. 1. Napier Univ. https://www.napier.ac.uk/research-and-innovation/research-search/outputs/database-support-for-taxonomy.
Ramus P. 1576. Professio Regia: Host est Septem artes liberales <…>. Basiliae: Sebastian Henric Petel. 256 p.
Rangel T.F., Colwell R.K., Graves G.R., et al. 2015. Phylogenetic uncertainty revisited: Implications for ecological analyses // Evolution. V. 69. No. 5. P. 1301–1312.
Rapoport A. 1986. General System Theory: Essential Concepts & Applications. Cambridge: Abacus Press. 304 p.
Rasnitsyn A.P. 1996. Conceptual issues in phylogeny, taxonomy, and nomenclature // Contrib. Zool. V. 66. No. 1. P. 3–41.
Raup D.M., Sepkoski J.J. 1984. Periodicity of extinction in the geologic past // Proc. Natl. Acad. Sci. V. 81. No. 3. P. 801–805.
Ravasz E., Barabási A.-L. 2003. Hierarchical organization in complex networks // Phys. Rev. V. E 67. Art. 0205130.
Ray J. 1696. De Variis Plantarum Methodus Dissertation brevis <…>. Londoni: S. Smith & B. Walford. 48 p.
Ray J. 1714. The Wisdom of God Manifested in the Works of the Creation <…>. 6th ed. London: William Innys. 405 p.
Ray J. 1733. Methodus Plantarum Emendate et Aucta <…>. Londoni: Christianum Andream Myntsing. 196 + p.
Reif W.-E. 2003. Problematic issues of cladistics: 1. Ancestor recognition and phylogenetic classification // Neues Jahrb. Geol. Palaontol. Abh. 230. H. 1. S. 97–143.
Revell L.J., Harmon L.J., Collar D.C. 2008. Phylogenetic signal, evolutionary process, and rate // Syst. Biol. V. 57. No. 4. P. 591–601.
Reynolds P.D. 2016. A Primer in Theory Construction. Abingdon: Routledge. 208 p.
Richards R.A. 2010. The Species Problem: A Philosophical Analysis. Cambridge: Cambridge Univ. Press. 236 p.
Richardson M.K., Minelli A., Coates M., et al. 1998. Phylotypic stage theory // Tr. Ecol. Evol. V. 13. No. 4. P. 158.
Riedl R. 1978. Order in Living Organisms. Chichester: John Wiley & Sons. 313 p.
Riegner M.F. 2013. Ancestor of the new archetypal biology: Goethe's dynamic typology as a model for contemporary evolutionary developmental biology// Stud. Hist. Philos. Sci. C. V. 44. No. 4. P. 735–744.
Rieppel O. 1988. Fundamentals of Comparative Biology. Basel: Birkhauser Verlag. 202 p.
Rieppel O. 2003. Popper and systematics // Syst. Biol. V. 52. No. 2. P. 271–280.
Rieppel O. 2005. The philosophy of total evidence and its relevance for phylogenetic inference // Pap. Avul. Zool. V. 45. No. 8. 77–89.
Rieppel O. 2006. The taxonomic hierarchy // Systematist. No. 26. P. 5–9.
Rieppel O. 2007. The nature of parsimony and instrumentalism in systematics // J. Zool. Syst. Evol. Res. V. 45. No. 3. P. 177–183.
Rieppel O. 2009a. Hennig's enkaptic system // Cladistics. V. 25. No. 3. P. 311–317.
Rieppel O. 2009b. Total evidence in phylogenetic systematics // Biol. Philos. V. 24. No. 5. P. 607–622.
Rieppel O. 2010. Monophyly and the two hierarchies // Williams D.M., Knapp S. eds. Beyond Cladistics: The Branching of a Paradigm. Berkeley: Univ. California Press. P. 147–167.
Rieppel O. 2016. Phylogenetic Systematics: Haeckel to Hennig. Boca Raton: CRC Press. 402 p.
Rieppel O., Rieppel M., Rieppel L. 2006. Logic in systematics // J. Zool. Syst. Evol. Res. V. 44. No. 3. P. 186–192.

Rineau V., Prin S. 2024. Defining phylogenetic relationships: A complete and minimal set of combinatorial properties for triplets // BioRxiv Prepr. DOI:10.1101/2024.03.19.585714.

Rohlf F.J., Colless D.H., Hart G. 1983. Taxonomic congruence—a reanalysis // Felsenstein J. (ed.). Numerical Taxonomy. V. 1. Berlin: Springer-Verlag. P. 82–86.

Rosalinde A. 2010. Lines of thought: Diagrammatic representation and the scientific texts of the arts faculty, 1200–1500. Doct. thes. Leiden Univ. 312 p. https://scholarlypublications.universiteitleiden.nl/handle/1887/16029.

Rosch E. 1973. Natural categories // Cognit. Psychol. V. 4. No. 3. P. 328–350.

Rössler O.E. 1983. The chaotic hierarchy // Zeitschr. Naturforsch. A. Bd. 38. H. 7. S. 788–801.

Roux J., Robinson-Rechavi M. 2010. An ontology to clarify homology-related concepts // Tr. Genet. V. 26. No. 3. P. 99–102.

Rüling J.P. 1766. Commentatio Botanica de Ordinibus Naturalibus Plantarum <…>. Goettingae: Lit. Fried. &. Rosenbush. 36 p.

Ruse M. 1979. Falsifiability, consilience, and systematics // Syst. Zool. V. 28. No. 4. P. 530–536.

Saaty T.L., Vargas L.G. 2012. Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process, 2d ed. New York: Springer Science+Business. 360 p.

Sachs J. 1906. History of Botany, 1530–1860. Oxford: Clarendon Press. 588 p.

Salonius P., Andrea W. 2014. The Tree: Symbol, Allegory, and Mnemonic Device in Medieval Art and Thought. Turnhout: Brepols Publ. 258 p.

Salthe S.N. 1985. Evolving Hierarchical Systems: Their Structure and Representation. New York: Columbia Univ. Press. 343 p.

Salthe S.N. 2006. Summary of the principles of hierarchy theory. https://www.nbi.dk/~natphil/salthe/Summary_of_the_Principles_o.pdf.

Salthe S.N. 2012. Hierarchical structures // Axiomathes. V. 22. No. 3. P. 355–383.

Sanderson M.J., Purvis A., Henze C. 1998. Phylogenetic supertrees: Assembling the trees of life // Tr. Ecol. Evol. V. 13. No. 3. P. 105–109.

Santos G. 2015. Upward and downward causation from a relational-horizontal ontological perspective // Axiomathes. V. 25. No. 1. P. 23–40.

Santos G. 2024. Emergence, downward causation, and interlevel integrative explanations // Cordovil J.L., Santos G., Vecchi D. (eds.). New Mechanism: Explanation, Emergence and Reduction. Cham: Springer Nature Switzerland AG. P. 235–265.

Sarkar S., Margules C. 2001. Operationalizing biodiversity for conservation planning // J. Biosci. V. 27. Suppl. 2. P. 299–308.

Schafer A.R.D. 2003. The “kinds” of Genesis 1: What is the meaning of mîn? // J. Advent. Theol. Soc. V. 14. No. 1. P. 86–100.

Schertl H.-P., Mills S.J., Maresch W.V. 2019. A Compendium of IMA-Approved Mineral Nomenclature. Stuttgart: E. Schweizerbart Sci. Publ. 353 p.

Schoch R.M. 1986. Phylogeny Reconstruction in Paleontology. New York: Van Nostrand Reinhold. 353 p.

Schroeder M. 1991. Fractals, Chaos, Power Laws: Minutes From an Infinite Paradise. New York: W.H. Freeman & Co. 448 p.

Schuh R.T. 2000. Biological Systematics. Principles and Applications. Ithaca: Cornell Univ. Press. 239 p.

Scott A.D., Baum D.A. 2016. Phylogenetic tree // Kliman R.M. (ed.). Encycl. Evol. Biol. Oxford: Elsevier. P. 270–276.

Scott A.D., King D.M., Ordway S.W., et al. 2022. Phase transitions in evolutionary dynamics // Chaos. V. 32. No. 12. Art. 122101. DOI: 10.1063/5.0124274.

Sepkoski J.J. 1996. Patterns of Phanerozoic extinction: A perspective from global data bases // Walliser O.H. (ed.). Global Events and Event Stratigraphy in the Phanerozoic. Berlin–Heidelberg: Springer-Verlag. P. 35–51.

Sereno P.C. 2007. Logical basis for morphological characters in phylogenetics // Cladistics. V. 23. No. 6. P. 565–587.

Shapiro L., Sober E. 2007. Epiphenomenalism. The dos and don’ts // Wolter G., Machamer P. (eds.). Thinking About Causes: From Greek Philosophy to Modern Physics. Pittsburgh: Univ. Pittsburgh Press. P. 235–264.

Shishkin M.A. 2006. Development and lessons of evolutionism // Russ. J. Develop. Biol. V. 37. No. 3. P. 146–162.

Sibley C.G., Ahlquist J.E. 1990. Phylogeny and Classification of Birds: A Study in Molecular Evolution. New Haven: Yale Univ. Press. 976 p.

Sigwart J.D. 2022. Taxonomic hierarchies as a tool for coping with the complexity of biodiversity // Wilkins J.S., Zachos F.E., Pavlinov I.Ya. (eds.). Species Problems and Beyond. Contemporary Issues in Philosophy and Practice. Boca Raton: CRC Press. P. 227–242.

Simon H.A. 1962. The architecture of complexity // Proc. Amer. Philos. Soc. V. 106. No. 6. P. 467–482.

Simon H.A. 1991. The architecture of complexity // Klir G.J. (ed.). Facets of Systems Science. Boston: Springer-Verlag. P. 15–44.

Simpson, G. G. 1945. The principles of classification and a classification of mammals // Bull. Amer. Mus. Nat. Hist. V. 85. 350 p.

Simpson G.G. 1951a. The species concept // Evolution. V. 5. No. 4. P. 285–298.

Simpson G.G. 1951b. Horses: The Story of the Horse Family in the Modern World and Through Sixty Million Years of History. Oxford: Oxford Univ. Press. 247 p.

Simpson G.G. 1961. Principles of animal taxonomy. New York: Columbia Univ. Press. .247 p. (русск. перевод 2006 г.).

Sklar A. 1964. On category overlapping in taxonomy // Gregg J.R., Harris F.T.C. (eds.). Form and Strategy in Science. Dordrecht: D. Reidel. P. 395–401.

Slack J.M.W., Holland P.W.H., Graham C.F. 1993. The zootype and the phylotypic stage // Nature. V. 361. No. 6412. P. 490–492.

Slaughter M. 1982. Universal Languages and Scientific Taxonomy in the Seventeenth Century. Cambridge: Cambridge Univ. Press. 288 p.

Sloan P.R. 1972. John Locke, John Ray, and the problem of the natural system // J. Hist. Biol. V. 5. No. 1. P. 1–53.

Sluys R. 1991. Species concepts, process analysis, and the hierarchy of nature // Experientia. V. 47. No. 11–12. P. 1162–1170.

Smaling A. 1992. Varieties of methodological intersubjectivity: The relations with qualitative and quantitative research and with objectivity // Qual. Quant. V. 26. No. 2. P. 169–180.

Smith B. 2004. Beyond concepts: Ontology as reality representation // Varzi A., Vieu L. (eds.). Proc. FOIS 2004. Intern. Conf. Formal Ontol. Inform. Syst., Turin, 4–6 Nov. 2004. https://ontology.buffalo.edu/bfo/BeyondConcepts.pdf.

Sneath P. 2000. Reticulate evolution in bacteria and other organisms: How can we study it? // J. Classific. V. 17. No. 2. P, 159–163.

Sneath P.H.A., Sokal R.R. 1973. Numercial Taxonomy. The Principles and Methods of Numerical Classification. San Francisco: W.H. Freeman & Co. 573 p.

Sneppen K., Minnhagen P. 2004. Hierarchy and anti-hierarchy in real and scale free networks // Phys. Rev. Lett. V. 92. Art. 178702.

Sober E. 1984. Sets, species, and evolution // Phil. Sci. V. 51. No. 3. P. 334–341.

Sober E. 1988. Reconstructing the Past. Parsimony, Evolution, and Inference. Cambridge: MIT Press. 265 p.

Sokal R.R., Rohlf F.J. 2009. Introduction to Biostatistics, 2d ed. Mineola: Dover Publ. 384 p.

Sokal R.R., Sneath R.H.A. 1963. Principles of Numerical Taxonomy. San Francisco: W.H. Freeman & Co. 359 p.

Sowa J.F. 1976. Conceptual graphs for a data base interface // IBM J. Res. Develop. V. 20. No. 4. P. 336–357.

Spade P.V. 1994. Five texts on the Mediaeval Problem of Universals: Porphyry, Boethius, Abelard, Duns Scotus, Ockham. Indianapolis: Hackett Publishing. 256 p.

Spiridonov A., Eldredge N. 2024. The Bretskyan hierarchy, multiscale allopatry, and geobiomes—on the nature of evolutionary things // Paleobiol. V. 50. No. 2. P. 194–213.

Staley J.T. 2006. The bacterial species dilemma and the genomic-phylogenetic species concept // Phil. Trans. Roy. Soc. B. V. 361. No. 1475. P. 1899–1909.

Stanford P.K. 2016. Instrumentalism: Global, local, and epistemic // Humphreys P. (ed.). The Oxford Handbook of the Philosophy of Science. Oxford: Oxford Univ. Press. P. 318–336.

Stevens P.F. 1994. The Development of Biological Systematics. Antoine-Laurent de Jussieu, Nature, and the Natural System. New York: Columbia Univ. Press. 616 p.

Stevens P. 1984. Metaphors and typology in the development of botanical systematics 1690–1960, or the art of putting new wine in old bottles // Taxon. V. 33. No. 2. P. 169–211.

Stevens P.F. 1983. Augustin Augier's "Arbre botanique" (1801), a remarkable early botanical representation of the Natural System // Taxon. V. 32. No. 2. P. 203–211.

Stoljar D. 2024. Physicalism // Zalta E.N., and Nodelman U. (eds.). Stanford Encycl. Philos. https://plato.stanford.edu/archives/spr2024/entries/physicalism/.

Strickland, H. E., J. S. Henslow, J. Phillips, et al. 1843. Series of propositions for rendering the nomenclature of zoology <…> // Ann. Mag. Nat. Hist. V. 11. No. 29. P. 259– 275.

Striedter G.F. 1998. Stepping into the same river twice: Homologues as recurring attractors in epigenetic landscapes // Brain Behav. Evol. V. 52. No. 4–5. P. 218–231.

Stuessy T.F. 2008. Plant Taxonomy. The Systematic Evaluation of Comparative Data. 2d ed. New York: Columbia Univ. Press. 568 p.

Stuessy T.F., König C. 2008. Patrocladistic classification // Taxon. V. 57. No. 2. P. 594–601.

Stumme G. 1999. Hierarchies of conceptual scales // Gaines T.B., Kremer R., Musen M. (eds.). Proc. 11th Workshop Knowledge Acquis. Model. Manag. V. 2. Banff: Banff Centre Press. P. 78–95.

Suchecki K., Hołyst J. 2022. Hierarchy depth in directed networks // Entropy. V. 24. No. 2. Art. 252.

Suppes P. 1978. The plurality of science // Proc. Bienn. Meet. Philos. Sci. Assoc. (1978). Cambridge: Cambridge Univ. Press. P. 3–16.

Swofford D., Olsen G.J., Waddell P.J., et al. 1996. Phylogenetic inference // Hillis D.M., Moritz C., Mable B.K. (eds.). Molecular systematics. 2d ed. Sunderland: Sinauer Assoc. P. 407–514.

Swoyer C. 2006. Conceptualism // Trawson E.S., Chakrabarti A. (eds.). Universals, Concepts, and Qualities: New Essays on the Meaning of Predicates. Routledge: CRC Press. P. 127–154.

Szucsich N.U., Wirkner C.S. 2007. Homology: A synthetic concept of evolutionary robustness of patterns // Zool. Scripta. V. 36. No. 3. P. 281–289.

Tassy P. 2011. Trees before and after Darwin // J. Zool. Syst. Evol. Res. V. 49. No. 1. P. 89–101.

Tennis, J. T. 2015. Foundational, first-order, and second-order classification theory // Knowledge Organiz. V. 42. No. 4. P. 244–249.

Thagard P. 2023. Cognitive science // Zalta E.N., Nodelman U. (eds.). Stanford Encycl. Philos. https://plato.stanford.edu/archives/win2023/entries/cognitive-science/.

Thompson W.R. 1952. The philosophical foundations of systematics // Canad. Entomol. V. 84. No. 1. P. 1–16.

Torday J.S. 2016. Life is simple—biologic complexity is an epiphenomenon // Biology. V. 5. No. 2. Art. 17.
Tournefort, Pitton de J. 1694. Élémens de botanique, ou Methode pour connoître les plantes. V. 1. Paris: l'Imprimerie Royale. 604 p.
Trusina A., Maslov S., Minnhagen P., et al. 2004. Hierarchy measures in complex networks // Phys. Rev. Lett. V. 92. Art. 178702.
Turesson G. 1922. The species and the varieties as ecological units // Hereditas. V. 3. No. 1. P. 100–113.
Turner D. 2011. Paleontology. A Philosophical Introduction. Cambridge: Cambridge Univ. Press. 241 p.
Tversky A. 1977. Features of similarity // Psychol. Rev. V. 84. No. 4. P. 327–352.
Tversky B. 1989. Parts, partonomies, and taxonomies // Develop. Psychol. V. 25. No. 6. P. 983–995.
Tversky B. 2013. Where partonomies and taxonomies meet // Tsohatzidis S.L. ed. Meanings and Prototypes. Studies in linguistic categorization. 2d ed. Abingdon: Routledge. P. 334–344.
Tyler M.J. 1991. Biological nomenclature, classification and the ethnozoological specieme // Pawley A. (ed.). Man and a Half: Essays in Pacific Anthropology and Ethnobiology in Honour of Ralph Bulmer. Aukland: Polynesian Soc. P. 164–167.
Upchurch P., Hunn C.A. 2002. "Time": the neglected dimension in cladistic biogeography? // Geobios. V. 35. Suppl. 1. P. 277–286.
Valentine D.H., Löve A. 1958. Taxonomic and biosystematic categories // Brittonia. V. 10. No. 4. P. 153–166.
Valentine J.W., May C.L. 1996. Hierarchies in biology and paleontology // Paleobiol. V. 22. No. 1. P. 23–33.
van Fraassen B. 1970. An Introduction to the Philosophy of Space and Time. New York: Random House. 240 p.
Van Fraassen B.C. 2008. Scientific Representation: Paradoxes of Perspective. Oxford: Oxford Univ. Press. 422 p.
Van Valen L. 1971. Adaptive zones and the orders of mammals // Evolution. V. 25. No. 4. P. 420–428.
Verdier N. 2006. Hierarchy: A short history of a word in western thought // Pumain D. (ed.). Hierarchy in Natural and Social Sciences. Dordrecht: Springer-Verlag. P. 13–38.
Villegas C., Triviño V. 2023. Typology and organismal dispositions in evo–devo: A metaphysical approach // Rev. Estud. Cienc. Tecnol. V. 12. No. 1. P. 79–102.
Vogt L., Bartolomaeus T., Giribet G. 2010. The linguistic problem of morphology: Structure versus homology and the standardization of morphological data // Cladistics. V. 26. No. 3. P. 301–325.
Vogt L., Nickel M., Jenner R.A., et al. 2013. The need for data standards in zoomorphology // J. Morphol. V. 274. No. 7. P. 793–808.
Voss E.G. 1952. The history of keys and phylogenetic trees in systematic biology // J. Sci. Labor. Denison Univ. V. 43. P. 1–25.
Waddington C.H. 1962. New Pattern in Genetics and Development. New York: Columbia Univ. Press. 271 p.
Wagner G.P. 1989. The biological homology concept // Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst. V. 20. P. 51–69.
Wagner G.P. 1994. Homology and the mechanisms of development // Hall B.K. (ed.). Homology, the Hierarchical Basis of Comparative Biology. San Diego: Academic Press. P. 273–299.
Weber M. 1949. On the Methodology of Social Sciences. Glencoe: Free Press. 188 p.
Weinberg G.M. 2011. An Introduction to General Systems Thinking. 2d ed. London: Dorset House. 320 p.
Weston P. 1988. Indirect and direct methods in systematics // Humphries J.C. (ed.). Ontogeny and Systematics. New York: Columbia Univ. Press. P. 27–56.
Wheeler W.M. 1929. Present tendencies in biological theory // Sci. Month. V. 28. No. 2. P. 97–109.
Whittaker R.H. 1969. New concepts of kingdoms of organisms // Science. V. 163. No. 3863. P. 150–160.
Whyte L.L., Wilson A.G., Wilson D. 1969. Hierarchical Structures. New York: American Elsevier Publ. 322 p.
Wiley E.O. 1979. An annotated Linnean hierarchy, with comments on natural taxa and competing systems // Syst. Zool. V. 28. No. 3. P. 308–337.
Wiley E.O. 1981. Phylogenetics: The Theory and Practice of Phylogenetic Systematics. New York: John Wiley & Sons. 439 p.
Wiley E.O., Lieberman B.S. 2011. Phylogenetics. Theory and Practice of Phylogenetic Systematics. 2d ed. Hoboken: Wiley-Blackwell. 739 p.
Wilkins J. 1668. An Essay Towards a Real Character, and a Philosophical Language <…>. London: Royal Society. 454 + p.
Williams W.T., Dale M.B.. 1965. Fundamental problems in numerical taxonomy // Adv. Bot. Res. V. 2. No. 1. P. 35–68.
Willis J.C. 1922. Age and Area. A Study in Geographical Distribution and Origin of Species. Cambridge: Cambridge Univ. Press. 259 p.
Willis A., Bell R. 2018. Uncertainty in phylogenetic tree estimates // J. Comput. Graph. Statist. V. 27. No. 3. P. 542–552.
Wills M.A. 2007. Fossil ghost ranges are most common in some of the oldest and some of the youngest strata // Proc. Roy. Soc. B. V. 274. No. 1624. P. 2421–2427.
Wilson D. 1969. Forms of hierarchy: A selected bibliography // Whyte L.L., Wilson A.G., Wilson D. (eds.). Hierarchical Structures. New York: American Elsevier. P. 287–314.
Wilson J.D., Koch N.M., Ramírez M.J. 2022. Chronogram or phylogram for ancestral state estimation? // Methods Ecol. Evol. V. 13. No. 8. P. 1679–1689.
Wirkner C.S., Göpel T., Runge J., et al. 2017. The first organ-based ontology for arthropods (Ontology of Arthropod Circulatory Systems—OArCS) and its integration into a novel formalization scheme for morphological descriptions// Syst. Biol. V. 66. No. 5. P. 754–768.
Wood S.W. 1994. A hierarchical theory of systematics // Evol. Theor. V. 10. No. 2. P. 273–277.

Woodger J.H. 1937. The Axiomatic Method in Biology. Cambridge: Cambridge Univ. Press. 174 p.

Woodward J. 2003. Making Things Happen. Theory of Causal Explanation. Oxford: Oxford Univ. Press. 432 p.

Worm A. 2014. Arbor autem humanum genus significat. Trees of genealogy and sacred history in the Twelfth century // Salonius P., Andrea W. (eds.). The Tree: Symbol, Allegory, and Mnemonic Device in Medieval Art and Thought. Turnhout: Brepols Publ. P. 35–67.

Wright A.M., Wagner P.J. 2024. Quantitative models for distinguishing punctuated and continuous-time models of character evolution and their implications for macroevolutionary theory // BioRχiv. https://doi.org/10.1101/2024.04.09.588788.

Wu J. 2013. Hierarchy theory: An overview // Rozzi R., Pickett S.T.A., Palmer C., et al. (eds.). Linking Ecology and Ethics for a Changing World. Dordrecht: Springer Science+Business Media. P. 281–301.

Yardley I. 2014. The Universal Metaphor: The Universe as a Circle. Oxford: Clarendon Press. 68 p.

Ygaer R.R., Zadeh L.A. 1992. An Introduction to Fuzzy Logic. Applications in Intelligent Systems. New York: Springer Science + Business Media. 363 p.

Young D. M. 1971. Iterative Solution of Large Linear Systems. New York: Academic Press. 570 p.

Zachos F.E. 2011. Linnean ranks, temporal banding, and time-clipping: why not slaughter the sacred cow? // Biol. J. Linn. Soc. V. 103. No. 3. P. 732–734.

Zachos F.E. 2016. Species Concepts in Biology. Historical Development, Theoretical Foundations and Practical Relevance. Basel: Springer. 220 p.

Zafeiris A., Vicsek T. 2018. Why We Live in Hierarchies? A Quantitative Treatise. Cham: Springer Internat. Publ. Switzerland. 206 p.

Zander R.H. 2010. Taxon mapping exemplifies punctuated equilibrium and atavistic saltation // Plant Syst. Evol. V. 286. No. 1. P. 69–90.

Zander R.H. 2024. Lineages of fractal genera comprise the 88-million-year steel evolutionary spine of the ecosphere // Plants (Basel). V. 13. No. 11. Art. 1559.

Zander R.H. 2025. On the origin of taxa // Reprints.org. DOI:10.20944/preprints202503.2285.v1.

Zander R.H. 2013. A Framwork for Post-Phylogenetic Systematics. St. Louis: Zetetic Publ. 214 p.

Zeki S. 2022. The Paton prize lecture 2021: A colourful experience leading to a reassessment of colour vision and its theories // Exp. Physiol. V. 107. No. 11. P. 1189–1208.

Zimmermann W. 1931. Arbeitsweise der botanischen Phylogenetik und anderer Gruppierungswissenschaften // Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Abt. 3. T. 9. Berlin: Urban & Schwarzenberg. S. 941–1053.

Zimmermann W. 1934. Research on phylogeny of species and of single characters (Sippenphylogenetik und Merkmalsphylogenetik) // Amer. Natur. V. 68. No. 717. P. 381–384.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ 5
Глава 1. ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР 9
1.1. Истоки: фолк-систематика 9
1.2. Иерархизация универсума в Античности 12
1.3. Разработка и освоение родо-видовой схемы 14
1.4. Развитие ранговой таксономической иерархии 21
1.5. Против таксономической иерархии и/или её ранжирования 30
1.6. Краткая история мерономических иерархий 33
Глава 2. ФИЛОСОФСКИЕ РЕФЛЕКСИИ 35
2.1. Иерархическая структура познавательной ситуации 35
2.2. Иерархии редукционных каскадов 42
2.3. О понятиях и определениях 48
2.4. Пирамиды рассуждений: логики, методологии, методы 51
2.5. Иерархическая структура таксономической теории 56
2.6. Насколько объективны иерархии и ранги? 60
2.7. Как важно быть системой 63
Глава 3. ИЕРАРХИИ — ЭТО СОВСЕМ НЕПРОСТО 72
3.1. Основные характеристики иерархий 73
3.2. Об онто-эпистемическом дуализме иерархий 75
3.3. Топология иерархий 79
3.4. Уровневость 83
3.5. Нечёткость (неопределённость) иерархий 90
3.6. Иерархизация классификационных систем 94
3.7. Ранжирование иерархий: доводы за и против 102
Глава 4. СПОСОБЫ РЕПРЕЗЕНТАЦИИ ИЕРАРХИЙ 112
4.1. Текстовый стиль 112
4.2. Древовидный стиль 116
4.3. Плоскостной стиль 124
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 128
ЛИТЕРАТУРА 133

CONTENTS

INTRODUCTION 5

Chapter 1. A HISTORICAL REVIEW 9

1.1. The roots: folk systematics 9

1.2. The universum hierarchization in Antiquity 12

1.3. The development and mastering of genus-species scheme 14

1.4. The development of ranked taxonomic hierarchy 21

1.5. Against taxonomic hierarchy and/or its ranking 30

1.6. The history of meronomic hierarchy in brief 33

Chapter 2. PHILOSOPHICAL REFLECTIONS 35

2.1. Hierarchical structure of cognitive situation 35

2.2. Herarchies of reduction cascades 42

2.3. Something about notions and definitions 48

2.4. Hierarchies of reasoning: logics, methodologies, methods 51

2.5. Hierarchical structure of taxonomic theory 56

2.6. How objective are hierarchies and ranks? 60

2.7. The importance of being a system 63

Chapter 3. THE HIERARCHIES ARE NOT SO EASY 72

3.1. The basic features of hierarchies 73

3.2. On onto-epistemic dualism of hierarchies 75

3.3. The hierarchies topology 79

3.4. Levelism 83

3.5. Fuzzy (uncertain) character of hierarchies 90

3.6. Hierarchization of classification systems 94

3.7. Ranking hierarchies: the *pros* and *cons* 102

Chapter 4. THE SYLES OF HIERARCHIES REPRESENTAITONS 112

4.1. The text style 112

4.2. The tree-like style 116

4.3. The plain-like style 124

CONCLUSION 128

REFERENCES 133

Научное издание

Павлинов Игорь Яковлевич
Иерархическая структура биологической систематики

— Зоологические исследования. 2026. № 24. 153 с.

Москва: Товарищество научных изданий КМК.
при участии ИП Михайлова К.Г.

Для заявок:
123100, Москва, а/я 16, Издательство КМК
электронный адрес mikhailov2000@gmail.com
http://avtor-kmk.ru

Подписано в печать 19.03.2026. Формат 60x90/8. Объём 19,25 п.л. Бумага офсетн. Тираж 100 экз.
Отпечатано в ООО “Галлея-Принт”, Москва, 5-я Кабельная ул., 5б.