



ОТКРЫТЫЙ ЛИЦЕЙ
«ВСЕРОССИЙСКАЯ ЗАОЧНАЯ
МНОГОПРЕДМЕТНАЯ ШКОЛА»

БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

А. Б. Шипунов

**ОСНОВЫ ТЕОРИИ
СИСТЕМАТИКИ**

Москва
1999

Открытый Лицей
«ВСЕРОССИЙСКАЯ ЗАОЧНАЯ
МНОГОПРЕДМЕТНАЯ ШКОЛА»

Биологическое отделение

А. Б. Шипунов

**ОСНОВЫ ТЕОРИИ
СИСТЕМАТИКИ**



Москва
1999



ОТКРЫТЫЙ ЛИЦЕЙ
«ВСЕРОССИЙСКАЯ ЗАОЧНАЯ
МНОГОПРЕДМЕТНАЯ ШКОЛА»

БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

А. Б. Шипунов

**ОСНОВЫ ТЕОРИИ
СИСТЕМАТИКИ**

Москва
1999

Открытый Лицей
«ВСЕРОССИЙСКАЯ ЗАОЧНАЯ
МНОГОПРЕДМЕТНАЯ ШКОЛА»

Биологическое отделение

А. Б. Шипунов

**ОСНОВЫ ТЕОРИИ
СИСТЕМАТИКИ**

Москва
1999

А. Б. Шипунов

Основы теории систематики: Учебное пособие. — М. Открытый лицей ВЗМШ, «Книжный дом „Университет“», 1999. — 56 с.

В пособии освещаются основные понятия и методы биологической систематики: искусственные и естественные системы, таксономическая иерархия, номенклатура и построение определительных ключей. Дана краткая характеристика нумерической, кладистической и типологической систематики.

Предназначается для школьников старших классов и всех желающих получить начальное представление о теории систематики.

*Печатается по решению
Учебно-методической комиссии
биологического отделения ОЛ ВЗМШ*

© Шипунов А. Б., 1999

© Открытый лицей ВЗМШ, 1999

Предисловие

Ариаднина нить ботаники
есть система, без нее наука о
растениях — хаос.

К. Линней, *Философия*
ботаники, VI, 156

Это изречение великого шведского ученого можно отнести (да и сам он относил его) не только к ботанике, но и ко всей биологии вообще. Современным биологам систематика необходима не меньше, чем во времена Линнея. Самая древняя из наук о живой природе, она не только не угасла, но продолжает динамично развиваться, аккумулируя все важнейшие достижения остальных биологических наук — будь то молекулярная биология или экология популяций.

В этом пособии мы расскажем об основных понятиях систематики и способах, которые используются для создания систем различных групп растений и животных.

Следует иметь в виду, что автор не всегда следовал общепринятым трактовкам используемых в пособии терминов, а в ряде случаев даже излагал свою собственную точку зрения, отличающуюся от общепринятой.

В подготовке к изданию данного пособия оказали существенную помощь: С. М. Глаголев (Московская гимназия № 1543 на Юго-Западе), К. Ю. Еськов и А. С. Раутиан (Палеонтологический институт РАН), А. В. Жердев (ВЗМШ) и жена автора, А. В. Шипунова, за что автор приносит им свою сердечную благодарность. Бóльшая часть Приложения и часть раздела 1.4 написаны М. М. Болдуну.

Глава 1

Основные понятия систематики

Основа ботаники двоякая —
расположение и
наименование.

К. Линней, *Философия
ботаники*, VI. 151

Основные цели систематики — **наименование**, **диагностика** и **экстраполяция**. С наименованием все вроде бы ясно; диагностика — это определение данного растения или животного (то есть нахождение ему места в системе), а вот на том, что такое экстраполяция, нужно остановиться более подробно. Согласно «Краткому словарю по логике»¹, «экстраполяция — . . . это процедура, состоящая в перенесении . . . характеристик с одной предметной области на другую». Например, если мы узнали, что конфеты в зеленой обертке — сладкие, мы склонны

¹Горский Д. П. и др. Краткий словарь по логике. М.: Просвещение, 1991. С. 199.

считать сладкими все остальные конфеты. Типичная же **таксономическая экстраполяция** состоит, например, в том, что отнеся некое животное к классу млекопитающих по одним признакам (скажем, по строению зубов), мы можем с **большой вероятностью** утверждать, что оно выкармливает детенышей молоком, хотя ни детенышей, ни молока мы у него еще не видели.

Вообще говоря, бóльшая часть наших знаний об окружающем мире основана на экстраполяциях. Человек, обжегшийся о раскаленную сковороду, в следующий раз будет обращаться со сковородой гораздо осторожнее, потому что он экстраполирует свойства уже знакомой ему сковороды на все остальные. Но экстраполировать можно лишь с некоторой вероятностью, и не исключено, что сковорода, которой этот человек так боялся, окажется холодной. Чтобы повысить вероятность, нужно точнее определять данный объект (то есть, например, отнести его не к классу «сковороды», а к классу «горячие сковороды»). А для этого требуется **диагностика**, то есть быстрое и точное определение объекта. Таким образом, все три цели систематики тесно связаны между собой.

1.1. Искусственные и естественные системы

Естественный метод — это первое и последнее, к чему стремится ботаника.

К. Линней, Философия ботаники, II, 77

Классифицировать живые объекты люди начали с глубокой древности. Потребность в классификации — одна из основных в познавательной деятельности человека. Ведь даже думать об объекте мы можем только после того, как сравним его с другими объектами и поместим, пусть даже предварительно, на какую-нибудь «полочку». Большинство древнейших классификаций носили, конечно же, **утилитарный** характер. Подобные классификации сохранились до сих пор. Например, шляпочные базидиомицеты в книгах по сбору грибов ботаники делятся на съедобные, несъедобные и ядовитые. Другой пример — деление животных на диких и домашних.

Но кроме утилитарных, появлялись и другие системы. Это связано с тем, что у многих людей, хорошо знакомых с разнообразием живой природы, возникало и возникает ощущение, что в окружающем нас мире есть какая-то упорядоченность, какая-то система **помимо нас**.

Уже в Книге Бытия есть такая система — там, где рассказывается о сотворении мира. Все живые организмы разделены на три большие группы:

- 1) деревья и травы (третий день Творения);
- 2) рыбы и птицы (день пятый);
- 3) гады (земноводные и пресмыкающиеся) и звери (день шестой).

В античном мире Гептадор, а затем Аристотель и его ученик Теофраст дали довольно подробную систему живых организмов. Растения были разделены ими на деревья и травы, а животные — на группы с «горячей» и «холодной» кровью. Последний признак маловажен в бытовом плане, но имеет большое значение для выявления собственной, внутренней упорядоченности живой природы. Так родилась **естественная система** — система, отражающая упорядоченность, имеющуюся в природе помимо нас. В основу естественной системы кладутся существенные признаки, то есть такие, из которых вытекают остальные свойства классифицируемых объектов (экстраполяция!).

Первое научное обоснование «естественного метода» дал Карл Линней. В «Философии ботаники» он писал:

Знай: признак не определяет род, но род — признак. Признак вытекает из рода, а не род из

признака. Признак существует не для того, чтобы учредить род, а для того, чтобы его познать (VI, 169).

И в другом месте:

[Естественная] система сама по себе указывает даже на пропущенные растения, каталожный же список — никогда (VI, 156).

Таким образом, с точки зрения целей систематики естественную систему отличает прежде всего высокая вероятность таксономической экстраполяции.

Но Линней — еще и автор одной из самых совершенных **искусственных** систем растений². Искусственные системы оказали большое влияние на развитие биологии. Их основная цель — максимально точно и быстро идентифицировать любой организм. Для этого можно брать любые изолированные признаки (например, цвет меха или длину листьев). Но тем не менее дело это не простое — любые системы, в том числе и искусственные, должны отвечать целому ряду требований. Рассмотрим некоторые из них.

Во-первых, любая классификация — это один из видов **разбиения**, то есть такого упорядочения множества, при котором каждый элемент этого множества попадает

²Именно эта система (см. с. 11) известна шире всего. Естественная система Линнея не снискала широкой популярности.

в одно и только одно подмножество, причем все подмножества — непустые (то есть содержат не менее одного элемента). Из этого следует, что:

- а) никакой организм не может относиться сразу к двум группам одинакового ранга (скажем, сразу к двум родам);
- б) каждый объект должен относиться к какой-либо группе организмов (**таксону**) — то есть не должно быть никакого «остатка» в виде неклассифицированных объектов.

Например, если мы разделим стеклянные банки на литровые и трехлитровые, в «остатке» окажутся двух-, поллитровые и прочие банки. Если же мы разделим их на цилиндрические и непрозрачные, то найдутся банки, которые попадут и в ту, и в другую группу. Правильной классификацией банок будет, например, разделение на банки емкостью до одного литра и банки объемом от одного литра и выше.

Во-вторых, классификацию надо проводить по одному основанию. Не должно быть классификаций типа «гробы итальянские, крашеные, католические и металлические» или «обувь кожаная, спортивная и женская».

В-третьих, классификация должна быть проведена по **значимым признакам**, то есть по наиболее важным с точки зрения цели, для которой строится классификация.

Если мы, например, классифицируем утюги, то для покупателя значимыми будут признаки цены, веса, дополнительных приспособлений (парообразователя и пр.), а для работника ремонтной мастерской — тип нагревательного элемента, наличие электроники и т.п.

Вернемся опять к искусственным системам. Основное их отличие от естественных состоит в том, что классификация производится для удобства и не ставит целью выявление структуры природного разнообразия. Такие классификации были полезны в эпоху бурного роста знаний об окружающем мире, в XVI–XVIII веках. Как правило, они производились по какому-либо одному признаку (нервная система, строение венчика цветка). В качестве примера приведем знаменитую «половую» классификацию растений Линнея (числами обозначены номера классов):

Однотычинковые 1	Двенадцатитычинковые
Двухтычинковые 2 11
Трехтычинковые 3	Двадцатитычин-
Четырехтычинковые 4	Ковые 12
Пятытычинковые 5	Многотычинковые 13
Шеститычинковые 6	Двусильные 14
Семитычинковые 7	Четырехсильные 15
Восьмитычинковые 8	Одноратственные 16
Девятытычинковые 9	Двубратственные 17
Десятытычинковые 10	Многоратственные 18

Сростнопыльниковые	Однодомные	21
.	Двудомные	22
Сростнопыльнико-	Многобрачные	23
пестичные	Тайнобрачные	24

Любопытно, что эта классификация содержит как совершенно искусственные, так и вполне естественные классы. Например, класс Двубратственные содержит почти исключительно растения из естественного семейства Бобовых, имеющие, кроме девяти сросшихся тычинок и одной свободной, множество других общих признаков. А вот класс Тайнобрачные не имеет вообще никакого единства, поскольку содержит растения, о размножении которых в конце XVIII века еще было очень мало известно (например, грибы, водоросли и мхи).

Таким образом, искусственная классификация может содержать элементы естественности.

Верно и обратное, поскольку ни один систематик никогда не сможет стать полностью объективным и учесть в своей системе только природные закономерности. Любая система будет нести отпечаток своего творца. К тому же возможности систематизации часто ограничивает недостаток знаний об изучаемых организмах. В результате любая классификация будет нести элементы искусственности.

Таким образом, никакая система не может быть либо естественной, либо искусственной. Всякая система

искусственна или естественна лишь **в определенной степени.**

1.2. Таксономическая иерархия

Порядок есть подразделение классов, вводимое для того, чтобы не разграничивать роды в числе большем, чем их легко может воспринять разум.

К. Линней, Философия ботаники, VI, 161

То, что природное многообразие организовано **иерархически**, то есть содержит соподчиненные друг другу категории, стали утверждать уже в средние века. К тому же введение категорий, подчиненных одна другой, позволяет гораздо успешнее описывать все возрастающее количество видов (см. эпиграф). В XVIII веке этих категорий насчитывали пять: классы, порядки (отряды), роды, виды.

В конце XVIII века А. Жюссье ввел категорию **семейства**, в начале XIX века Ж. Кювье сформулировал понятие о **типе** животных. Вслед за этим категория, аналогичная типу, — **отдел** — была введена для растений.

Таким образом, к началу XX века в систематике оформилось семь основных таксономических категорий:

Русское название	Латинское название
царство	regnum
тип (у растений — отдел)	phylum (divisio) ³
класс	classis
отряд (у растений — порядок)	ordo
семейство	familia
род	genus
вид	species

Перечисленные категории основные, то есть любое растение или животное должно последовательно принадлежать ко всем семи категориям. Часто систематики выделяют дополнительные категории, используя для этого приставки *под-* (*sub-*), *инфра-* (*infra-*) и *над-* (*super-*), например: подтип, инфракласс, надкласс (в порядке уменьшения ранга). Такие категории обязательными не являются, то есть при систематизации объекта их можно пропустить. Кроме того, часто выделяются и другие категории: *раздел* (*divisio*) между подцарством и надтипом, *когорта* (*cohors*) между подклассом и надпорядком, *триба* (*tribus*) между подсемейством и родом, *секция* (*sectio*) между подродами и видами, и так далее. Часто такие категории используются лишь в систематике каких-то конкретных таксонов (скажем, насекомых).

³В настоящее время Международный кодекс ботанической номенклатуры разрешает употреблять вместо слова «divisio» (отдел) слово «phylum» (тип), как в зоологии. Поэтому здесь все таксоны этого ранга называются единообразно.

Каждый таксон обязательно должен иметь ранг, то есть относиться к какой-либо из перечисленных категорий. Таким образом, ранг — это мера соответствия таксонов друг другу; например, семейство Крестоцветные и семейство Кошачьи — сопоставимые категории. Нет, однако, общепринятого способа «вычисления» ранга, и, как мы увидим ниже, разные школы систематики выделяют ранги по-разному.

1.3. Филогенетика

Все растения проявляют друг к другу сродство, как земли на географической карте.

К. Линней, Философия ботаники, I, 77

Итак, целью систематики является построение естественной системы организмов. Именно системы, поскольку большинство систематиков глубоко убеждены в том, что такая система может быть только одна. Разумеется, ученые часто задавали себе вопрос: почему естественная система должна существовать? Что лежит в основе естественной системы?

Чарлз Дарвин писал по этому поводу в «Происхождении видов»:

Некоторые авторы говорят, что [естественная система — это] только схема, по которой соединяются более сходные и разделяются наиболее несходные; другие видят в ней искусственный метод возможно краткого выражения одной фразой общих признаков. Но многие натуралисты думают, что под Естественной системой надо разумеать большее; они думают, что в ней выражается план Творца.

Так подытоживает Дарвин «додарвиновский» период развития систематики. Действительно, большинство систематиков в то время говорило о Плана Творения, как об источнике естественной системы организмов⁴.

Но рационалист Дарвин делает следующий шаг:

. . . но пока не будет определено, что разумеать под планом Творца — известный ли порядок во времени или в пространстве, или во времени и в пространстве, или что-либо другое, мне кажется, что это утверждение ни в какой мере не увеличивает наших знаний . . . Наши классификации предполагают связь более глубокую,

⁴Мне кажется, что лучше было бы говорить о Божественном замысле творения, одной из граней которого является иерархически упорядоченное разнообразие организмов — «естественная система», которая значительно шире любого построения человеческого разума.

чем сходство. И я думаю . . . что **общность происхождения . . . и есть та связь между организмами⁵**, которая раскрывается перед нами при помощи наших классификаций.

Это высказывание кладет начало новой эпохе в истории систематики, эпохе **филогенетической** (то есть основанной не на сходстве, а на родстве⁶ организмов) систематики.

Новый шаг в этом направлении был сделан последователем Дарвина, известнейшим немецким биологом Эрнстом Геккелем (между прочим, автором терминов «экология» и «протисты»). Из **генеалогии** (исторической науки о родственных связях коронованных особ и аристократии) Геккель заимствовал понятие **генеалогическое (родословное) древо**. Родословное древо Геккеля включало все известные к тому времени крупные группы живых организмов, а также некоторые неизвестные (гипотетические) группы, которые играли роль «неизвестного предка» и помещались в развилках ветвей или в основании этого древа.

Такое чрезвычайно наглядное изображение очень помогло эволюционистам, и с тех пор (то есть с конца XIX века) филогенетическая систематика Дарвина–Геккеля

⁵Выделено нами (А.Ш.).

⁶Если совсем точно, то все-таки на сходстве, которое филогенетики (ученые, занимающиеся изучением происхождения и эволюции разных групп организмов) считают отражением родства.

господствует в биологической науке. Одним из первых следствий победы филогенетики стало изменение последовательности в преподавании курсов ботаники и зоологии в школах и университетах: если раньше изложение начинали с млекопитающих⁷ или цветковых растений, а затем спускались «вниз» по «лестнице природы» (понятие о том, что одни организмы «выше» других, всегда было распространено в биологии), то теперь изложение начинают с бактерий или одноклеточных животных.

Родословные же деревья прижились в систематике настолько прочно, что в настоящее время многие систематики (последователи кладизма — см. 41) предпочитают вовсе не составлять никаких систем, а только рисовать схемы родства организмов.

1.4. Номенклатура

Если не знаешь названий,
теряется и познание вещей.

*К. Линней, Философия
ботаники, VII, 210*

Роль номенклатуры (системы названий, или науки о названиях организмов) в биологических исследованиях

⁷Как в «Жизни животных» А. Брэма.

огромна. Невозможно работать с объектом, не зная его названия.

Но к середине XVIII века биологическая номенклатура стала чрезвычайно запутанной: среди названий преобладали так называемые **полиномиалы**, то есть названия, которые состояли из названия **рода** и **видового отличия**. Последнее могло состоять из нескольких десятков (!) слов. Так, к примеру, один из мхов назывался: *Muscus capillaceus aphyllus capitulo crasso bivalvi*, то есть: «Мох в виде волоса, безлистный, с утолщенной двустворчатой головкой». Такое название говорит нам о виде больше, чем его нынешней наименование — *Buxbaumia aphylla* (Буксбаумия безлистная): в нем содержатся все основные определительные признаки вида. Но пользоваться подобными названиями при составлении, скажем, списка растений данной местности было совершенно невозможно. Кроме того, полиномиалы порождали неудержимое стремление к дроблению существующих видов на мелкие и мельчайшие новые виды, поскольку многословное «видовое отличие» включало множество изменчивых, но маловажных признаков растений и животных. Число же известных видов увеличивалось лавинообразно.

Линней ввел так называемую **бинарную номенклатуру** (от латинского «binaris» — двойной). Он предложил давать виду название, состоящее из двух частей: **родового названия** (общего для всех видов, входящих в один род) и **видового эпитета**, например: *Homo sapiens* — Человек разумный, *Fucus vesiculosus* — Фукус пузырчатый.

Такие бинарные названия даются для того, чтобы везде, где упоминаются данные растения или животные, они фигурировали под одним и тем же названием.

Такие названия часто условны, и их не следует понимать буквально. Например, *Acer tataricus* (Клен татарский) — растет отнюдь не только в Татарии. Название было дано ему по месту произрастания первого описанного экземпляра. Впоследствии было выяснено, что его ареал значительно шире, а название осталось.

Нередко в научной литературе после названия таксона ставят (полностью или в сокращенном виде) фамилию автора первого описания, например *Solanum tuberosum* L. — Линней, *Anabaena* Вогу — Бори⁸. Другие возможные словосочетания и обозначения, которые могут стоять после видового эпитета (в названиях родов и других вышестоящих таксонов — после названия), а также их сокращения перечислим в виде таблицы:

⁸Правила произношения латинских названий приведены в Приложении А.

Сокращение	Полное название	Перевод
s. l.	sensu lato	в широком смысле
s. str.	sensu stricto	в узком смысле
sp. (spp.)	species (speciei)	неопределенный вид (виды)
i. s.	incertae sedis	неопределенного положения в системе
et, &	et	и (совместное описание)
ex (in)	ex (in)	в (один автор в книге другого)
fil.	filius	сын

Кроме того, в скобках после видового названия может упоминаться фамилия автора, описавшего данный вид в составе другого рода, а за скобками — фамилия автора, перенесшего этот вид в другой род⁹. Например, папоротник *Polystichum setiferum* (Forssk.) Moore ex Woynar впервые был описан Форскелом как вид рода *Polypodium* и назывался *Polypodium setiferum* Forssk. Затем Мур в работе Войнера перенес его в род *Polystichum*, и вид приобрел современное название.

⁹В номенклатуре животных — только вместе с годом описания, например, *Coccinella septempunctata* L. 1758 (божья коровка семиточечная). В зоологических работах принято также — для сокращения цитаты — упоминать только фамилию первого автора.

Перед видовыми эпитетами гибридных видов (так называемых **нотовидов**) и перед названиями гибридных родов (нотородов) ставится знак умножения — «×». Например, фатсхедера — ×*Fatshedera lizei* Guillaum — является гибридом плюща (*Hedera*) и фатсии (*Fatsia*).

Карл Линней, начиная с 1753 г. (тогда вышло первое издание его книги «Species Plantarum» — «Виды растений») и в последующие годы дал названия примерно для 8000 видов, и практически все эти названия без изменения признаются и в настоящее время. Новые названия должны даваться только организмам, которые открыты позднее (или которые Линней забыл упомянуть).

Между тем очень быстро появились так называемые **синонимы**, то есть вторичные названия уже известных видов. Число этих синонимов стало быстро расти и растет до наших дней, причем для некоторых видов приводятся уже десятки синонимов.

Синонимы появляются либо по незнанию того, что данный организм уже имеет название, либо потому, что более поздний автор несогласен с более ранним в определении того, вид перед ним или всего лишь разновидность, или, наконец, после перенесения какого-либо вида в другой род. К концу XIX века синонимов накопилось уже

столько, что они стали серьезной обузой для систематиков. Средством избавиться от беспорядка стало применение «Международных кодексов ботанической (или зоологической, бактериологической) номенклатуры», которые утверждены на международных конгрессах по соответствующей специальности. Эти кодексы имеют силу, сравнимую с **юридической** (хотя никаких наказаний за нарушение положений «Кодексов» не предусмотрено) в той области, которая касается названий организмов. У любого номенклатурного кодекса три основных принципа: **принцип приоритета, принцип номенклатурного типа и принцип действительного обнародования названия.**

Принцип приоритета означает, что из двух конкурирующих названий выбирается более раннее. Этот принцип имеет и плюсы, и минусы. Очевидное достоинство принципа состоит в том, что приоритет — это объективный критерий для того, чтобы разобраться с множеством синонимов. Основной недостаток — в том, что систематику не так уж и сложно изменить давно ставшее всем привычным название, нужно только найти у какого-нибудь старого автора, работавшего после Линнея, или у самого Линнея более раннее название того же организма. Таким образом, благодаря принципу приоритета, номенклатура избавляется от синонимов, однако становится нестабильной. Этой нестабильности в настоящее время пытаются избежать, вводя (в ботанической номенклатуре) **консервируемые названия**, то есть названия, которые нельзя

больше изменить. В частности, законсервированы названия большинства семейств, а также многих родов и видов высших растений.

Принцип номенклатурного типа означает, что любое название должно быть основано на коллекционном образце (у растений и животных) или на культуре микроорганизма. Таким образом, если какой-то систематик захочет поделить данный вид на два вида, старое название нужно сохранить за тем видом, к которому относится типовый экземпляр.

Например, если разделять линнеевский вид Подорожник большой (*Plantago major* L.) на два: с 6–12 семенами в коробочке и с 13–30 семенами в коробочке, то нужно узнать, сколько семян в коробочках у подорожника в типовом образце (он хранится в Линнеевском гербарии Британского музея в Лондоне)¹⁰. Предположим (так оно и есть), что количество семян у типового растения соответствует первому виду. Тогда первый вид должен называться Подорожник большой (*Plantago major* L.), а второй — Подорожник топяной (*Plantago uliginosa* F. W. Schmidt).

¹⁰Следует заметить, что сам Линней номенклатурных типов не выбирал, поскольку в его время «Кодексов номенклатуры» не существовало. Выбирали типы относительно недавно (эта работа не закончена и по сегодняшний день); такие, выбранные позднее описания, типы называются **лектотипами** (а типы, выбранные автором названия, — **голотипами**).

Принцип действительного обнародования названия состоит в том, что автор названия должен при опубликовании позаботиться о том, чтобы все заинтересованные лица могли прочесть и понять его публикацию. Именно поэтому публиковать названия нужно только в распространенных периодических изданиях или книгах, **диагноз** (то есть список признаков) должен даваться по-латыни (в зоологической номенклатуре можно и на других языках), обязательна ссылка на номенклатурный тип (номер гербарного листа или номер коллекционного экземпляра, место сбора) и т. д. До действительного обнародования любые названия никакой ценности для ученых не имеют и рассматриваться ими не будут.

1.5. Диагностика

Ключ есть правильная дихотомия, как бы пролагающая путь к ботанике.

К. Линней, Философия ботаники, VI, 154

Чтобы узнать растение или животное, нужно его определить. Часто это удается с ходу (например, трудно не узнать носорога), но в большинстве случаев нужны специальные определительные ключи. Подобные ключи

представляют собой тексты с нумерованными пунктами, построенные по так называемому **дихотомическому принципу**. Это легче всего пояснить на примере.

Допустим, у нас есть 5 видов растений. Ключ для их определения может выглядеть, например, так:

1. Листья не стеблеобъемлющие, доли чашечки с одним спинным крылом, тычинки более или менее согнутые *Экзакум четырехугольный*¹¹
 - Листья более или менее стеблеобъемлющие, доли чашечки с одним или тремя спинными крыльями, тычинки прямые 2.
2. Листья широкоэллиптические, с 1 жилкой 3.
 - Листья округлые, с 3–5 жилками 4.
3. Тычинки более 5 мм длины ... *Экзакум зонтичный*
 - Тычинки менее 3 мм длины *Экзакум мелкоплодный*
- 4 (2). Листья совершенно круглые, цветки одиночные *Экзакум монетолистный*
 - Листья округлоэллиптические, цветки собраны в зонтиковидное соцветие *Экзакум Гумберта*

Всего в этом ключе 4 ступени. Каждая ступень состоит из двух пунктов — **тезы** (обозначена цифрой) и **антитезы** (обозначена «–», иногда обозначают «0» или «+»); бывает также, что антитезу обозначают той же цифрой, что и

¹¹Экзакумы (*Echasit*) — это растения из семейства Горечавковые, широко распространенные на территории Индии и прилегающих стран.

тезу). Определяющему необходимо выбрать одно из двух и либо отправиться на ту ступень, номер которой указан в конце тезы или антitezы, либо закончить определение (если вместо номера ступени там указано название). Часто в ключе используются **обратные отсылки**, то есть ссылки на ступень, **откуда** можно придти к данной (см. выше ступень 4).

Так выглядят **скобочные**¹² определительные ключи, используемые преимущественно в ботанике.

Зоологи используют преимущественно **серийные ключи**. Те же самые растения в таком ключе будут располагаться следующим образом:

- 1 (2). Листья не стеблеобъемлющие, доли чашечки с одним спинным крылом, тычинки более или менее отогнутые *Экзакум четырехугольный*
- 2 (1). Листья более или менее стеблеобъемлющие, доли чашечки с 1 или 3 спинными крыльями, тычинки прямые.
- 3 (6). Листья широкоэллиптические, с 1 жилкой.
- 4 (5). Тычинки более 5 мм длины
..... *Экзакум зонтичный*
- 5 (4). Тычинки менее 3 мм длины
..... *Экзакум мелкоплодный*
- 6 (7). Листья совершенно круглые, цветки одиночные
..... *Экзакум монетolistный*

¹²Скобочными они называются потому, что в старых ключах такого типа слева от тезы и антitezы стояли фигурные скобки.

7 (6). Листья округлоэллиптические, цветки собраны в зонтиковидное соцветие *Экзакум Гумберта*

В этом ключе семь ступеней. Антитезы к каждой тезе указаны в скобках после номера ступени. Таким образом, если утверждение не подходит, нужно перейти к ступени, чей номер указан в скобках, а если подходит — просто к следующей ступени. Такой ключ не требует обратных отсылок.

Наконец, в зарубежных определителях часто используют так называемые **ступенчатые ключи**¹³:

А. Листья более или менее стеблеобъемлющие, доли чашечки с одним — тремя спинными крыльями.

I. Листья широкоэллиптические, с 1 жилкой

а. Тычинки более 5 мм длины
..... *Экзакум зонтичный*

б. Тычинки менее 3 мм длины
..... *Экзакум мелкоплодный*

II. Листья круглые, с 3–5 жилками

а. Листья совершенно круглые, цветки одиночные *Экзакум монетолистный*

б. Листья округлоэллиптические, цветки собраны в зонтиковидное соцветие
..... *Экзакум Гумберта*

¹³В отечественной литературе ступенчатые ключи принято называть «английскими», а скобочные и серийные — «шведскими».

Б. Листья не стеблеобъемлющие, доли чашечки с одним спинным крылом, тычинки более или менее согнутые *Экзакум четырехугольный*

Здесь тезы и антитезы расположены с одинаковым отступом от левого края, благодаря чему достигается большая наглядность. Однако работать с таким ключом несколько сложнее: для этого может потребоваться линейка, которой необходимо ограничивать соответствующие друг другу ступени. Если же такой ключ расположен на нескольких страницах, то пользоваться им еще труднее.

Существует много других вариантов ключей, но наиболее широко распространены три вышеприведенных. И это не случайно: они построены по **дихотомическому принципу**, то есть каждый пункт включает в себе два утверждения: тезу и антитезу, каким бы ни было их расположение по ключу.

Автором дихотомического принципа определения считается Ламарк, который в своем капитальном труде «Флора Франции», начавшем выходить в 1778 г., впервые последовательно применил дихотомические определительные ключи¹⁴. Рассказывают, что на демонстрацию

¹⁴В начале своей научной деятельности Ламарк был ботаником, а уже потом стал зоологом и знаменитым эволюционистом

первого дихотомического ключа был приглашен прохожий-булочник, и когда ему вручили растение и определительные таблицы, он смог правильно определить название. В настоящее время такой результат, по-видимому, уже недостижим, поскольку с момента создания первого дихотомического ключа прошло уже около 200 лет и за это время биология обогатилась множеством малопонятных «простому человеку» терминов.

Бывает иногда, что в дихотомическом ключе ступень делится на три, а то и на четыре части (соответственно две или три антитезы), но это — мера исключительная. Существуют также **политомические ключи** (таблицы, перфокарты или списки), в которых надо выбратьно они значительно менее популярны.

Глава 2

Методы систематики

В этой главе мы будем говорить о методах, которыми работают систематики. Дело в том, что существуют разные школы систематики, и их представители работают различными методами: есть так называемые «классические» или «филогенетические» систематики, «нумерические» систематики (раздел 2.2), «кладисты» (раздел 2.3) и «типологи» (раздел 2.4).

Классическая, или традиционная, систематика базируется на филогенетическом принципе (изложенном Дарвиным и Геккелем). Однако в своей работе большинство систематиков этого направления полагаются в основном на собственную интуицию, а практические приемы, используемые ими, по большей части заимствованы из **типологии**.

Однако у всех направлений систематики имеются общие правила и принципы, с рассмотрения которых мы и начнем.

2.1. Процесс систематизации

Класс есть соединение многих родов на основе частей плодоношения сообразно принципам природы и искусства.

К. Линней, Философия ботаники, VI, 160

2.1.1. Определение исходного множества

Любое систематизирование должно начинаться с определения границ таксона, которым занимается специалист. Это может быть какой-то род, группа семейств или сразу все живые организмы (есть и такие системы). Необходимо четко представлять, на каком основании выделено исходное множество — чтобы впоследствии решать вопрос о том, включать или не включать в него другие таксоны.

2.1.2. Выделение элементарных таксонов

В качестве наименьшего таксона систематики обычно принимают вид. Но исходное множество может включать в качестве элементарных таксонов не только виды. Если

мы, например, изучаем класс, то вполне можно оперировать с семействами, и т.п. Эти элементарные таксоны также нужно четко отграничить, то есть понять, почему все эти таксоны — отдельные группы.

Таким образом, каждый элементарный таксон должен быть цельной группой (то есть мы должны считать его неделимым целым и легко отличать от других элементарных таксонов). Все эти таксоны должны быть одного ранга (уровня).

2.1.3. Группировка элементарных таксонов

Группировка может происходить «снизу» и «сверху». «Сверху» — это когда множество делят на группы, исходя из какого-то значительного признака. «Снизу» — когда элементарные таксоны объединяются друг с другом на основании сходств и различий по каким-либо признакам. Все признаки имеют разную ценность, или **вес**. Именно способами определения веса признака и отличаются основные школы систематиков.

2.1.4. Итерация

После группировки элементарных таксонов процедура повторяется. Дело в том, что при определении исходного множества, выделении элементарных таксонов

и в особенности при их группировке могут обнаружиться новые признаки и даже новые элементарные таксоны. Кроме того, группы, полученные при группировке как «сверху», так и «снизу», необходимо также сгруппировать либо поделить (обычно систематики работают попеременно «сверху» и «снизу»). Наконец, полученная система может не удовлетворять каким-то другим представлениям (скажем, результатам работы других систематиков).

По этим причинам процедуру систематизации следует повторять вновь и вновь, пока система не будет считаться удовлетворительной. Отсюда следует, что систематизация — **итеративная** (то есть повторяющаяся, или, как говорят в программировании, рекурсивная) процедура. Кроме того, никто не даст гарантий, что в изучаемой таксономической группе не будет обнаружен новый таксон, а у изучаемых организмов — новый признак. Значит, «окончательных» систем быть не может.

2.1.5. Способы задания системы

Итогом систематизации, каким бы методом ни пользовался систематик, должна быть система. Однако не стоит думать, что система — это всегда иерархический **список** таксонов. Последний является только одним из способов ее задания. Другие возможные способы:

Таблица. В каждой графе такой таблицы можно расположить таксоны одного ранга. Этим вариантом часто пользуются микробиологи.

Ключ. Для того, чтобы сразу же указать признаки таксонов, прибегают к системе в форме ключа. Это необходимо там, где признаки сильно варьируют и таксоны не очень четки.

Дерево. Это может быть обычное **филогенетическое** (родословное) дерево или **дендрограмма** (то есть дерево, отражающее не филогенез, а только сходство таксонов). Таким методом задания системы часто пользуются в кладизме и нумерической систематике.

Карта. Это редкий способ, хотя еще Линней писал о таксонах как землях на географической карте. Прибегают к нему в основном в типологии.

2.1.6. Числовые закономерности

Любая система должна удовлетворять одновременно двум далеко не всегда согласующимся требованиям: правдивость отражения природной упорядоченности объектов и удобство для пользователя (как выражаются в англоязычной литературе — «user-friendly systems»).

Давно известно, что работая с однородными предметами, человек в состоянии одновременно удерживать в

сознании не более 5–9 из них. Это так называемый «информационный оптимум». Максимальное количество разнообразных предметов, которыми можно оперировать в одной конкретной задаче, — 20–35. Это «информационный максимум», он же — «статистический минимум» (то есть минимальное количество объектов, пригодное для стандартных методик статистического анализа).

Отсюда следует, что не случайно число отрядов в классах птиц, млекопитающих, насекомых (а по старым системам — и рыб) колеблется именно в пределах 20–35¹. Кроме того, многие систематики знают, что если количество видов в роде превышает 5–9, то необходимо выделить промежуточные таксоны, скажем, секции или подроды. Таким образом, количество таксонов также может служить критерием, определяющим пригодность системы для дальнейшей работы.

2.2. Нумерическая систематика

Основателем нумерической систематики считается французский ботаник Мишель Адансон (1727–1806), который выдвинул так называемый **принцип равноправных признаков**, состоящий с утверждением, что система должна

¹Например, в последнем издании «Жизни животных» 28 отрядов птиц, 20 отрядов млекопитающих, 31 отряд костистых рыб и 29 отрядов крылатых насекомых, и это несмотря на то, что объем (количество видов) этих групп может различаться в несколько раз.

строиться на основе учета всех сходств и различий таксонов по максимально возможному количеству признаков, имеющих одинаковый вес.

Современные нумерические систематики в большинстве своем считают, что для группировки необходимо подсчитать коэффициенты сходства между элементарными таксонами, а затем построить «дерево сходств», или **дендрограмму**, которая, в свою очередь, служит основанием для построения нумерической (фенетической) системы. Для этого составляются и сравниваются списки состояний признаков, например:

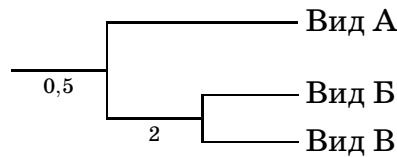
Признаки	Состояния признаков у разных видов		
	Вид А	Вид Б	Вид В
Листья	3 см длиной	4 см длиной	3 см длиной
Цветки	белые	желтые	желтые
Плоды	коробочка	ягода	ягода

За коэффициент сходства можно принять частное от деления количества признаков, по которым сходство есть, на количество остальных признаков, и расположить на дендрограмме вместе сначала те таксоны, у которых этот коэффициент больше, а затем те, у которых он меньше. Этот процесс называется **кластеризацией**.

В нашем примере эти коэффициенты будут следующие:

	Вид А	Вид Б	Вид В
Вид А	...	0	0,5
Вид Б	0	...	2
Вид В	0,5	2	...

Полученная в результате дендрограмма будет выглядеть так (числа под линиями обозначают коэффициенты сходства):



Как видно, виды Б и В находятся на одной ветви дендрограммы (или на одном кластере), а уже затем к ним присоединяется вид А. Поэтому при группировке этих видов, скажем, в роды, нужно к роду I отнести вид А, а к роду II — виды Б и В.

Если видов больше, составление таблиц коэффициентов сходства, а в особенности построение дендрограмм, становится чрезвычайно громоздкой задачей. Поэтому настоящее развитие нумерической систематики началось только с появлением компьютерных методов обработки информации. На сегодняшний день известны уже сотни программ для кластерного анализа (то есть

для построения таблиц коэффициентов сходства и дендрограмм).

Как уже было сказано, в нумерическом исследовании все признаки считаются имеющими одинаковый вес. На самом деле взвешивание здесь тоже происходит, только по «двоичной» системе: те признаки, которые включаются в список, получают вес «1», а те, которые в список не включаются (например, потому, что не у всех сравниваемых таксонов этот признак есть, или потому, что этот признак очень изменчив и не имеет постоянного значения даже внутри таксона), — получают вес «0».

Что включать, а что не включать в список, определяется в значительной степени произволом систематика. Некоторые нумеристы, однако, предлагают присваивать признакам различный вес, полагая, что более редкие значения одного признака должны иметь больший вес.

Например, если в наш пример добавить еще девять видов (Вид Г — Вид М) с желтыми цветками и один вид Н с белыми, то признак «цветки белые», встречающийся у видов А и О, станет очень редким. Тогда логично добавить к коэффициенту сходства последних двух видов некую величину «за редкость», потому что сходство в редких признаках может означать, скажем, близкое родство (так же как у людей сходство отпечатков пальцев говорит о близких родственных отношениях, а сходство цвета глаз — нет). На этом основаны методы вычисления сходства, предложенные отечественным энтомологом Е. С. Смирновым.

2.3. Кладистическая систематика

Кладизм — это лидирующая школа в систематике, очень популярная в настоящее время среди биологов, особенно на Западе. Основателем кладизма является немецкий энтомолог Вилли Хенниг, чья книга «Филогенетическая систематика» появилась в 1950 г. С тех пор кладизм разросся, впитал в себя методы нумерической систематики (особенно в области применения компьютеров) и разделился на множество направлений. По-видимому, не менее 90% работ по систематике на Западе выходит под непосредственным влиянием кладизма. Большинство исследований по молекулярной систематике (то есть классификации таксонов на основе анализа последовательностей ДНК и РНК) вообще не выходит за рамки кладизма. В последующих параграфах перечислены основные особенности кладистического метода.

2.3.1. Установление полярности признаков

Если определено исходное множество и элементарные таксоны, нужно их сгруппировать. Для этого кладисты используют такую методику.

Выписываются признаки, по которым будут сравниваться элементарные таксоны (если помните, такая процедура уже включает в себе некое взвешивание). Затем

у каждого признака вычленяется два основных состояния — примитивное и продвинутое. Это делается на основании сравнения данного исходного множества с так называемой **внешней группой** — близким таксоном. Например, выделяется следующая пара состояний (так называемый **трансформационный ряд**): [*все листочки чашечки одинаковые*] — [*некоторые листочки чашечки развиты больше других*]. После этого поляризация происходит на основании состояния данного признака у растений, относящихся ко внешней группе: если у внешней группы все чашелистики одинаковые, то именно такое состояние у анализируемой группы надо считать примитивным, и наоборот.

Таким образом, внешняя группа должна выбираться с большой осторожностью, поскольку именно от этого выбора зависят в кладизме все дальнейшие операции.

Плезиоморфным называется примитивное состояние признака. Если два таксона сходны по такому признаку, то это сходство для кладиста ничего не означает, поскольку говорит лишь о том, что эти таксоны отделились от остальных на ранних этапах эволюции исходного множества таксонов. Например, представители порядков Лютиковые и Магнолиевые имеют раздельнолепестный многочленный цветок, но (если в качестве внешней группы выбран порядок Кувшинковые) эти сходства в

плезиоморфных признаках (или **симплезиоморфии**) говорят лишь о примитивности этих порядков, а не о совместном (отдельно от прочих покрытосеменных) происхождении.

Продвинутое состояние признака называется **апоморфным**. Если два таксона сходны по апоморфным признакам, то такие сходства являются решающими, и чем больше таких сходств, тем позже, по мнению кладистов, разошлись данные группы и тем ближе они друг другу. Например, если в качестве внешней группы выбраны костные рыбы, то общими апоморфиями (или, как говорят, **синапоморфиями**) земноводных и млекопитающих являются четвероногость, строение поясов конечностей, два круга кровообращения и т.п. А у млекопитающих и пресмыкающихся синапоморфий еще больше: кроме упомянутых, еще и наличие перегородки в желудочке, дыхание при помощи грудной клетки, наличие зародышевых оболочек и др. Значит, пресмыкающиеся и млекопитающие «разошлись» в эволюции позже, чем земноводные и млекопитающие. Если принять такую схему эволюции, то признаки, объединяющие млекопитающих и земноводных (кожа, богатая железами; два затылочных мышечка; выделение мочевины) нужно считать либо параллелизмами (то есть возникшими независимо), либо реверсиями (то есть возвратом к прежнему состоянию признака).

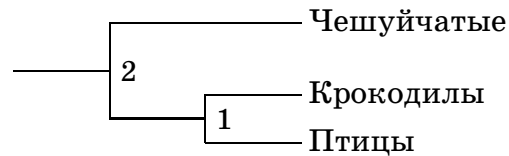
2.3.2. Построение кладограммы

После поляризации признаков и установления сходств в апоморфных признаках строится **кладограмма**, то есть вариант филогенетической схемы (родословного дерева). Особенность кладограммы состоит в том, что из многочисленных способов образования новых таксонов признается только дивергенция (в точках ветвления могут возникать только две ветви). Построение кладограмм обычно доверяется компьютерам, но при этом возникает множество различных вариантов — иногда несколько десятков тысяч. Чтобы выбрать из этого множества наиболее приемлемые деревья, приходится вводить так называемый принцип **парсимонии** (экономии): среди множества деревьев наиболее приемлемы самые короткие (с минимальным числом параллелизмов и реверсий признаков). Тем самым предполагается, что эволюция идет самым быстрым путем.

2.3.3. Монофилетические группы

Кладисты считают, что в системе могут выделяться только **монофилетические** группы, то есть произошедшие от общего предка. Такая группа должна включать все таксоны, произошедшие из одной точки ветвления

кладограммы. Например, на кладограмме групп наземных позвоночных одно из ветвлений — ветвление на чешуйчатых, с одной стороны, и крокодилов вместе с птицами, с другой:



Значит, крокодилы и птицы представляют собой монофилетическую группу, и их надо выделить в общий таксон. Остальные пресмыкающиеся — группа **парафилетическая** (то есть включающая не всех потомков одного предка) и поэтому должна быть ликвидирована: например, разделена на несколько таксонов такого же ранга. **Полифилетические** группы (то есть произошедшие от различных предков) не выделяются при кладистическом анализе.

2.3.4. Ранг таксонов

Для установления ранга таксона кладисты поступают следующим образом. Ранг какой-нибудь конечной группы принимают без обсуждения (априорно). Затем, чем дальше от этой группы находится точка ветвления, тем

больший ранг получает монофилетическая группа, возникшая в этом месте. Например, если в предыдущем примере с птицами группа (крокодилы, птицы) получит ранг надкласса, то группа (лепидозавры, (крокодилы, птицы)) – ранг инфратипа, а группа (млекопитающие, (лепидозавры, (крокодилы, птицы))) – ранг подтипа.

Конечно же, привычных таксономических рангов не хватает для такой процедуры. Скажем, какой ранг может получить группа (черепахи, (млекопитающие, (лепидозавры, (крокодилы, птицы))))? – ясно, что не типа. И в ход идут разные промежуточные ранги, никак не определенные Кодексами номенклатуры, – легион, когорта, плезион и т.п. Нетрудно заметить, что сложность системы при этом сильно возрастает. Наверное, поэтому многие кладисты в своих исследованиях не выделяют ранги, а ограничиваются тем, что просто приводят кладограмму.

2.4. Типологическая систематика

Это, скорее, не направление в систематике, а определенная точка зрения на систему организмов. Она ведет свое начало от Аристотеля и Линнея и имеет глубокую морфологическую основу. Перечислим основные особенности типологической систематики.

2.4.1. Архетип и стиль

Среди признаков таксонов выделяются **архетипические** и **стилистические**. Первые чрезвычайно важны для систематики, поскольку связаны со «стержнем» любого таксона — **архетипом**. Архетип представляет собой упорядоченную совокупность форм объектов, принадлежащих к данному таксону, связанных законами гомологии. Какие признаки являются архетипическими, можно узнать только после подробного сравнительно-анатомического анализа и прежде всего — выделения **гомологий**, то есть соответственных признаков у разных таксонов.

Стилистические же признаки — это те, которые вызваны конкретными условиями существования таксона или же просто случайными факторами и поэтому не имеют отражения в архетипе. Если систему в типологической систематике задавать в виде иерархического списка, то периферийные таксоны следует располагать в начале или в конце списка (на «границе» с соседними таксонами), а таксоны ядра — в центре.

2.4.2. Ядро и периферия

При группировке таксонов обязательно учитывается, что любой таксон неоднороден. В частности, в его состав обязательно входят **центральные** («ядерные») таксоны,

относительно принадлежности которых никаких сомнений нет, и **периферические**, которые в той или иной степени тяготеют к соседним таксонам. Таким образом, любой таксон обладает определенной **связностью** (то есть отношением близости) с ядром своего старшего таксона.

2.4.3. Ранг

Ранг таксона типологи определяют исходя из так называемого **уровня генеральности**. Еще Линней заметил, что роды цветковых растений удобно характеризовать на основе особенностей плодоношения, а виды — на основе особенностей вегетативных органов. Действительно, часто удается поставить в соответствие уровень какого-либо признака и ранг таксона. Скажем, отряды млекопитающих выделяются большей частью на основе строения зубного аппарата и конечностей, а отряды насекомых — на основе строения ротового и летательного аппаратов.

Подытоживая, можно сказать, что в настоящее время одним из наиболее перспективных направлений в систематике является синтез типологических методов и тех средств анализа данных, которые предоставляются молекулярной систематикой и кладистикой.

Приложение

Правила произношения латинских названий

Традиция давать биологическим таксонам латинские названия восходит к средним векам, когда латынь была международным языком ученых всей Европы. На латыни писались все научные трактаты, на латыни общались между собой ученые из разных стран.

Ниже приводятся правила произношения латинских названий, наиболее распространенные в наши дни среди отечественных биологов¹.

¹Не пытайтесь произносить латинские слова по правилам того иностранного языка, который Вы знаете! Пусть схожесть букв не вводит в заблуждение!

Бук- ва	Наз- вание	Правила чтения	Пример	
<i>A a</i>	а	АЕ ² читается как [Э]	<i>Bulbochaete</i>	[бульбохэ́те]
		В остальных случаях – [А]	<i>Canis</i>	[ка́нис]
<i>B b</i>	бэ	[Б]	<i>Bubo</i>	[бу́бо]
<i>C c</i>	цэ	Перед Е, I, Y, ОЕ, АЕ – [Ц] ³	<i>Cetus</i>	[цитус]
		Сочетание СН читается [Х]	<i>Orchis</i>	[о́рхис]
		В остальных случаях – [К]	<i>Formica</i>	[фо́рмика]
<i>D d</i>	дэ	[Д]	<i>Dianthus</i>	[диáнтус]
<i>E e</i>	э	[Э]	<i>Equisetum</i>	[эквизе́тум]
<i>F f</i>	эф	[Ф]	<i>Felis</i>	[фе́лис]
<i>G g</i>	гэ	[Г]	<i>Galium</i>	[га́лиум]
<i>H h</i>	ха	После Т и R не читается	<i>Rhinanthus</i>	[ринáнтус]
		РН читается [Ф]	<i>Phallus</i>	[фа́ллюс]
		СН читается [Х]	<i>Chlorella</i>	[хле́релля]

²Если в буквосочетаниях АЕ, ОЕ над Е стоит знак «¨» (диэреза), то буквы читаются раздельно: Aloë [ало́э], Aëdes [а́эдэс].

³В античное время буква С произносилась как [К].

Бук- ва	Наз- вание	Правила чтения	Пример	
<i>H h</i>		В остальных случаях – [γ] (звук, аналогичный украинскому и южнорусскому «г»)	<i>Hydra</i>	[γи́дра]
<i>I i</i>	и	[И]	<i>Iris</i>	[и́рис]
		Между последней согласной и гласной – [ИЙ]	<i>Kerria</i>	[ке́ррийа]
<i>J j</i>	йота	[Й]	<i>Juniperus</i>	[юни́пэрус]
<i>K k</i>	ка	[К]	<i>Kirkia</i>	[ки́ркия]
<i>L l</i>	эль	[Л´] (эл мягкое; соответственно la, lu, le, lo читаются [ля], [лю], [ле], [лө], а не [ла], [лу], [лэ], [ло])	<i>Algae</i>	[а́льгэ]
			<i>Lambliа</i>	[ля́мблиа]
<i>M m</i>	эм	[М]	<i>Musca</i>	[му́ска]
<i>N n</i>	эн	[Н]	<i>Cyprinus</i>	[ци́принус]
<i>O o</i>	о	ОЕ читается [Э]	<i>Amoeba</i>	[амэ́ба]

Бук- ва	Наз- вание	Правила чтения	Пример	
<i>O o</i>		В остальных случаях [O]	<i>Rotatoria</i>	[ротато́риа]
<i>P p</i>	пэ	PH читается [Ф]	<i>Phacus</i>	[фа́кус]
		В остальных случаях [П]	<i>Papaver</i>	[папа́вэр]
<i>Q q</i>	ку	QU читается [КВ]	<i>Quercus</i>	[кве́ркус]
<i>R r</i>	эр	[Р]	<i>Rutilus</i>	[ру́тилис]
<i>S s</i>	эс	Между M, N, R и гласной – [З]	<i>Alisma</i>	[áлизма]
		Между гласными – [З]	<i>Ursus</i>	[у́рзус]
		Двойное SS читается [С]	<i>Rosa</i>	[ро́за]
		В остальных случаях – [С]	<i>Passer</i>	[па́ссэр]
<i>T t</i>	тэ	Сочетание TI перед гласной читается [ЦИ]	<i>Ceratium</i>	[це́рациум]
		В остальных случаях [Т]	<i>Tinca</i>	[ти́нка]
<i>U u</i>	у	Сочетание QU читается [КВ]	<i>Aquilegia</i>	[аквиле́гия]
		Сочетание GU читается [ГВ]	<i>Anguilla</i>	[ангви́лля]

Бук- ва	Наз- вание	Правила чтения	Пример	
<i>U u</i>		После А, Е – [У] краткое (как в русских словах «пауза», «Яуза»)	<i>Paulownia</i> <i>Euphorbia</i>	[пауло́вния] [эуфо́рбия]
		В остальных случаях [У]	<i>Vulpes</i>	[вúльпэс]
<i>V v</i>	вэ	[В]	<i>Viola</i>	[вио́ля]
<i>W w</i>	дубль вэ	[В]	<i>Wolffia</i>	[во́льфья]
<i>X x</i>	икс	После Е в начале слова [ГЗ]	<i>Exacum</i>	[эгза́кум]
		В остальных случаях [КС]	<i>Carex</i>	[ка́рекс]
<i>Y y</i>	игрек	[И]	<i>Hypnum</i>	[ги́пнум]
		Между гласными – [Й]	<i>Orlaya</i>	[орла́йя]
		Между последней согласной и гласной – [ИЙ]	<i>Carya</i>	[ка́рийя]
<i>Z z</i>	зета	[З]	<i>Luzula</i>	[лю́зуля]

Ударение в многосложных (более 3 слогов) словах никогда не падает на последний слог. В двух- и трехсложных словах место ударения приходится запоминать. Как правило, ударным является второй или третий слог с конца.

Отклонения от приведенных в таблице правил произношения встречаются в произношении названий, образованных от имен собственных. В этом случае они, как правило, произносятся по правилам языка, из которого это имя собственное взято. Например, *Mougeotia* — [му-жоция] (от французской фамилии Mougeot, читающейся по-французски как [Мужо]). С другой стороны, существуют исключения — слова, читающиеся не так, как в исходном языке, по традиции (например, *Magnolia* читается не [маньолия], а [магнолия]).

Оглавление

Предисловие	3
Глава 1. Основные понятия систематики	5
1.1. Искусственные и естественные системы	7
1.2. Таксономическая иерархия	14
1.3. Филогенетика	16
1.4. Номенклатура	19
1.5. Диагностика	26
Глава 2. Методы систематики	32
2.1. Процесс систематизации	33
2.1.1. Определение исходного множества	33
2.1.2. Выделение элементарных таксонов	33
2.1.3. Группировка элементарных таксонов	34
2.1.4. Итерация	34
2.1.5. Способы задания системы	35
2.1.6. Числовые закономерности	36
2.2. Нумерическая систематика	37
2.3. Кладистическая систематика	41
2.3.1. Установление полярности признаков	41
2.3.2. Построение кладограммы	44

2.3.3. Монофилетические группы	44
2.3.4. Ранг таксонов	45
2.4. Типологическая систематика	46
2.4.1. Архетип и стиль	47
2.4.2. Ядро и периферия	47
2.4.3. Ранг	48
Приложение. Правила произношения латинских названий	49

Учебное издание
Шипунов Алексей Борисович
ОСНОВЫ ТЕОРИИ СИСТЕМАТИКИ
Учебное пособие

Подготовка к печати — *А. Б. Шипунов*

Подписано в печать 30.11.99.
Формат 60×88¹/₁₆. Бумага офсетная. Печ. л. 3,5
Тираж 1200 экз.

Открытый лицей
«Всероссийская заочная многопредметная школа».
117234, Москва, Воробьевы горы,
Московский государственный университет,
ОЛ ВЗМШ, Биологическое отделение.