

Открытый Лицей
«ВСЕРОССИЙСКАЯ ЗАОЧНАЯ
МНОГОПРЕДМЕТНАЯ ШКОЛА»

Биологическое отделение

А. Б. Шипунов

**ЗАДАНИЕ
ПО СИСТЕМАТИКЕ**

Москва
2001

Открытый Лицей
«ВСЕРОССИЙСКАЯ ЗАОЧНАЯ
МНОГОПРЕДМЕТНАЯ ШКОЛА»

Биологическое отделение

А. Б. Шипунов

**ЗАДАНИЕ
ПО СИСТЕМАТИКЕ**

Москва
2001

Введение

Мы предлагаем Вам более 20 задач на тему «Систематика». Для их решения необходимо прежде всего подробно ознакомиться с содержанием пособий «Теория систематики» и «Система живых организмов». Следует иметь в виду, что изложенная там система¹ в значительной степени не совпадает с принятой в школьных учебниках (см. стр. 20), и поэтому не может быть использована для подготовки в ВУЗ.

Задание

По теме «Систематика» Вам необходимо выполнить:

- 1) Тест (выполняется в начале тетради)
- 2) «Задачи на классификацию» — 3 любые задачи;
- 3) «Задачи на составление или анализ ключей» — 2 любые задачи;
- 4) «Задачи по нумерической ситематике» — 1 любую задачу;
- 5) «Задачи по кладистике» — 1 любую задачу;
- 6) «Задачи по системе организмов» — 3 любые задачи;

Всего нужно выполнить 10 задач.

Срок отправки заданий:

¹Регулярно обновляемый вариант системы находится в Internet:
<http://herba.msu.ru/shipunov/os/current/synat.htm>.

Глава 1

Задачи

1. Тест

В каждом вопросе среди трех ответов один и только один — правильный.

- 1) Что такое экстраполяция?
 - а) Предсказание значений неизвестных признаков
 - б) Замена одних названий другими
 - в) Слияние двух таксонов
- 2) Наиболее искусственная классификация — это:
 - а) Классификация животных по размеру
 - б) Классификация растений по типу органов размножения
 - в) Классификация книг по содержанию
- 3) Какой ранг находится между родом и видом?
 - а) Секция
 - б) Класс

- в) Триба
- 4) Филогенетическая систематика:
- а) Классифицирует организмы прежде всего по сходству
 - б) Классифицирует организмы по прежде всего родству
 - в) Классифицирует организмы сначала по сходству, а затем по родству
- 5) Что означает сокращение «i. s.»?
- а) Фамилию автора названия
 - б) «В широком смысле»
 - в) «Неопределенного таксономического положения»
- 6) Что такое «принцип приоритета»?
- а) Из двух конкурирующих названий должно выбираться более раннее
 - б) Все названия, данные после 1753 г., должны быть отвергнуты
 - в) Все названия должны основываться на типовых образцах
- 7) Кто автор первого дихотомического ключа?
- а) К. Линней
 - б) Ж. Ламарка
 - в) Ч. Дарвина

- 8) В нумерической систематике:
- а) Все используемые в системе признаки не имеют веса
 - б) Все используемые в системе признаки имеют вес «1»
 - в) Все признаки исследуемых таксонов имеют разный вес
- 9) Что такое плезиоморфное состояние признака?
- а) Наименее примитивное состояние
 - б) Наиболее примитивное состояние
 - в) Наиболее продвинутое состояние
- 10) Какому определению соответствует парафилетическая группа?
- а) Группа, все члены которой являются потомками общего предка
 - б) Группа, включающая не всех потомков ближайшего общего предка
 - в) Группа, включающая всех потомков ближайшего общего предка
- 11) На какие два таксона надо разделить таксоны, расположенные на кладограмме как $((A, B), (C(D, E)))$ ¹?
- а) На $\{A, B, C\}$ и $\{D, E\}$
 - б) На $\{A, B\}$ и $\{C, D, E\}$

¹Здесь использована так называемая «скобочная запись» — см. стр. 26.

в) На {А, В, Е} и {С, D}

12) Какой признак является стилистическим для человека по отношению ко всем млекопитающим?

а) Выкармливание детенышей молоком

б) Прямохождение

в) Наличие 3 пар тазовых костей

13) Какой род стоит ближе к ядру таксона «Царство Растения»?

а) Росянка

б) Герань

в) Ряска

14) На каком основании сине-зеленые водоросли отнесены к Царству Бактерии?

а) Отсутствие ядра

б) Фотосинтез с помощью хлорофилла *a*

в) Отсутствие жгутиков

15) Какие организмы имеют настоящие ткани?

а) Миксомицеты

б) Инфузории

в) Антоцеротовые

2. Задачи на классификацию

Задача 1. На лавке обувщика висит объявление: «Обувь дамская, мужская, резиновая и подержанная». Можно ли считать это перечисление классификацией обуви и почему?

Задача 2. Составьте классификации: а) видов спорта, б) способов движения животных, в) вопросов этой разработки. Чем эти классификации отличаются от принятых в биологической систематике?

Задача 3. Перед Вами список из 7 растений: роснянка, хвощ, береза, лебеда, кувшинка, сосна, пузырчатка. Разделите эти растения на 2 группы возможно большим числом способов. В каждом случае укажите, по какому признаку Вы проводите деление.

Задача 4. На целиком покрытой водой планете Аква (система τ Кита) водятся различные плоские организмы (см. рисунок) Эти существа (назовем их «кубрики») могут фотосинтезировать, питаться другими организмами или их частями (точно соответствующими их ротовым отверстиям по форме) и передвигаться (только в том случае, если у них отсутствуют органы прикрепления).

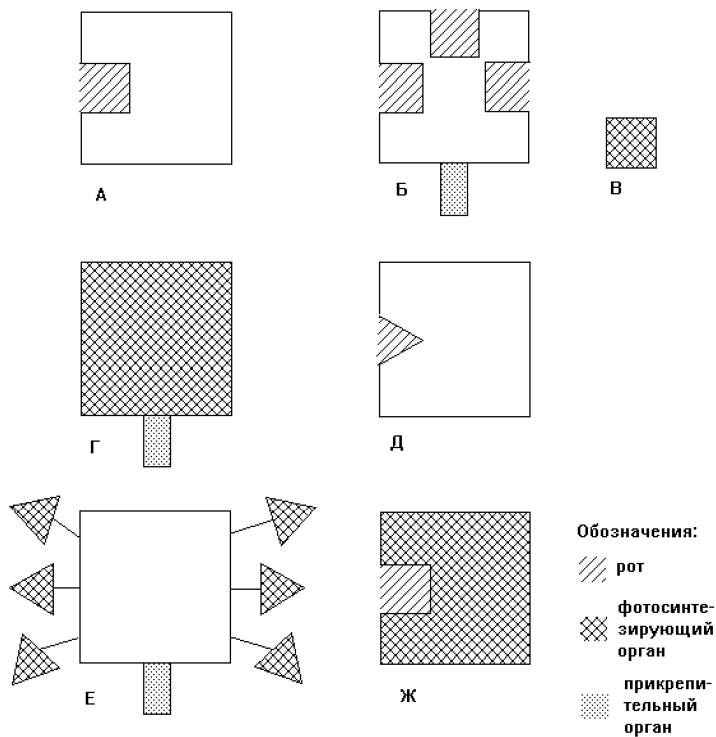


Рис. 1.1. Виды кубриков

Распределите, пожалуйста, разных кубриков по таксономическим группам. Обязательно укажите признак(и), по которым Вы проводите деление.

Задача 5. а) речной рак, дафния, рыбка гуппи, тля; б) человек, планария, бычий цепень, стрекоза; в) амёба, гидра, собака, прыткая ящерица. Что общего у животных, собранных в одну группу? Для животных каждой из этих трёх групп постарайтесь перечислить как можно больше общих признаков.

Задача 6. На рисунке (см. ниже) представлена зависимость количества разных родов с различным числом видов N от числа видов в данном роде n .

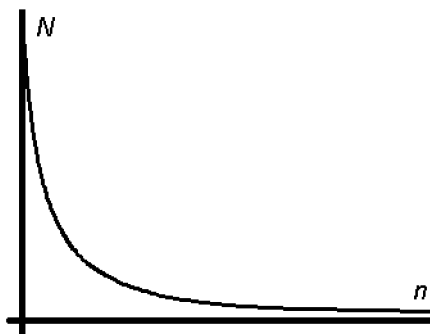


Рис. 1.2. Кривая Виллиса

Мы видим, что есть очень много мелких родов с 1–2 видами, умеренное число родов со средним числом видов и несколько крупных родов, представленных множеством видов. Это и есть распределение Виллиса.

Оказывается, что какое бы семейство живых организмов мы не взяли, чтобы построить для него такое распределение родов по числу видов в них, характер кривых, как правило, будет очень похож. Как Вы думаете, какого рода причины могут лежать в основе столь универсальных закономерностей?

Задача 7. В систематике, как Вы знаете, принята бинарная (биномиальная) номенклатура, в которой название вида состоит из двух слов (см. пособие). В чем ее преимущества и недостатки по сравнению с: (а) униномиальной, когда название состоит из одного слова и (б) полиномиальной, когда название состоит из трех и более слов?

3. Задачи на составление или анализ ключей

Для решения задач по составлению ключей следует, кроме пособий, прочитать еще и соответствующий раздел в следующей главе.

Задача 8. Вы с компьютером играете в следующую игру: компьютер загадывает одно из следующих растений — сосна, дуб, лук, капуста (белокочанная), подорожник, морковь, роза, огурец, подсолнух, картофель, кукуруза. Вы задаете ему вопросы о загаданном растении, на которые он отвечает «да» или «нет». Ваша цель — определить это растение за минимальное число вопросов. Опишите, какие вопросы Вы будете задавать и в какой последовательности, для того чтобы определить каждое из загаданных растений. Вопросы типа: «Название кончается на гласную?» просьба не задавать.

Задача 9. Известны описания листьев трёх видов растений:

- Вид А: листья овальные, округлые, 2–3 см шириной, с треугольным в сечении черенком и малозаметной средней жилкой. Листья снизу густо опушены.
- Вид В: листья овальные, 3–4 см шириной, с уплощенным черенком и сильно выдающейся средней жилкой.
- Вид С: листья удлинённые, вытянутые, 3–4 см шириной, с явственно заметной средней жилкой.

Составьте ключ для определения этих трёх видов по листьям, используя тезы и антитезы.

Задача 10. Космонавт с далекой планеты Адаипмило посетил нашу Землю и привез к себе на родину небольшую коллекцию диковинных животных. Зоологи планеты изучили этих животных и составили определительную таблицу (ключ), с помощью которой можно было бы легко определить всех животных. Попробуйте и Вы составить такую таблицу, если в коллекции имелись: речной рак, паук-крестовик, кальмар, майский жук, беззубка, бабочка-крапивница, дождевой червь.

Задача 11. Вот определитель тех растений, которые относятся к изучаемым в школьном курсе ботаники 7 семействам покрытосеменных (Розоцветные, Бобовые, Крестоцветные, Пасленовые, Сложноцветные, Лилейные и Злаки):

1. Листья с *₁ жилкованием, хорошо развиты подземные побеги (луковицы, корневища), цветки с простым околоцветником 6.
- Признаки иные *₂.
2. Листья с довольно крупными парными прилистниками (иногда сросшимися с черешком). Цветки *₃-членные, лепестки хотя бы частично свободные 5.
- Листья без заметных прилистников. Признаки цветка иные 3.
- *₄. Цветки собраны в кистевидное соцветие. Цветок двучленный, лепестки расположены крестообразно. 6 тычинок. Плод — стручок или стручочек Семейство Крестоцветные.
- Признаки иные 4.
4. Соцветие — корзинка (редко головка), производит впечатление одного цветка. Чашечка не развита, тычинки сросшиеся. Завязь нижняя ... Семейство *₅.

- Соцветие — щитковидный дихазий или цветки одиночные. Чашелистики и лепестки *₆, тычинки свободные. Завязь верхняя ... Семейство Пасленовые.
- 5 (*₇). Цветки актиноморфные, все 5 лепестков свободны. Тычинки в неопределенном числе, свободные. Плод — многоорешек, многокостянка, яблоко или *₈ Семейство Розоцветные.
- Листья образуют влагалище. Цветки собраны в колоски. Цветки невзрачные, зигоморфные, 2–3-членные Семейство Злаки.
- 6 (1). Листья не образуют влагалища (отходят от стебля «сразу»). Цветки собраны в кисти, зонтики или одиночные. Цветки яркие, актиноморфные, 3-членные. Завязь верхняя Семейство Лилейные.
- Цветки зигоморфные, 2 лепестка («лодочка») сросшиеся. Все 10 тычинок сросшиеся или 1 из них свободная. Плод — боб Семейство Бобовые.

Заполните пропуски (они обозначены символом «*» и номером), если надо, поменяйте ступени местами. Ответ обоснуйте.

Задача 12. Найдите формальные (то есть связанные с расположением ступеней, номерами отсылок и т. п.) ошибки в предложенном ключе для определения веток деревьев и кустарников зимой:

1. Почки расположены многорядно, то есть в нескольких плоскостях Верб
- Почки расположены однорядно 2.
2. Почечных чешуй 5 и более; почки равнобокие; более или менее заостренные 3.
- Почечных чешуй обычно 2–3; почки равнобокие; тупые Липа

3. Основание почки смещено к одному краю листового рубца; почечные чешуи расположены двурядно; деревья Вяз
 – Почки расположены симметрично; почечные чешуи расположены спирально; кустарники Орешник
4. Почки с одной колпакообразной чешуей 5.
 – Почки с двумя и более свободными чешуями 7.
5. Двулетние (а часто и однолетние) побеги покрыты легко стирающимся восковым налетом, красноватые Верб
 – Побеги без воскового налета Другие виды ив
6. Почки черешчатые, чешуи не доходят до основания почек (или значительно расходятся внизу почки) 7.
 – Почки сидячие Дуб
- 7 (3). Побеги у вершины трехгранные; почки эллиптические 3.
 – Побеги у вершины округлые или многогранные; сердцевина молодых побегов на поперечном срезе округлая; почки яйцевидно-треугольные Смородина

Задача 13. Составьте определительный ключ, позволяющий установить, к какому царству (по системе, предложенной в пособии) относится данный организм.

4. Задачи по нумерической систематике

Для решения задач по нумерической систематике можно воспользоваться методикой, предложенной в главе 2.

Задача 14. Даны характеристики 4 семейств цветковых растений. Необходимо:

- 1) Составить матрицу (таблицу), отражающую признаки этих таксонов;
 - 2) Подсчитать коэффициенты сходства (любым разумным методом, его обязательно оговорить) и построить итоговую матрицу сходства;
 - 3) Сгруппировать (кластеризовать) таксоны, начиная от таксонов с наибольшим сходством. Если деревьев получается несколько, установить критерий выбора и выбрать одно из них.
- Семейство Крестоцветные (Cruciferae): Травы; листья простые; очередные; с пазушными, очень маленькими, прилистниками; соцветие — кисть; цветки четырехчленные; симметричные; раздельнолепестные; плод — стручок.
 - Семейство Розоцветные (Rosaceae): Деревья, кустарники или травы; листья очередные; с парными крупными (иногда опадающими) прилистниками; простые или перистосложные; соцветие — кисть, щиток или цветки одиночные; цветки пятичленные; симметричные; раздельнолепестные; плод — орешек, ягода, костянка или яблоко.
 - Семейство Бобовые (Leguminosae): Деревья, кустарники или травы; листья очередные; с крупными парными прилистниками; перистосложные; соцветие — кисть или головка; цветки пятичленные; несимметричные; раздельнолепестные; плод — боб.
 - Семейство Пасленовые (Solanaceae): Травы или кустарники; листья очередные; без прилистников;

простые; соцветие — дихазий; цветки пятичленные; симметричные; спайнолепестные; плод — ягода.

Задача 15. По приведенной таблице аналогично предыдущей задаче постройте матрицу, рассчитайте коэффициенты сходства и сгруппируйте таксоны А–Ж.

	1	2	3	4	5
А	–	+	–	–	+
Б	–	+	+	+	+
В	–	–	–	–	+
Г	+	+	–	+	+
Д	–	–	–	–	–
Е	+	–	–	–	+
Ж	+	+	+	+	+

5. Задачи по кладистике

Для решения задач по кладистическому анализу воспользуйтесь в методикой, предложенной в следующей главе.

Задача 16. Попробуйте выяснить филогению кубриков (см. выше). Для этого примите, что более простые кубрики — более древние. Постройте эволюционное дерево (клагограмму) и кладистическую систему кубриков.

Задача 17. Даны характеристики 5 видов растений. Необходимо:

- 1) Проанализировать признаки внешней группы и выбрать апоморфные (продвинутые) признаки;

- 2) Составить таблицу, отражающую признаки этих видов и их (апomorphicное или плезиomorphicное) состояние;
 - 3) Построить кладограмму так, чтобы любые две соседние ветви характеризовались общей апomorphicией. Если кладограмм получается несколько, установить критерий выбора и выбрать одну из них.
- Подорожник большой (*Plantago major* L.): Главный корень отмирает в первые недели жизни; корневище менее 1 см в длину; листья округлые; с черешками; плод — остроконическая коробочка; в каждой коробочке 6–11 семян.
 - Подорожник средний (*Plantago media* L.): Главный корень сохраняется; корневище более 1 см в длину; листья яйцевидные; с черешками; плод — овальная коробочка; в каждой коробочке 2–4 семени.
 - Подорожник приморский (*Plantago maritima* L.): Главный корень сохраняется; корневище 1 см в длину; листья узколинейные; без черешков; плод — остроконическая коробочка; в каждой коробочке 1–2 семени.
 - Подорожник ланцетный (*Plantago lanceolata* L.): Главный корень сохраняется; корневище более 1 см в длину; листья яйцевидные или более узкие — ланцетные; с черешками; плод — округлая коробочка; в каждой коробочке 2 семени.
 - Подорожник топяной (*Plantago uliginosa* F. W. Schmidt): Главный корень отмирает в первые недели

жизни; корневище менее 1 см в длину; листья яйцевидные или ланцетные; с черешками; плод — остроконическая коробочка; в каждой коробочке 12–30 семян.

Внешняя группа:

- Род Псиллиум (*Psyllium*): Главный корень сохраняется; корневище отсутствует (но есть у других претендентов на роль внешней группы, скажем, у рода Вероники (*Veronica*) длинное (свыше 1 см) корневище); листья узколинейные; без черешков; плод — округлая коробочка; в каждой коробочке 2 семени.

Задача 18. По приведенной в задаче 15 таблице составьте дерево эволюционных отношений между таксонами А–Ж. Для этого примите, что «+» означают апоморфные (продвинутые) состояния (то есть «1»), а «–» означают плезиоморфные (примитивные) состояния (то есть «0»). Попробуйте также подобрать к каждому таксону пример из пособия.

Задача 19. Используя описание таксонов из пособия, постройте кладограмму и предложите свою систему, основанную на кладограмме:

- для всех классов моллюсков (внешняя группа — кольчатые черви);
либо
- для всех классов папоротникообразных (внешняя группа — мохообразные);

Задача 20. Возьмем следующие отряды млекопитающих: Хищные, Однопроходные, Рукокрылые, Приматы,

Ластоногие, Грызуны. Если мы нарисуем дерево их вероятных эволюционных взаимоотношений, то в скобочной записи оно будет выглядеть следующим образом: A (((B, C) D) (E, F)). Каким буквам какие семейства могут соответствовать? Обоснуйте свой ответ.

6. Задачи по системе организмов

Задача 21. Вот распространенные мнения об отличиях растений и животных:

- 1) Растения — зеленые, а животные — нет.
- 2) У растений есть корни, за которые они держатся в почве, а животных всегда можно сдвинуть в сторону, не повредив их.
- 3) Животные могут издавать звуки, а растения — нет.
- 4) Если организм подвижен, то это точно животное. А если неподвижен, то нужно смотреть другие признаки, например цвет.
- 5) Животные дышат (легкими или жабрами), а растения — нет.

Какие достоинства и недостатки имеет каждое из этих определений с точки зрения системы, изложенной в пособии?

Задача 22. Идет 234 567 890 011 год нашей эры. На планете Меопсера звезды Тау Кита обнаружена фауна, весьма напоминающая земную. По наиболее распространенной гипотезе, когда-то здесь произошла авария космического корабля-зоопарка с Земли. Предоставленные

самим себе, животные постепенно эволюционировали и приобрели довольно своеобразный облик (см. рисунок). Как Вы думаете, к каким группам земных позвоночных близки существа, изображенные на рисунке? Имейте в виду, что условия жизни на планете практически не отличаются от земных.

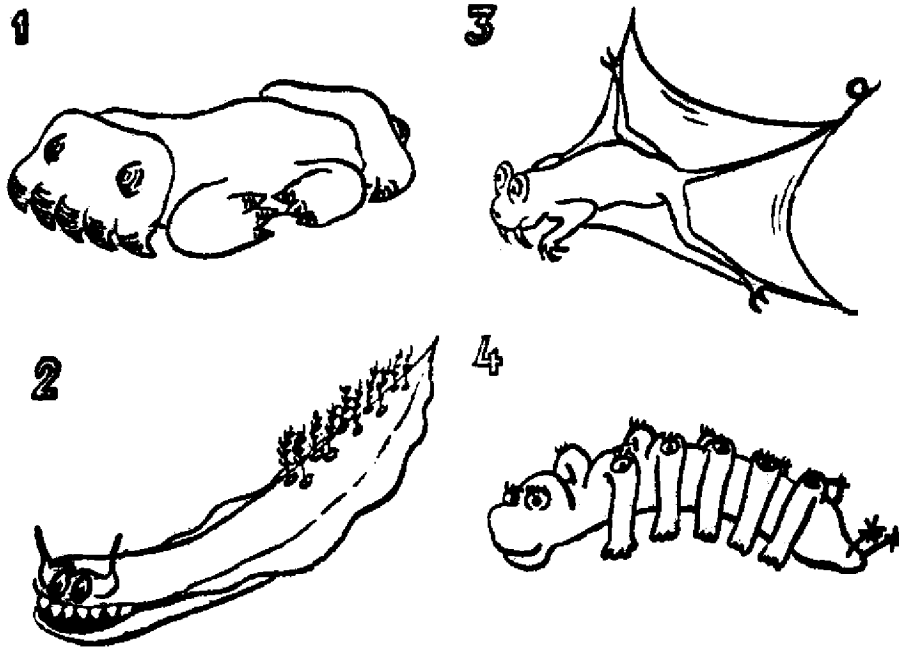


Рис. 1.3. Некоторые представители фауны Меопсеры

Задача 23. Укажите своё систематическое положение (вид, род, семейство и т. д.)

Задача 24. Внимательно прочитайте характеристики:

- 1) Морские свободноплавающие животные, тело которых делится на 3 отдела. Пищеварительная система сквозная, есть сердце. Раздельнополы, развитие с личинкой.
- 2) Травянистые растения с прямостоячим или цепляющимся побегом. Листья простые, очередные. Цветки 5-лепестные. Плоды распространяются животными.

К каждой характеристике подберите как можно больше примеров конкретных животных (растений) разных систематических групп.

Задача 25. Кораллы, актинии, губки, грибы и бактерии когда-то считались растениями. Как Вы думаете, на основании каких признаков это делалось и почему в настоящее время перечисленные группы исключены из царства растений?

Задача 26. Вот система организмов, использующаяся в школьном курсе биологии (и на вступительных экзаменах в ВУЗы):

- I. Вирусы
- II. Царство Прокариоты: 1. Отдел Цианобактерии; 2. Отдел Бактерии.
- III. Царство Грибы: 3. Отдел Низшие грибы (например, мукор); 4. Отдел Высшие грибы (например, белый гриб).
- IV. Царство Растения: 5. Отдел Лишайники;
- IVa. Подцарство Водоросли: 6. Отдел Красные водоросли; 7. Отдел Бурые водоросли; 8. Отдел Зеленые водоросли;

IVb. Подцарство Высшие растения: 9. Отдел Мохообразные; 10. Отдел Папоротникообразные; 11. Отдел Голосеменные; 12. Отдел Покрытосеменные.

V. Царство Животные:

Va. Подцарство Одноклеточные: 13. Тип Амебожгутиковые (например, амеба, эвглена, вольвокс); 14. Тип Споровики; 15. Тип Инфузории;

Vb. Подцарство Многоклеточные: 16. Тип Губки; 17. Тип Кишечнополостные; 18. Тип Плоские черви; 19. Тип Круглые черви; 20. Тип Кольчатые черви; 21. Тип Моллюски; 22. Тип Членистоногие; 23. Тип Иглокожие; 24. Тип Хордовые.

Сравните ее с той системой, которая приведена в пособии. Назовите основные отличия последней системы от «школьной». В чем, по-Вашему, достоинства и недостатки каждой из них?

Задача 27. Морская капуста, трихоплакс, человек, кукуруза, белый гриб, инфузория-туфелька, носток, хлорелла, холерный вибрион, стрекоза, аскарида, мукор. В этом списке два названия — лишние. Укажите, какие и обоснуйте свой ответ. К каким ближайшим известным Вам высшим таксонам (т. е. классам, типам/отделам или даже царствам) относятся каждый из упомянутых организмов?

Задача 28. Назовите самые маленькие и самые крупные по числу видов типы/отделы живых существ. Как по-Вашему, чем обусловлено в каждом случае такое большое либо малое количество видов?

Глава 2

Указания для решения задач

1. Методика кладистического анализа

- 1) Кладистический анализ позволяет построить дерево эволюционной истории таксона (так называемую кладограмму), а затем систему таксона.
- 2) Вначале все заданные таксоны (любые таксономические группы одного ранга) выписываются в столбик. Например:

Alphaceae
Betaceae
Gammaceae

- 3) Затем выписываются признаки, которые будут использованы при анализе. Каждому признаку присваивается порядковый номер. Надо постараться, чтобы число признаков хотя бы на один превышало число таксонов (а лучше всего, чтобы признаков было $2N + 1$, где N — число таксонов). Например:

Цвет бутявок	(1)
Размер курсанов	(2)
Рассечение пойлов	(3)
Наличие ропариков	(4)

4) Затем у каждого признака выделяются два состояния: одно — примитивное (плезиоморфное), другое — продвинутое (апоморфное). Первое обозначается «0», второе — «1». Например:

- (1) Бутявки красные - 0; бутявки зеленые - 1
- (2) Курсаны маленькие - 0; курсаны большие - 1
- (3) Пойлы рассеченные - 0; пойлы цельные - 1
- (4) Ропарики есть - 0; ропариков нет - 1

Не стоит выделять более двух состояний на признак. Если же иначе не получается, надо разделить один многозначный признак на несколько двузначных.

5) Нули и единицы присваиваются не просто так, а на основании сведений о:

- а) истории таксонов в палеонтологической летописи (*палеонтологический метод*);
 - б) сведений об индивидуальном развитии тех или иных признаков в процессе жизни особи (*эмбриологический метод*);
 - в) сравнения признаков у взятых для анализа, а также у всех прочих таксонов (*сравнительно-морфологический метод*).
- 6) Если эту так называемую «триаду» применить не удастся, используется метод внешней группы: находится таксон (если только он не задан заранее), который, как нам кажется, ближе всего к предкам данной группы. Все его признаки *a priori* (заранее) считаются плезиоморфными. Допустим, в данном случае это семейство *Omegaseae*, у которого бутявки красные, курсаны маленькие, пойлы рассеченные и имеются ропарики.

- 7) Теперь строим таблицу, в которой отражены признаки и таксоны (внешняя группа всегда ставится первой!):

	1234
Omegaseae	0000
Alphaseae	1000
Betaseae	1100
Gammaseae	0011

Важные замечания:

- а) бывает так, что у таксона встречается сразу оба состояния (полиморфизм), тогда принято либо игнорировать редкие проявления, либо, если оба состояния встречаются сравнительно часто — записывать состояние как «1»;
- б) бывает, что признак не применим к данному таксону (например, бессмысленно у бескрылых насекомых искать признаки крыльев), тогда признак обозначается «М» («missing») и используется (обычно) как «0».
- 8) После этого нормальные кладисты передают полученные данные компьютеру для анализа в одной из кладистических программ (например, PAUP, PHYLIP¹, Hennig86, SYNAP); а мы будем строить кладограмму вручную.
- 9) Для этого начинают с внешней группы:

¹Эта программа распространяется свободно. Последнюю версию можно найти в Internet по адресу: <http://evolution.genetics.washington.edu/phylip.html>.

+----- Omegaseae

- 10) Затем к внешней группе присоединяют наиболее примитивный таксон и отмечают филогенетические события, то есть появление, исчезновение (*реверсии*) или параллельное появление (параллелизм, гомоплазия) признаков. Сходство в плезиоморфных признаках (*симплезиоморфия*) в расчет не принимается; наоборот, сходство в апоморфных признаках (*синапоморфия*) считается очень важным. Например:

```

+--+----- Omegaseae
 |
+----- Alphaseae
 1
    
```

Появился признак 1 (синапоморфия).

- 11) Затем присоединяются последовательно все более и более продвинутые таксоны. Если есть выбор, то строится не одна, а две или больше кладограмм. В нашем примере Betaseae и Gammaseae имеют равное количество апоморфий, и поэтому получается два дерева:

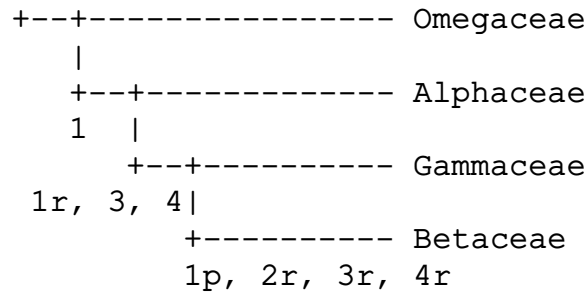
а) Дерево (А)

```

+--+----- Omegaseae
 |
+--+----- Alphaseae
 1 |
   +--+----- Betaseae
   2 |
     +----- Gammaseae
     1r, 2r, 3, 4
    
```

«1r» означает, что у Gammaseae признак 1 исчез (реверсия). В так называемой *скобочной* записи это дерево выглядит так: (Omegaseae (Alphaseae (Betaseae, Gammaseae))).

б) Дерево (B)



«1p» означает, что у Betaseae второй раз (параллельно) появился признак 1. В скобочной записи дерево (B) выглядит так: (Omegaseae (Alphaseae (Gammaseae, Betaseae))).

12) Теперь посчитаем количество филогенетических событий. В кладограмме (A) 4 синапоморфии + 2 реверсии = 6; а в кладограмме (B) 4 синапоморфии, 3 реверсии и 1 параллелизм = 8. Теперь применим принцип парсимонии: из двух кладограмм предпочтительнее более короткая. В нашем случае это (A).

13) Важные замечания к последним двум пунктам:

а) бывают другие алгоритмы построения кладограмм, например, можно присоединять не «гребенкой», а поочередно справа и слева — главное, чтобы получилась наиболее короткая кладограмма;

- б) бывает, что наиболее короткое дерево выбрать нельзя, тогда все получившиеся используются для построения некоей «средней» кладограммы;
- в) бывает, что получается всего одна кладограмма.
- 14) Наконец, построим систему наших трех семейств — разделим их на два порядка:

Ordo 1. Alphales

Familia 1. *Alphaceae*

Ordo 2. Betales

Familia 1. *Betaceae*

2. *Gammeae*

- 15) Здесь применен принцип голофилии: правильными считаются только голофилетические таксоны (например, *Betaceae* + *Gammeae*), то есть такие, которые включают всех потомков своего предка. Парафилетические таксоны (например, *Alphaceae* + *Betaceae*) выделять нельзя; и тем более запрещены полифилетические (*Alphaceae* + *Gammeae*).

2. Методика нумерического анализа. Кластерный анализ

Следует иметь в виду, что если кладистический анализ — самостоятельный раздел систематики, то так называемый нумерический анализ представляет собой собрание методов многомерной математической статистики,

применяемых к анализу таксономической информации. Результаты нумерического анализа могут использоваться как систематиками-типологами, так и кладистами для последующей обработки и построения систем.

Кластерный анализ — один из методов многомерной статистики, осуществляющий группировку исходных данных. Хотя его результаты могут походить на результаты кладистического анализа, но сами по себе они не дают никакого «руководства к действию». С другой стороны, кластерный анализ позволяет оценить возможные способы группировки таксонов.

Основные этапы кластерного анализа:

- 1) Построение матрицы. Этот этап соответствует пунктам 2–4 и 7 кладистического анализа, за тем исключением, что нули и единицы проставляются именно «просто так», лишь из соображений удобства. Отпадает и необходимость использовать внешнюю группу (хотя чем большее количество близких таксонов участвует в анализе, тем выше достоверность его результатов). Вот подобная матрица (для простоты она такая же, как и в предыдущем разделе):

	1234
Alphaceae	1000
Betaceae	1100
Gammaceae	0011

- 2) Дальнейшие вычисления удобно проводить при помощи какого-нибудь распространенного статистического пакета программ (например, SPSS, STATISTICA, R²), но, если данных немного, можно делать анализ вручную.

²Эта программа распространяется свободно. Последнюю версию можно найти в Internet по адресу: <http://www.r-project.org>.

- 3) Теперь надо построить матрицу коэффициентов сходства. Это — таблица, где и столбцы и строки соответствуют таксонам, а ячейки заполняются значениями коэффициента попарного сходства K :

	Alphaceae	Betaceae	Gammaeae
Alphaceae	1		
Betaceae	0.75	1	
Gammaeae	0.25	0	1

Здесь использован простейший коэффициент сходства:

$$K = \frac{\text{число сходных признаков}}{\text{число всех признаков}}$$

Можно использовать и другие коэффициенты сходства (их очень много).

- 4) Теперь нужно построить дендрограмму (кластерное дерево). Для этого вначале соединяем таксоны, имеющие максимальный коэффициент сходства:

```

+----- Alphaceae
| 0.75
--+----- Betaceae

```

- 5) Следующий таксон нужно выбрать (и присоединить) так, чтобы он имел максимальный коэффициент сходства с присоединяемым таксоном. Если однозначно выбрать нельзя, возникает несколько дендрограмм. В нашем случае дендрограмма только одна:

```

+----- Gammaceae
| 0.25
+---+----- Alphaceae
| 0.75
--+----- Betaceae

```

Использованный метод называется методом UPGA (unweighted pair-group average) — метод невзвешенного попарного сравнения. Существуют десятки других методов кластеризации.

- 6) Таким образом, у нас получилось два кластера: (1) Alphaceae + Betaceae + Gammaceae и (2) Alphaceae + Gammaceae. Если угодно, можно трактовать их как таксоны. Тогда получается следующая система:

Ordo 1. Alphales

Familia 1. *Alphaceae*

2. *Gammaceae*

Ordo 2. Betales

Familia 1. *Betaceae*

Как видим, она отличается от системы, полученной кладистическими методами. Но расстраиваться не стоит — разнообразие методов кластерного анализа настолько велико, что достоверность результатов каждого отдельного анализа весьма низка. Поэтому систематики кластерным анализом пользуются нечасто, отдавая предпочтение сложным, но устойчивым методам, например, факторному анализу.

3. Методика построения определительных ключей

Вначале следует выписать таксоны и их признаки. Затем подобрать признак, позволяющий разделить все таксоны на две примерно равные группы. Затем найти признак, разделяющий одну из получившихся групп на две примерно равные части, и так далее. Удобнее всего эту процедуру проводить на отдельном листке бумаги, строя дихотомические деревья, где на развилках указаны признаки, а на ветвях — таксоны. По мере того, как ветки будут заканчиваться одним таксоном, можно постепенно вычеркивать таксоны из первоначального списка. Затем получившуюся схему надо перевести на язык дихотомического ключа.

Почему делить надо на две примерно равные группы? Сравним определительный ключ с атласом, где на каждом развороте находится изображение одного вида растения. Допустим, у Вас в руках некое растение и Вы хотите узнать его название, просто перелистывая страницы атласа. При пролистывании атласа нужный рисунок с равной вероятностью может оказаться на любой странице от 1-ой до 500 000-ой. Положив время на перелистывание одной страницы равным 1 сек и усреднив время, затраченное в каждом из этих случаев (с помощью формулы для суммы арифметической прогрессии), получим величину, примерно равную 250 000 сек, или 69 часов.

Представим себе самый плохой определитель — в котором каждая пара теза-антитеза отделяет всего лишь один вид от остальной совокупности. Движение по такому определителю будет идти так же, как по альбому. Отсюда понятно, как должен быть организован хороший

определитель. В нем каждый пункт должен разбивать «подозреваемые» виды на две по возможности равные группы. Сколько времени потребует работа с таким определителем? После первого этапа в каждой группе окажется по 250 000 видов, второго — по 125 000, третьего — по 62 500 и так далее. Продолжив деления на 2 (или вычислив двоичный логарифм) и положив на чтение текста 1 мин, получим ответ: определение потребует примерно 19 этапов (19 минут). Однако на практике таких этапов будет больше (где-то около 25): ведь невозможно подобрать реальные признаки, которыми бы каждый раз обладала ровно половина «подозреваемых».

Вот другие требования к хорошему определителю:

- 1) Нужно использовать только такие признаки, которые в полевой сезон свойственны подавляющему большинству экземпляров данного вида;
- 2) Если указывается несколько признаков, то на первом месте надо ставить наиболее важные в диагностическом отношении, затем — менее важные и т.д.
- 3) В тезе и антитезе желательно использовать альтернативные описания признаков, не рекомендуются ступени типа «плоды колючие, цветки желтые — плоды не колючие», такие ступени рекомендуется заменить на: «плоды колючие, цветки желтые — плоды не колючие, цветки различной окраски»
- 4) Не рекомендуется использование антитезы типа: «сочетание признаков иное»
- 5) Не следует использовать ступени типа: «листья широкие — листья уже» или «листья жесткие — листья менее жесткие»

- 6) Для мерных признаков следует использовать конкретные числовые значения: не «листья длинные», а «листья 15–20 см дл.»
- 7) За редкими исключениями ее допускаются ссылки назад по ключу;
- 8) Не допускаются «перекрещивающиеся» ссылки, например, когда на «развилке» дихотомического ключа присутствуют ссылки на ступени 3 и 5, а на ступени 3 присутствует ссылка на ступень 9 (возможно, за исключением тех случаев, когда таксон упоминается в ключе более одного раза)
- 9) Разделение по нечетким признакам нужно по возможности продублировать (т. е. один таксон поместить в двух местах ключа) и «подстраховать» (давать в таких случаях не один, а несколько признаков);
- 10) Дополнительно к отличительным признакам следует привести подробное описание (включающее фенологические, экологические и географические признаки), которое позволит судить, правильно ли проведено определение;
- 11) Нужно, чтобы всегда была возможность пройти по ключу «обратно» — туда, где могла быть допущена ошибка. Для этого используются обратные отсылки (например, «11(1)», «7(5)», но не «7(6)»).

Список исправлений к пособию «Система живых организмов»

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
14	4 сверху	ссылки на рисунки	рисунки
24	2 снизу	слизевиков	миксомицеты
27	10 сверху	очень мало	очень мало (как и в нуклеосоме прокариот)
29	7 сверху	малярии (рис. 10).	малярии (рис.).
43	2 снизу	пресноводные	в основном пресноводные
81	1 сверху	Pentastomida	Pentastomea
82	12 снизу	Branchiopoda	Cephalocarida
82	6 снизу	голова туловища	голова, туловища
89	7 снизу	Cycliophorea	Cycliophora
90	5 снизу	кровеносная система отсутствует	кровеносная система незамкнутая
103	6 сверху	вещества	вещества.

Список исправлений к пособию «Теория систематики»

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
7	8 снизу	ботаники делятся	делятся
24	2 сверху	второй —	второй — иначе, например,
29	2 сверху	выбратьно	выбрать одну из нескольких тез, но
34	3 снизу	Максимальное	Максимальное количество
46	4 снизу	биологов4	биологов

Важные дополнения к системе живых организмов

- 1) Описано два новых класса Chytridiomycota: Ichtyosporaea (тканевые паразиты животных) и Arphelidea (паразиты водорослей).
- 2) Harposporidea и Paramухеа следует рассматривать в составе особого типа (а не внутри Sporozoa).
- 3) Placozoa следует рассматривать в составе Cnidaria.
- 4) Cycliophora, Gnathostomulida, Acanthocephala, Rotatoria, а также новый класс мелких интерстициальных беспозвоночных Micrognathozoa (представитель — Limnognathia) принадлежат к новому типу Gnathifera.
- 5) Chaetognatha, по-видимому, не связаны с радиобластическими животными.