

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ВСЕСОЮЗНОЕ ЭНТОМОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО

ЭНТОМОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОЗРЕНИЕ

ТОМ LI

1972

ВЫПУСК

3



ИЗДАТЕЛЬСТВО "НАУКА"
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ЛЕНИНГРАД

А. Л. Лобанов

**ЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И КЛАССИФИКАЦИЯ
СУЩЕСТВУЮЩИХ ФОРМ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ КЛЮЧЕЙ**

[A. L. LOBANOV. LOGICAL ANALYSIS AND CLASSIFICATION OF EXISTING FORMS OF DIAGNOSTIC KEYS]

В последние годы у зоологов и ботаников усилился интерес к методическим вопросам диагностики животных и растений. Это можно объяснить, с одной стороны, тем, что некоторых систематиков все более не удовлетворяет традиционный дихотомический принцип построения определительных таблиц (Балковский, 1962; Кискин, 1962; Любищев, 1968, 1971), с другой стороны, тем, что в отечественной литературе появился целый ряд работ, предлагающих сравнительно новые (или по крайней мере непривычные) способы определения биологических объектов (линейный ключ — Балковский, 1960б; цифровой политомический метод — Кискин, 1961). Пропаганде и обсуждению одного только политомического принципа диагностики посвящено за последнее время свыше 50 монографий и статей. Новые методы определения вызывают у части приверженцев традиционной диагностики недоверие, а иногда и критику (Вайнштейн, 1968), так как эти методы не лишены некоторых недостатков.

Дискуссии о методах определения шли бы только на пользу диагностике, если бы не существовал один отрицательный фактор — отсутствие стройных теоретических основ диагностики и устоявшейся терминологии. Разные авторы различно понимают даже такой фундаментальный термин в диагностике, как «признак». Четких определений существующих типов ключей до сих пор нет. Пропагандисты политомии кладут в основу ее отличия от традиционной дихотомии чисто внешние, текстовые, несущественные особенности, а о коренной разнице говорят вскользь. Это привело к заметной путанице, и сейчас можно привести примеры того, что совершенно одинаковые по строению ключи одними авторами именуется линейными, другими — дихотомическими, а третьими — политомическими. Такое положение не может способствовать ни нормальной дискуссии, ни выработке каких-то единых взглядов на методы диагностики.

Целью нашей статьи является попытка унифицировать терминологию, дать ясные определения всех существующих на сегодня методов диагностики, построить их классификацию и проиллюстрировать ее примерами всех типов ключей на одной и той же искусственной группе из 8 таксонов — 8 родов из сем. *Cerambycidae* отряда жесткокрылых. Никакого сравнения достоинств разных способов диагностики мы здесь проводить не будем, ибо в основу такого сравнения должны быть положены точные математические выкладки и анализ логических основ этих способов, что должно явиться темой отдельной работы.

Основными терминами, характеризующими логические свойства определительных ключей, являются: признак, ряд признаков, вход в ключ, степень определения и путь определения.

Однозначное понимание термина «признак» стало особенно важным после распространения политомических определителей, в которых уже невозможно обойтись без его применения (в дихотомических ключах более употребительны понятия «теза» и «антитеза», позволяющие не употреблять термин «признак»). Признаком следует называть определенное (однозначное) состояние какого-либо элемента распознавания у одного объекта или группы сходных объектов. Например, красные передние бедра, 11-члениковые усики, наличие бугра на боку переднеспинки — это признаки. «Ряд признаков» — это совокупность упорядоченных, сравнимых, взаимоисключающих признаков. Например, цвет передних бедер, число члеников в усиках, наличие или отсутствие бугра на боку переднеспинки — это ряды признаков.

Именно так трактуют эти термины все сторонники политомии и вообще большинство систематиков. Майр в своей последней книге (1971) категорически настаивает на понимании термина «признак» именно в указанном выше объеме. Рекомендуемый им термин «черта» следует заменить в диагностике понятием «ряд признаков», ибо только тогда мы сможем сравнивать в одинаковой терминологии все типы определителей. Таким образом, предлагается исключить из употребления (по крайней мере в диагностике) следующие термины: категория признаков, тип признаков, черта, свойство (в значении черта) и состояние признака, градация признака, тип признака, модальность свойства, состояние свойства, свойство (в значении признак). Первые из них равносильны понятию «ряд признаков», а вторые — понятию «признак».

Входом в ключ или определитель мы предлагаем называть логическую операцию, с которой начинается определение какого-либо объекта по данному ключу.

Ступень определения — элементарная логическая операция по определению объекта. Например, сопоставление признаков объекта с тезой или антитезой в дихотомическом определителе. Или выбор одного из признаков в ряду политомического определителя.

Путь определения — количество и последовательность ступеней определения, необходимые и достаточные для идентификации объекта и конкретного таксона. Почти во всех типах ключей величина пути определения сильно варьирует в пределах одного ключа и для различных таксонов имеет разные значения.

Необходимо отметить, что ключом мы будем называть любое упорядоченное логическое построение, специально предназначенное для целей диагностики. Термину «таблица» мы не придаем особого значения. Таблица может быть как формой отображения какого-либо типа ключа, так и самостоятельным построением, не предназначенным для диагностических целей.

Рассмотрение диагностических методов целесообразно начать с синоптической или обзорной таблицы, которая сама по себе не является ключом (т. е. не предназначается специально для диагностики), но часто используется систематиками как первый этап составления ключа (табл. 1). Однако обзорные таблицы с небольшим числом таксонов вполне пригодны для определения и мы не можем исключить их из рассмотрения диагностических форм. Наша обзорная таблица преследует еще и информационные цели, так как несет все сведения о всех признаках, использованных в приводимых ниже ключах, и может помочь неэнтомологу при сравнении разных типов ключей в этой статье. В таблице и далее применены общепринятые сокращения: бр. — брюшко, ндкр. — надкрылья, исп. — переднеспинка, ус. — усики.

Обзорная таблица как диагностическая форма характеризуется: 1) неупорядоченностью признаков, а отсюда зачастую их несравнимостью и отсутствием взаимоисключаемости; 2) отсутствием рядов признаков (так как именно упорядоченность совокупности признаков делает ее рядом признаков); 3) наличием нескольких входов (так как начинать процесс идентификации можно с любой группы признаков); 4) неопреде-

Обзорная таблица

Таксоны	Группы признаков					
	длина усиков, закинутых назад, в сравнении с длиной ндкр.	бугор на боку псп.	окраска ндкр. и псп.	длина ндкр. в сравнении с длиной брюшка	соотношение расстояний между основаниями усиков и внутренними краями глаз	форма глаз
<i>Oxypleurus</i>	Усики достигают средней или последней трети ндкр.	Небольшой острый бугорок или туповатый ширик	Ндкр. и псп. сероватые или желтоватые в пятнышках, реже одноцветные	Ндкр. длиннее бр.	Глаза ближе друг к другу, чем основания усиков	Глаза сильно выемчатые
<i>Gracilia</i>	Усики равны ндкр. или заходят за их вершины 1—4 члениками	Бугра нет	Ндкр. и псп. светло-бурые или темно-бурые	Ндкр. длиннее бр. или слегка короче	То же	Глаза почти разделены на 2 части
<i>Axinopalpis</i>	Усики примерно равны ндкр., иногда 1 членик выступает за вершины ндкр.	Тупой зачаточный бугорок; иногда его нет	Ндкр. и псп. желтые или красно-желтые	Ндкр. слегка короче бр.—обнажают его последний сегмент	Основания усиков ближе друг к другу, чем глаза	Глаза слабо выемчатые или умеренно выемчатые
<i>Leptidea</i>	Усики длиннее ндкр., заходят за их вершины 1—2 члениками	Бугра нет	Ндкр. и псп. бурые, иногда псп. светлее ндкр.	Ндкр. укорочены, обнажают не менее 4 сегментов бр.	То же	Глаза невыемчатые
<i>Cartallum</i>	Усики достигают последней трети ндкр.	Конический неострый бугорок	Псп. черная, ндкр. металлически блестящие: синие, зеленые или фиолетовые	Ндкр. длиннее бр.	То же	Глаза очень слабо выемчатые
<i>Dilus</i>	Усики достигают примерно середины ндкр.	Бугра нет	Псп. и ндкр. черные, с бронзовым отливом	То же	Глаза ближе друг к другу, чем основания усиков или расстояния одинаковы	Глаза почти разделены на 2 части
<i>Anisarthron</i>	Усики примерно равны ндкр. или длиннее их и выходят за вершины 1—3 члениками	То же	Псп. черная, ндкр. красновато-бурые	» »	Глаза ближе друг к другу, чем основания усиков	Глаза сильно выемчатые
<i>Semanotus</i>	Усики достигают второй половины ндкр. или выходят за их вершины 1—2 члениками	» »	Псп. черная, ндкр. черные с желтым рисунком	» »	Расстояния между основаниями усиков и внутренними краями глаз почти одинаковы	Глаза глубоко выемчатые

ленной длиной пути определения для каждого таксона (например, для рода *Leptidea* длина пути определения будет равна 4, если использовать группы признаков в порядке их расположения в таблице, но может быть равной и всего лишь 1, если сразу обратить внимание на длину надкрылий).

Обзорные таблицы очень похожи внешне на текстовые многоходовые политомические таблицы, близко родственны им в диагностическом отношении; но занимают обособленное положение, т. к. лежат на стыке таксономии и диагностики.

Самым распространенным в отечественной зоологической и, в частности, энтомологической литературе является дихотомический ключ (табл. 2). Средством наглядного изображения такого типа ключей является дендрограмма (рис. 1). Цифры на ветвях дендрограммы указывают на номера соответствующих тез и антитез. Вместо цифр можно вписать на дендрограмму текст соответствующих тез и антитез — мы получим текстовую дендрограмму; текст можно заменить схематическими рисунками или совместить с ними — получится иллюстрированная дендрограмма.

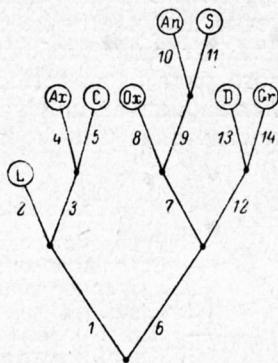


Рис. 1. Дендрограмма дихотомического ключа.

Точки — ступени определения; ветви — признаки; кружки — таксоны.

Т а б л и ц а 2

Текстовый дихотомический ключ (серийный вариант)

- 1 (6). Основания усиков ближе друг к другу, чем внутренние края глаз.
- 2 (3). Ндкр. укорочены, обнажают более четырех сегментов бр. **Leptidea.**
- 3 (2). Ндкр. нормальной длины.
- 4 (5). Ндкр. и псп. одноцветные **Axinopalpis.**
- 5 (4). Ндкр. и прп. разного цвета **Cartallum.**
- 6 (1). Основания усиков расположены на таком же расстоянии, как внутренние края глаз, или удалены на большее расстояние.
- 7 (12). Глаза с глубокой выемкой, но фасетировка ею не прерывается.
- 8 (9). Бугорок на боку псп. имеется **Oxypleurus.**
- 9 (8). Бугорка на боку псп. нет.
- 10 (11). Ндкр. одноцветные **Anisarthron.**
- 11 (10). Ндкр. несут ясный рисунок **Semanotus.**
- 12 (7). Глаза разделены выемкой на две части, фасетировка прерывается.
- 13 (14). Усики не достигают последней трети надкр. **Dilus.**
- 14 (13). Усики достигают последней трети надкр. или длиннее . . . **Gracilia.**

Из рассмотрения дихотомического ключа и его дендрограммы можно сделать следующие выводы:

- 1) каждый ряд в ключе состоит из двух признаков — тезы и антитезы;
- 2) ключ имеет всего один вход, которым является первый ряд признаков (теза 1 и антитеза 6);
- 3) путь определения для каждого таксона в ключе строго фиксирован — прийти к какому-то таксону можно только одним путем.

Надо заметить, что именно дендрограмма является основным способом отражения дихотомического ключа. Многие опытные систематики перед составлением своего нового ключа или перед анализом чужого ключа составляют его дендрограмму, т. к. она является и самым наглядным способом представления. Из дендрограммы (рис. 1) так же логично, как и приведенный выше ключ (табл. 2), выводится другой его вариант (табл. 3). Первый вариант называется серийным, второй — скобочным или шведским. Отечественные зоологи привержены к первому, а советские ботаники и зарубежные специалисты-систематики — ко второму. Существует еще один вариант дихотомического ключа — ступенчатый или английский (табл. 4). Он отличается от серийного только расположением строк с тезами и антитезами. Ряды признаков одного порядка (т. е. расположенные

на одинаковом расстоянии от входа ключа — см. дендрограмму — рис. 1) в ступенчатом ключе изображаются строками, начало которых располагается на одном вертикальном уровне (часто они еще и одинаково индексируются). Можно заметить, сравнив табл. 2 и 4, что ступенчатый ключ легко получается из серийного при сдвиге строк и изменении их индексации. Отличие скобочного варианта заключается в том, что признаки одного ряда располагаются в нем друг над другом. В серийном и ступенчатых вариантах признаки одного ряда разнесены, но зато яснее видны диагностические взаимоотношения таксонов.

Т а б л и ц а 3

Текстовой дихотомический ключ (скобочный вариант)]

1. Основания усиков ближе друг к другу, чем внутренние края глаз . . . 2.
- Основания усиков расположены на таком же расстоянии, как внутренние края глаз, или удалены на большее расстояние 4
2. Ндкр. укорочены, обнажают более четырех сегментов бр. . . **Leptidea.**
- Ндкр. нормальной длины 3
3. Ндкр. и псп. одноцветные **Axinopalpis.**
- Ндкр. и псп. разного цвета **Cartallum.**
4. Глаза с глубокой выемкой, но фасетировка ею не прерывается . . . 5
- Глаза разделены выемкой на две части, фасетировка прерывается . . . 7
5. Бугорка на боку псп. нет 6.
- Бугорок на боку псп. имеется **Oxypleurus.**
6. Ндкр. одноцветные **Anisarathron.**
- Ндкр. несут ясный рисунок **Semanotus.**
7. Усики не достигают последней трети ндкр. **Dilus.**
- Усики достигают последней трети ндкр. или длиннее **Gracilia.**

Следует отметить, что разница между скобочным и ступенчатым вариантом одного и того же ключа не больше, чем между смыслом высказываний «надкрылья одноцветные» и «одноцветные надкрылья», и поэтому не следует придавать этим вариантам ранг различных типов ключей. На самом деле это не более чем небольшие разновидности текстового дихотомического ключа.

Образцы всех трех вариантов текстового дихотомического ключа приведены в работе Майра, Линсли, Юзингера (1956). В последней книге Майра (1971) не приводится образец серийного ключа, так как этот вариант почти не применяется в зарубежной литературе. Во избежание путаницы и разногласий мы предлагаем считать образцы, приведенные Майром, и наши образцы своего рода «синтипамы» разновидностей дихотомического ключа. Дихотомические ключи, отличающиеся от этих синтипов, являются гибридами основных вариантов. Отличный дихотомический определитель морских рыб Перлмуттера (1970), например, является гибридом ступенчатого и скобочного вариантов. Нельзя не отметить, что по своей продуманности, лаконичности, тщательности иллюстрирования и удобству для использования этот определитель, пожалуй, является одним из лучших среди опубликованных на русском языке и может служить своего рода эталоном иллюстрированного дихотомического ключа.

Т а б л и ц а 4

Текстовой дихотомический ключ (ступенчатый вариант)

1. Основания усиков ближе друг к другу, чем внутренние края глаз.
 - 1) Ндкр. укорочены, обнажают более четырех сегментов брюшка . . . **Leptidea.**
 - 2) Ндкр. нормальной длины
 - А. Ндкр. и псп. одноцветные **Axinopalpis.**
 - Б. Ндкр. и псп. разного цвета **Cartallum.**
2. Основания усиков расположены на таком же расстоянии, как внутренние края глаз, или удалены на большее расстояние.
 - 1) Глаза с глубокой выемкой, но фасетировка ею не прерывается.
 - А. Бугорок на боку псп. имеется **Oxypleurus.**
 - Б. Бугорка на боку псп. нет.
 - а) Ндкр. одноцветные **Anisarathron**
 - б) Ндкр. несут ясный рисунок **Semanotus.**
 - 2) Глаза разделены выемкой на две части, фасетировка прерывается.
 - А. Усики не достигают последней трети ндкр. **Dilus.**
 - Б. Усики достигают последней трети ндкр. или длиннее **Gracilia.**

Наглядной формой выражения дихотомического ключа может служить текстовая таблица (табл. 5). Если раздвинуть веером горизонтальные строки этой таблицы вокруг точки, лежащей около левого края, до смыкания верхней и нижней строки, то получится круговая дихотомическая таблица. Так как оба вида таблиц по строению одинаковы и отличаются только формой, мы не приводим образца круговой таблицы.

Текстовая дихотомическая таблица

Таблица 5

Основания усиков ближе друг к другу, чем внутренние края глаз	Ндкр. укорочены, обнажают более четырех сегментов брюшка		Leptidea
	Ндкр. нормальной длины	Ндкр. и псп. одноцветные	Axinopalpis
Ндкр. и псп. разного цвета		Cartallum	
Основания усиков расположены на таком же расстоянии, как внутренние края глаз, или удалены на большее расстояние	Глаза с глубокой выемкой, но фасетировка ею не прерывается	Бугорок на боку псп. имеется	
		Oxypleurus	
	Бугорка на боку псп. нет	Ндкр. одноцветные	Anisarhtron
Ндкр. несут ясный рисунок		Semanotus	
Глаза разделены выемкой на две части, фасетировка прерывается	Усики не достигают последней трети ндкр.		Dilus
	Усики достигают последней трети ндкр.		Gracilia

Очень удобным для составления является такой дихотомический ключ, когда от общего объема таксонов отсекается на каждой ступени определения всего один таксон. Дендрограмма такого ключа приведена на рис. 2, а серийный вариант его текстовой формы в табл. 6. Если в таком ключе опустить все антитезы (это можно сделать без всякого ущерба, ибо они не несут никакой информации), то мы получим линейный или монотомический ключ (табл. 7 и дендрограмма — рис. 3).

Так как линейный ключ является производным от дихотомического, то он сохраняет основные его признаки — наличие одного входа и фиксированный путь к каждому таксону. Отличие состоит лишь в том, что в линейном ключе все ряды признаков содержат только по одному признаку, ибо второй признак в каждом ряду (антитеза) был опущен при превращении дихотомического ключа в линейный. Рассматривать всю цепь линейного ключа как один ряд из многих признаков нельзя, так как признаки эти несравнимы и не исключают друг друга.

Многие считают неправильным термин «монотомический» — «рассеченный на... одну (?) часть». Но нам кажется, что не будет большой ошибкой, если все же оставить в диагностике этот термин, считая условно,

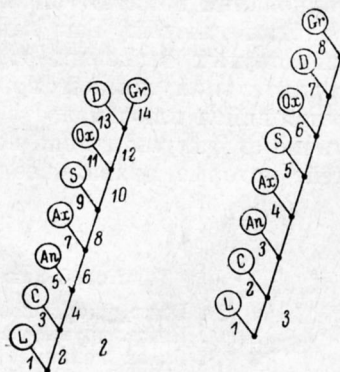


Рис. 2—3. Дендрограммы одноходовых ключей.
2 — дихотомический ключ;
3 — линейный ключ.

что он означает — «отсекающий по одному». Дело в том, что понятие «монотомический ключ» очень хорошо отражает его главное свойство — наличие рядов, состоящих из одного признака, и образует вместе с терминами «дихотомический» и «политомический» законченный смысловой ряд.

Если в дихотомическом ключе хотя бы в одном ряду выделить не два признака, а три или больше, то он перестанет быть строго дихотомическим и превратится в третий вид ключа, которому в определенном смысле не повезло, так как он до сих пор не имеет названия (рис. 4 и табл. 8).

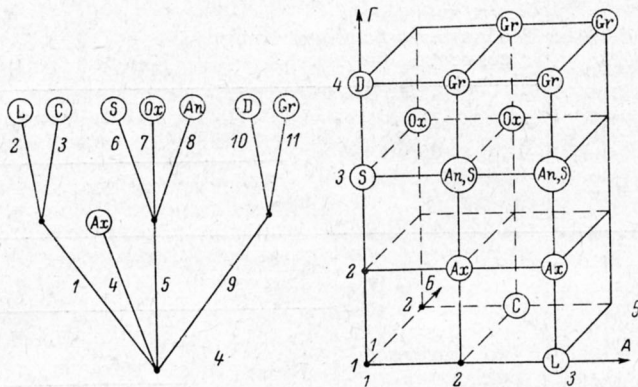


Рис. 4—5. Топологические схемы ключей из разных групп. 4 — дендрограмма одновходового политомического ключа; 5 — трехмерная схема многовходового политомического ключа; *оси координат* — ряды признаков; *цифры на осях* — номера признаков в рядах.

По логике вещей именно этот ключ должен называться политомическим, так как именно здесь мы имеем в качестве обязательного признака рассеяние пути определения на несколько (много) ветвей, деление ряда на несколько признаков. Но термин «политомия» уже около 10 лет связан с цифровым методом Балковского и перфокартным Кискина, хотя именно в этих методах деление ряда на много признаков не является определяющим, как мы покажем дальше. Именно существование двух различных толкований понятия «политомический» обуславливает путаницу в терминологии ключей. Так как замена термина «политомия» в обозначении упомянутых выше цифрового и перфокартного методов будет связана с длительной ломкой понятий, мы предлагаем истинно политомический ветвящийся ключ назвать впредь «одновходовым политомическим» в отличие от факультативно политомических цифровых и перфокартных ключей, которые правильнее называть «многовходовыми политомическими».

Т а б л и ц а 6

Текстовый дихотомический ключ (серийный вариант)

- 1 (2). Ндкр. укорочены, обнажают более четырех сегментов бр. . . **Leptidea.**
- 2 (1). Ндкр. другой величины.
- 3 (4). Глаза цельные, без выемки **Cartallum.**
- 4 (3). Глаза другой формы.
- 5 (6). Псп. черная; ндкр. одноцветные, красновато-бурые . **Anisarthon.**
- 6 (5). Окраска псп. и ндкр. другая.
- 7 (8). Расстояние между основаниями усиков меньше, чем между внутренними краями глаз **Axinonapalpis**
- 8 (7). Соотношение расстояний другое.
- 9 (10). Ндкр. черные, с желтым рисунком **Semanotus.**
- 10 (9). Окраска ндкр. другая.
- 11 (12). Глаза разделены выемкой на две части **Oxypleurus.**
- 12 (11). Глаза другой формы.
- 13 (14). Усики достигают средней трети длины ндкр. **Dilus.**
- 14 (13). Усики достигают вершины ндкр. или выходят за нее . . **Gracilia.**

Линейный (монотомический) ключ

1. Ндкр. укорочены, обнажают более четырех сегментов бр. **Leptidea.**
2. Глаза цельные, без выемки **Cartallum.**
3. Псп. черная, ндкр. одноцветные, красновато-бурые **Anisarthron.**
4. Расстояние между основаниями усиков меньше, чем между внутренними краями глаз **Axinopalpis.**
5. Ндкр. черные, с желтоватым рисунком **Semanotus.**
6. Глаза разделены выемкой на две части **Oxypleurus.**
7. Усики достигают средней трети длины ндкр. **Dilus.**
8. Усики достигают вершины ндкр. или выходят за нее **Gracilia.**

Т а б л и ц а 8

Текстовый одноходовый политомический ключ (скобочный вариант)

1. Глаза без выемки или едва выемчатые 2.
- Глаза слабо выемчатые **Axinopalpis.**
- Глаза сильно выемчатые 3.
- Глаза разделены выемкой на две части 4.
2. Ндкр. сильно укорочены **Leptidea.**
- Ндкр. нормальной длины **Cartallum.**
3. Ндкр. несут ясный рисунок **Semanotus.**
- Ндкр. и псп. одноцветные или ндкр. несут неясный рисунок из пятнышек **Oxypleurus.**
- Ндкр. одноцветные, но отличаются от псп. по цвету **Anisarthron.**
4. Усики не достигают последней трети ндкр. **Dilus.**
- Усики достигают последней трети ндкр. или длиннее **Gracilia.**

Т а б л и ц а 9

Текстовый одноходовый политомический ключ (ступенчатый вариант)

1. Глаза без выемки или едва выемчатые.
 - А. Ндкр. сильно укорочены **Leptidea.**
 - Б. Ндкр. нормальной длины **Cartallum.**
2. Глаза слабо выемчатые **Axinopalpis.**
3. Глаза сильно выемчатые.
 - А. Ндкр. несут ясный рисунок **Semanotus.**
 - Б. Ндкр. и псп. одноцветные или ндкр. несут неясный рисунок из пятнышек **Oxypleurus.**
 - В. Ндкр. одноцветные, но отличаются от псп. по цвету. **Anisarthron.**
4. Глаза разделены выемкой на две части.
 - А. Усики не достигают последней трети ндкр. **Dilus.**
 - Б. Усики достигают последней трети ндкр. или длиннее **Gracilia.**

Т а б л и ц а 10

Текстовый одноходовый политомический ключ (серийный вариант)

- 1 (4, 5, 9). Глаза без выемки или едва выемчатые.
- 2 (3). Ндкр. сильно укорочены **Leptidea.**
- 3 (2). Ндкр. нормальной длины **Cartallum.**
- 4 (1, 5, 9). Глаза слабо выемчатые **Axinopalpis.**
- 5 (1, 4, 9). Глаза сильно выемчатые.
- 6 (7, 8). Ндкр. несут ясный рисунок **Semanotus.**
- 7 (6, 8). Ндкр. и псп. одноцветные или ндкр. несут неясный рисунок из пятнышек **Oxypleurus.**
- 8 (6, 7). Ндкр. одноцветные, но отличаются от псп. по цвету . **Anisarthron.**
- 9 (1, 4, 5). Глаза разделены выемкой на две части.
- 10 (11). Усики не достигают последней трети ндкр. **Dilus.**
- 11 (10). Усики достигают последней трети ндкр. или длиннее **Gracilia.**

Одноходовый политомический ключ еще ближе к дихотомическому, чем линейный. Достаточно в одном ряду признаков воспользоваться не те-зой и антитезой, а тремя альтернативами — и ключ превращается из дихотомического в политомический. Можно спорить о том, что более есте-ственно — деление ряда на два или три признака, но бесспорно, что любой из этих способов не является существенным отличием, характеризую-щим ключ. Почти полное сходство дихотомического и одноходового поли-томического ключей доказывается и тем, что они имеют абсолютно одина-ковые формы выражения: дендрограмму, три текстовых варианта и таб-

Текстовая одновходовая политомическая таблица

Глаза без выемки или едва выемчатые	Ндкр. сильно укорочены	Leptidea
	Ндкр. нормальной длины	Cartallum
Глаза слабо выемчатые		Axinopalpis
Глаза сильно выемчатые	Ндкр. несут ясный рисунок	Semanotus
	Ндкр. и псп. одноцветные или ндкр. несут неясный рисунок из пятнышек	Oxypleurus
	Ндкр. одноцветные, но отличаются от псп. по цвету	Anisarthron
Глаза разделены выемкой на две части	Усики не достигают последней трети ндкр.	Dilus
	Усики достигают последней трети ндкр. или длиннее	Gracilia

Текстовая многовходовая политомическая таблица

Таксоны	Ряды признаков			
	длина усиков, закинутах назад, в сравнении с длиной ндкр.	бугор на боку псп.	окраска ндкр. и псп.	форма глаз
Oxypleurus	Усики достигают средней или последней трети ндкр.	Бугор есть	Ндкр. и псп. одноцветные или ндкр. с неясным рисунком	Глаза сильно выемчатые
Gracilia	Усики достигают последней трети ндкр. или длиннее ндкр.	Бугра нет или бугор есть	Ндкр. и псп. одноцветные	Глаза разделены на две части
Axinopalpis	Усики достигают последней трети ндкр. или длиннее ндкр.	Бугра нет	Ндкр. и псп. одноцветные	Глаза слабо выемчатые
Leptidea	Усики длиннее ндкр.	Бугра нет	Ндкр. и псп. одноцветные или псп. отличается от ндкр.	Глаза без выемки
Cartallum	Усики достигают последней трети ндкр.	Бугор есть	Ндкр. одноцветные, псп. отличается от ндкр.	Глаза без выемки
Dilus	Усики достигают средней трети ндкр.	Бугра нет	Ндкр. и псп. одноцветные	Глаза разделены на две части
Anisarthron	Усики достигают последней трети ндкр. или длиннее ндкр.	Бугра нет	Ндкр. одноцветные, псп. отличается от ндкр.	Глаза сильно выемчатые
Semanotus	Усики достигают средней или последней трети ндкр. или длиннее ндкр.	Бугра нет	Ндкр. с ясным рисунком	Глаза сильно выемчатые

лицы. Ступенчатый и серийный варианты политомического ключа приведены в табл. 9 и 10. Текстовая одноходовая политомическая таблица (табл. 11) чрезвычайно напоминает дихотомическую.

Теперь мы можем сделать вывод, что все три рассмотренные нами вида ключей имеют следующие общие черты:

1) наличие одного входа в ключ; 2) существование одного фиксированного пути определения каждого таксона в ключе; 3) характерные ветвляющиеся пути определения; 4) существование плоскостного наглядного изображения строения ключа — дендрограммы.

Все это позволяет нам объединить все три вида в одну тесную группу — плоскостных, или одноходовых ключей.

Этой группе по всем своим свойствам противостоит группа объемных ключей с единственным видом — многоходовым политомическим ключом. Простейшей формой отображения этого ключа является текстовая многоходовая политомическая таблица (табл. 12). Внешне она очень напоминает обзорную таблицу. Отличие заключается лишь в том, что в многоходовой политомической таблице мы имеем дело с настоящими рядами признаков. Все признаки в рядах упорядочены, сформулированы в одинаковых терминах и поэтому легко сопоставимы. В остальном многоходовая политомическая таблица сходна с обзорной: она имеет несколько входов (их количество равно числу рядов признаков) и путь определения одного таксона в ней не является фиксированным.

Наиболее обычной формой многоходового политомического ключа является цифровой ключ. Обычно он состоит из двух таблиц — таблицы кодирования признаков (табл. 13) и прямой цифровой таблицы (табл. 14). При определении сначала находят по таблице кодирования условные обозначения выбранных признаков, а затем по кодовому сочетанию отыскивают в цифровой таблице соответствующий таксон. Если многоходовый политомический ключ предполагается использовать для таксономических целей, то удобнее может оказаться обращенная цифровая таблица (табл. 15), в которой легче найти полную характеристику признаков какого-либо таксона.

Т а б л и ц а 13

Таблица кодирования признаков для многоходовых ключей

А. Длина усиков, закинутых назад, в сравнении с длиной ндкр.	
1. Усики достигают средней трети ндкр.	А—1
2. Усики достигают последней трети ндкр.	А—2
3. Усики длиннее ндкр.	А—3
Б. Бугор на боку псп.	
1. Бугра нет	Б—1
2. Бугор есть	Б—2
В. Окраска ндкр. и псп.	
1. Ндкр. и псп. одноцветные	В—1
2. Ндкр. одноцветные, но отличаются от цвета псп.	В—2
3. Ндкр. с неясным рисунком	В—3
4. Ндкр. с ясным рисунком или двухцветные	В—4
Г. Форма глаз.	
1. Глаза без выемки	Г—1
2. Глаза слабо выемчатые	Г—2
3. Глаза сильно выемчатые	Г—3
4. Глаза разделены на две части	Г—4

Цифровой многоходовый политомический ключ сохраняет основные признаки текстового: он имеет несколько входов и нефиксированную длину пути определения каждого таксона. Эти его особенности очевидны. Несколько сложнее обстоит дело с наглядной формой изображения топологических свойств многоходовых политомических ключей. Дело в том, что главным отличием объемных ключей от дихотомических и сходных с ними является способ взаимоотношения между рядами признаков.

Прямая цифровая многоходовая политомическая таблица

Ряды и признаки				Таксоны	Ряды и признаки				Таксоны
А	Б	В	Г		А	Б	В	Г	
1	1	1	4	Dilus	2	2	2	1	Cartallum
1	1	4	3	Semanotus	2	2	3	3	Oxypleurus
1	2	1	3	Oxypleurus	3	1	1	1	Leptidea
1	2	3	3	Oxypleurus	3	1	1	2	Axinopalpis
2	1	1	2	Axinopalpis	3	1	1	4	Gracilia
2	1	1	4	Gracilia	3	1	2	1	Leptidea
2	1	2	3	Anisarthron	3	1	2	3	Anisarthron
2	1	4	3	Semanotus	3	1	4	3	Semanotus
2	2	1	3	Oxypleurus	3	2	1	4	Gracilia
2	2	1	4	Gracilia					

В ветвящихся ключах ряды признаков соподчинены, имеют иерархию и определенный порядок. Это в полной мере отражает дендрограмма — топологическая схема ключей такого рода. Дендрограммы легко изображаются в виде плоскостной фигуры. Таксоны в дендрограмме являются окончаниями отдельных ее ветвей.

Таблица 15

Обращенная цифровая многоходовая политомическая таблица

Таксоны	Ряды признаков			
	длина усиков	бугор на боку псп.	окраска ндр. и псп.	форма глаз
Oxypleurus	1, 2	2	1, 3	3
Gracilia	2, 3	1, 2	1	4
Axinopalpis	2, 3	1	1	2
Leptidea	3	1	1, 2	1
Cartallum	2	2	2	1
Dilus	1	1	1	4
Anisarthron	2, 3	1	2	3
Semanotus	1, 2, 3	1	4	3

Принципиально другую картину являют нам многоходовые политомические ключи. Ряды признаков в них не подчинены друг другу, порядок их, предложенный в текстовой части, чисто условный. Пользоваться рядами можно в любой последовательности. Ряды признаков взаимодействуют между собой путем пересечения в пространстве. Топологической схемой объемного ключа является n -мерная система координат (где n — количество рядов признаков в ключе). Но здесь мы встречаемся с трудностью изображения многомерных систем. Уже четырехмерная фигура имеет слишком ненаглядное плоскостное изображение. Поэтому представление о многоходовых ключах, как о многомерных системах, имеет только теоретическую ценность.

Для иллюстрации мы приводим трехмерную схему части цифрового многоходового политомического ключа (рис. 5). Основой для ее построения послужили ряды признаков А, Б и Г из табл. 13 и 14. Осями координат являются ряды признаков, цифры около осей — порядковые номера признаков в ряду. Таксоны обозначены кружками на пересечениях координатной сети. Таксоны, обладающие каким-то общим признаком, расположены в одной плоскости (перпендикулярной оси соответствующего ряда признаков и проходящей через точку, обозначающую данный признак). Например, все кружки, лежащие в горизонтальной плоскости, проходя-

щей через точку 3 оси Г, обозначают таксоны, обладающие признаком Г—3 (т. е. сильно выемчатыми глазами).

Можно заметить, что некоторые таксоны (например, *Gracilia*, *Semanotus*) занимают несколько точек. Это объясняется полимодальностью данных таксонов по некоторым рядам признаков. Интересно отметить, что кружки с названием одного таксона не разбросаны беспорядочно, а образуют определенную область в пространстве признаков. Это является свидетельством правильно выбранной последовательности признаков в рядах. Наличие кружков с двумя таксонами в каждом (*Anisarthron*+*Semanotus*) объясняется тем, что в объемную схему не введен четвертый ряд признаков (ряд В), который необходим для различения этих родов. Рассмотрение объемной схемы наглядно показывает, почему мы предлагаем выделить многоходовый политомический ключ в особую группу и назвать ее группой объемных или многоходовых ключей.

Эта группа характеризуется следующими свойствами: 1) наличие нескольких входов в ключ; 2) существование многих возможных путей определения каждого таксона в ключе; 3) взаимодействие рядов признаков путем пересечения их в пространстве; 4) существование объемного многомерного наглядного изображения строения ключа.

Именно эти свойства позволяют нам четко отграничить многоходовый политомический ключ от всех остальных. Легко заметить, что количество признаков в ряду вовсе не является определяющим свойством. Многоходовый ключ может содержать во всех рядах по два признака, но от этого он отнюдь не станет родственным дихотомическому.

Многоходовый политомический ключ имеет еще одно свойство, которое является как бы следствием основных его черт: в ключе содержится одинаковый объем информации для всех таксонов. Ветвящиеся ключи не обладают таким свойством.

Остается добавить, что у объемных ключей существуют особые формы представления, очень характерные для них — перфокартные системы. В прямой перфокартной системе каждому таксону соответствует перфокарта (удобнее всего — с краевой перфорацией), на которую путем вырезки определенных отверстий заносится информация о всех возможных признаках данного таксона. Пример таблицы для кодирования вырезок мы приводим (табл. 16). Процесс определения состоит в отделении от всего массива перфокарт только тех, которые отвечают признакам диагностируемого объекта. Определение заканчивается, когда при очередном запросе выпадает одна перфокарта.

Т а б л и ц а 16

Таблица кодирования вырезок для прямой перфокартной системы

Таксоны	Коды признаков и вырезок
<i>Oxypleurus</i>	А—1, А—2, В—2, В—1, В—3, Г—3
<i>Gracilia</i>	А—2, А—3, В—1, В—2, В—1, Г—4
<i>Axinopalpis</i>	А—2, А—3, В—1, В—1, Г—2
<i>Leptidea</i>	А—3, В—1, В—1, В—2, Г—1,
<i>Cartallum</i>	А—2, В—2, В—2, Г—1
<i>Dilus</i>	А—1, В—1, В—1, Г—4
<i>Anisarthron</i>	А—2, А—3, В—1, В—2, Г—3
<i>Semanotus</i>	А—1, А—2, А—3, В—1, В—4, Г—3

В обращенной перфокартной системе одна перфокарта соответствует одному признаку (обычно применяются суперпозиционные перфокарты). На нее заносится путем пробивки отверстий в определенных местах список таксонов, обладающих этим признаком. Процесс определения состоит в подборе перфокарт с признаками диагностируемого объекта и совме-

нии их друг с другом. Определение заканчивается, когда в стопе подобранных перфокарт останется всего одно общее отверстие, соответствующее номеру искомого таксона. Приводим пример таблицы кодирования отверстий для обращенной системы (табл. 17).

Т а б л и ц а 17

Таблица кодирования отверстий для обращенной перфокартной системы

Коды признаков	Номера таксонов	Коды признаков	Номера таксонов
A—1	1, 6, 8	B—3	1
A—2	1, 2, 3, 5, 7, 8	B—4	8
A—3	2, 3, 4, 7, 8	Г—1	4, 5
B—1	2, 3, 4, 6, 7, 8	Г—2	3
B—2	1, 2, 5	Г—3	1, 7, 8
B—1	1, 2, 3, 4, 6	Г—4	2, 6
B—2	4, 5, 7		

Подробнее с перфокартными системами можно ознакомиться по работе Кискина (1967).

Строго говоря, на перфокарты может быть переведен любой ключ, в том числе и дихотомический. Однако такой перенос будет искусственным и не даст никаких преимуществ, ибо перфокартотека по своей природе является многоходовой системой. Поэтому в своей классификации перфокартные системы мы помещаем только в группе многоходовых ключей.

Также обстоит дело и с машинной диагностикой биологических объектов. Первые опыты в этом направлении уже сделаны (Кискин, Печерская, Печерский, 1965). Программа для ЭВМ может быть составлена на основе любого вида ключей, но очевидно, что составление ее по одноходовому принципу нерационально. Реализация возможностей машинной диагностики возможна только на основе многоходовых объемных ключей.

Как логический итог всему сказанному выше мы приводим классификацию существующих типов определительных ключей (табл. 18).

Т а б л и ц а 18

Классификация диагностических ключей и форм их представления	
I. Плоскостные (одноходовые) ключи	Б. Дендрограмма
1. Линейный (монотомический) ключ	В. Собственно таблицы
А. Текстовый ключ	а) Обычная
Б. Дендрограмма	б) Круговая
2. Дихотомические ключи	II. Объемные (многоходовые) ключи
А. Текстовые ключи	1. Многоходовые политомические ключи
а) Ступенчатый	А. Текстовая таблица
б) Серийный	Б. Цифровые таблицы
в) Скобочный	а) Прямая
Б. Дендрограмма	б) Обращенная
В. Собственно таблицы	В. Перфокартные системы
а) Обычная	а) Прямая
б) Круговая	б) Обращенная
3. Одноходовые политомические ключи	Г. Механические и электрические диагностические устройства
А. Текстовые ключи	Д. Программы для ЭВМ
а) Ступенчатый	
б) Серийный	
в) Скобочный	

В основу этой статьи легли материалы работы, сделанной в Лаборатории систематики насекомых ЗИН АН СССР по инициативе и под руководством ст. научного сотрудника института О. Л. Крыжановского, которому автор выражает глубокую благодарность. За постоянный интерес

к работе и советы автор признателен заведующему Лабораторией Г. С. Медведеву и проф. М. Е. Тер-Минасян.

Основные положения статьи были доложены на общем собрании Всесоюзного энтомологического общества в Ленинграде. При доработке терминологии и классификации ключей учтены замечания и предложения, высказанные при обсуждении доклада И. Б. Брянцевой, К. Б. Городковым, И. М. Кержнером и В. А. Тряпицыным.

ВЫВОДЫ

1. В основу сравнения и классификации определительных ключей должны быть положены следующие понятия: ряд признаков, способ взаимодействия рядов друг с другом, вход в ключ, путь определения, топологическая схема ключа.

2. Логический анализ существующих типов ключей позволяет разделить их на две четко отграниченные группы: одноходовые (или плоскостные) ключи и многоходовые (или объемные) ключи.

3. Дихотомический ключ является основным членом группы плоскостных ключей. Линейный ключ и ключ, для которого предлагается название «одноходовый политомический», являются производными от дихотомического и почти не отличаются от последнего.

4. Многоходовый политомический ключ является единственным членом группы объемных ключей и качественно отличается по всем основным признакам от дихотомического ключа и его производных.

ЛИТЕРАТУРА

- Балковский Б. Е. 1960а. Цифровой политомический ключ для определения растений. Бот. журн., 45, 1: 64—70.
- Балковский Б. Е. 1960б. Новый тип линейного (монотомического) ключа для определения растений. Бот. журн., 45, 6: 862—867.
- Балковский Б. Е. 1962. О повышении диагностической значимости признаков, используемых для определения растений. Бот. журн., 47, 9: 1309—1314.
- Вайнштейн Б. А. 1968. О политомических определительных таблицах. Зоолог. журн., 47, 4: 618—625.
- Кискин П. Х. 1961. Ключ для определения подвоев винограда (с приложением перфокарт). Кишинев.
- Кискин П. Х. 1962. Определитель основных сортов винограда СССР (с приложением перфокарт). Кишинев.
- Кискин П. Х. 1967. Перфокарты, их назначение и использование в биологии. Кишинев: 1—92.
- Кискин П. Х., И. Н. Печерская, Ю. Н. Печерский. 1965. Автоматизация диагностического поиска сортов винограда на ЭВМ «Минск-1». Виноделие и виноградарство СССР, 1.
- Любищев А. А. 1968. Проблемы систематики. В сб.: Проблемы эволюции, 1. Новосибирск: 7—29.
- Любищев А. А. 1971. Значение и будущее систематики. Природа, 2: 15—23.
- Майр Э. 1971. Принципы зоологической систематики. М.: 1—456.
- Майр Э., Э. Линсли, Р. Юзингер. 1956. Методы и принципы зоологической систематики. М.
- Перлмуттер А. 1970. Руководство по определению морских рыб. М.: 1—248.

SUMMARY

The author puts forward and formulates conceptions which are reasonable to use as a basis of comparison and classification of diagnostic keys. Logical analysis of all available keys was made that enabled the author to distinguish four types of keys and arrange them into two groups differing from each other in all characters. New names of groups of keys and two types of keys are suggested. The table of classification of keys and of their representation forms is given. As an example samples of all types of keys are shown for one group of eight taxa (genera) of longhorn beetles.