

**ЕВРОАЗИАТСКАЯ РЕГИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ**  
**ЗООПАРКОВ И АКВАРИУМОВ**

МОСКОВСКИЙ ЗООЛОГИЧЕСКИЙ ПАРК

**Руководство по научным  
исследованиям в зоопарках.**

Ред. С.В.Попов

Москва 2008г.

В «Руководство» включено второе, расширенное и переработанное, издание «Методических рекомендаций по наблюдениям за поведением млекопитающих в зоопарке», впервые опубликованных Московским зоопарком в 1990 году, и подготовленные специально для данного выпуска «Методические рекомендации по изучению звукового поведения животных». Мы попытались в сжатой форме представить те основные принципы и методы, которые позволили бы продумать, спланировать и осуществить научное исследование животных в неволе. В Руководство не включено описание методов, требующих инвазивных воздействий на животных (исследования в области ветеринарии и т.п.).

Роль зоопарковских исследований быстро возрастает, однако уровень их методического обеспечения во всем мире, и особенно в русскоязычных зоопарках, остается недостаточным. В этой связи чрезвычайно важной составляющей настоящего «Руководства» являются переводы пяти методических разработок по научным исследованиям в зоопарках, выпущенных в 2003-2006 годах Ассоциацией британских и ирландских зоопарков и аквариумов (BIAZA). Хочется особенно порекомендовать нашим читателям руководство по статистической обработке данных и, пользуясь случаем, искренне поблагодарить руководство BIAZA за любезное разрешение публикации переводов статей.

Большую помощь в подготовке издания оказала Т.Д. Аржанова, редактировавшая переводы английских материалов.

Зав. отделом научных исследований Московского зоопарка  
к.б.н. С.В. Попов

# Методические рекомендации по этологическим наблюдениям за млекопитающими в неволе

(издание 2, расширенное и исправленное)

© ГУК «Московский зоологический парк» 2008

*Попов С.В., Ильченко О.Г. (2008) Руководство по исследованиям в зоопарках: Методические рекомендации по этологическим наблюдениям за млекопитающими в зоопарках. Московский зоопарк, Москва.*

**С.В.Попов, О.Г.Ильченко**

Отдел научных исследований Московского зоопарка

## **Введение**

За поведением содержащихся в неволе животных наблюдают многие, это и профессиональные зоологи и этологи, и зоотехнический персонал, и многочисленная армия студентов-биологов и юннатов. Можно спросить: зачем изучать поведение? Ответ прост: поведение животного – это доступный для наблюдения результат действия его биологических систем (гормональной, нервной и т.п.). Оценка поведения позволяет проверять предположения о том, как и почему животное реагирует на те или иные стимулы. В сфере исследований благополучия животных в неволе оценки поведения широко используются для определения уровня благополучия. С другой стороны, животные в клетках и вольерах значительно более доступны для наблюдения, чем их собратья в природе. В неволе животные, обычно, не могут скрыться от наблюдателя, постоянно находятся на виду. Кроме того, известно, когда и какую пищу они получают, когда их помещение подвергается чистке, когда их соединяют или разъединяют с сородичами, иными словами известен сравнительно полный перечень внешних воздействий на животное. В зоопарках на ограниченной площади сосредоточено большое количество различных животных, а значит, есть хорошие возможности для сравнительных исследований поведения. Наконец, сам факт помещения животного в ограниченное небольшое пространство, существенное обеднение его "внешнего мира" и одновременно воздействие комплекса условий неволи заставляют всех попадающих в неволю животных приспосабливаться к несвойственным им условиям жизни. Изучение того, как им это удаётся - одно из стержневых направлений этологических исследований в зоопарках, лежащее в основе разработок по «обогащению среды обитания». Грамотно проведенные этологические наблюдения не только представляют ценность для развития науки, но могут оказаться и большим подспорьем в практической работе с животными, т.к. такие наблюдения позволяют по внешнему состоянию прогнозировать дальнейшие действия животного, часто подсказывают пути улучшения зоотехнической работы. Систематические наблюдения и обработка записей необходимы для достижения успехов в содержании животных зоопарками и родственными им учреждениями. Случайные наблюдения за первыми выходами животных в новые или измененные вольеры приобретают значительно больший вес, если их проводят с применением адекватных научных количественных методов, важных, поскольку «текущие» наблюдения на качественном уровне могут легко исказить реально имевшие место события. Подход «мы делали так и у нас получилось» при содержании животных в неволе зачастую приводит к драматическим ошибкам, - разовый успех оказывается простым совпадением. Только систематические наблюдения могут дать основания для заключения об успехе конкретных

приемов содержания. Однако все, кто наблюдает за поведением, за исключением ученых-профессионалов, лишены практически всякого методического обеспечения. Как и 18 лет назад «Рекомендации» остаются единственным русскоязычным специализированным пособием по этологическим наблюдениям. Московским зоопарком в 2001 и 2003 годах выпущены переводы англоязычных сборников, включающих в себя статьи «Накопление данных о животных в зоопарке, с особым упором на поведение» Каролин Крокетт (Crockett, 1996) и «Описание и оценки поведения» Роба Янга (Young, 1998), посвященные методам этологических исследований в зоопарке, но тираж этих изданий крайне ограничен, и уже сейчас они труднодоступны даже для сотрудников российских зоопарков. При подготовке второго издания этого руководства мы постарались в полной мере использовать эти публикации и включить в него те вопросы, которые в цитированных статьях были представлены более полно и развернуто, чем в первом издании «Рекомендаций».

Данное пособие написано на основании многолетнего опыта работы авторов в качестве руководителей и консультантов студенческих и юннатских работ по этологии, а также собственного опыта постановки и проведения этологических исследований в Московском зоопарке.

Надо отметить, что многочисленные экспериментальные методы исследования поведения животных, применяемые в лабораториях, как и культура лабораторных исследований в целом, остаются за рамками данного руководства.

Мы адресуем это пособие сотрудникам зоопарков, ведущим наблюдения за своими подопечными, руководителям студенческих практик и юннатских кружков, а также всем тем, кто, не имея специальной подготовки, хотел бы изучать поведение животных в неволе.

## **Глава 1. Общие принципы выбора темы и планирования наблюдений.**

В работе, связанной с этологическими наблюдениями, можно выделить следующие этапы:

1. Определение темы (постановка основной задачи и выбор объекта наблюдений).
2. Проработка необходимой литературы.
3. Формулировка вопросов исследования.
4. Подбор методик, позволяющих ответить на поставленные вопросы, и составление общей программы работы.
5. Подготовительный этап наблюдений («пилотные» исследования): освоение методик, сбор сведений о животных-объектах наблюдений.
6. Проведение наблюдений.
7. Выбор методов обработки и составление схемы обработки собранного материала.
8. Обработка результатов наблюдений.
9. Написание и оформление письменной работы по результатам наблюдений.
10. Опубликование результатов.

Последовательность этих этапов соблюдается далеко не всегда, причем как правило работа идет по нескольким этапам одновременно, так, что выделение их достаточно условно. В то же время все эти этапы безусловно необходимы, без любого из них невозможна и вся работа. Разберем подробнее сущность каждого этапа.

### **1.1 Определение темы.**

Определяя тему надо ответить на два вопроса: "Зачем?" и "За кем?", т.е. какова цель проведения данной работы, и за какими животными предполагается наблюдать.

Задачи и цели проведения этологических наблюдений могут быть весьма разнообразны и направлены как на решение чисто практических, прикладных вопросов (например, определение физиологического состояния по внешним проявлениям или исследование возможности оставить новорожденного детеныша с матерью), так и решение теоретических проблем этологии (например, описание и последующее межвидовое сравнение поведенческих репертуаров или исследование механизмов парного взаимодействия). При выборе конкретной задачи можно отталкиваться от какой-то проблемы или круга проблем и выбирать объект наблюдений так, чтобы наиболее легким путем разрешить поставленный вопрос. Этот подход считается наиболее продуктивным, однако на практике исследователь далеко не всегда обладает свободой выбора объекта. Поэтому чаще применяют противоположный подход - от объекта к проблеме, при этом усилия направляются на решение тех вопросов, которые легче всего решить, наблюдая за данным животным. Если работа носит практический характер, то часто как объект, так и задачи исследования бывают жестко заданы.

Ниже мы приводим перечень основных направлений этологических исследований, основной метод которых - наблюдения за поведением животных в неволе.

***Выявление индивидуальных и видовых особенностей поведения.***

В рамках этого направления возможно сравнение структурных и временных характеристик различных поведенческих проявлений (выразительных движений, поз, поведенческих последовательностей, мимики, звуков), а также сравнительный анализ реакций на какие-либо стандартные ситуации. При изучении индивидуальных различий достаточно показать отличия выбранных показателей поведения сравниваемых животных; для выявления видовой специфики этого мало - необходимо также сравнить пределы варьирования каждого признака в рамках одного вида, т.е. необходимы данные о большом числе животных, которые содержатся в разных условиях.

***Использование поведенческих признаков, как маркеров состояния животного (беременности, течки, болезни и т.п.).***

Разработка методов, позволяющих по поведению животного достаточно надежно определять его физиологическое состояние имеет большое практическое значение для зоопарков, это, однако, - непростая научная задача. Подобные методы обычно приходится разрабатывать применительно к каждому виду животных отдельно, каждый раз пытаясь ответить на вопрос: «Что меняется в поведении животного А при наступлении у него состояния В?» Первая проблема, которую при этом приходится решать, - независимая от поведения объективная оценка состояния. На этапе разработки необходимо достоверно знать состояние животного, чтобы сопоставить с ним наблюдаемые особенности поведения. Поэтому такая работа возможна только в сотрудничестве с врачами или специалистами-биохимиками, которые могут обеспечить соответствующие анализы.

Второй важный момент - выделение тех показателей поведения, которые будут контролироваться при наблюдениях. Зачастую это невозможно сделать заранее, и приходится максимально подробно описывать поведение, вычлняя важные признаки по ходу работы.

Наконец, необходимо убедиться, что обнаруженные закономерности действительно видовые, а не являются индивидуальными особенностями данной особи или результатом специфических особенностей содержания. Это значит, что исследование должно охватывать несколько, желательно не родственных, животных, находящихся в разных условиях содержания (желательно в разных зоопарках).

***Факторы, формирующие активность животных в неволе.***

Пользуясь тем, что в условиях неволи возможен сравнительно полный контроль действующих на животное внешних факторов, можно попытаться выделить то влияние, которое оказывает каждый из этих факторов. Часто такие наблюдения обладают большой практической ценностью. Обычно выделяют такие факторы, как: метеоусловия, режим кормлений и уборки, режим и характер контактов с людьми, контакты с другими животными, нерегулярные воздействия (громкие шумы, появление необычных объектов и

т.п.). Чтобы эффект этих изменений был недвусмысленным, все остальные факторы должны оставаться постоянными. Поскольку в зоопарковских условиях подобный контроль часто бывает сложно достижим или невозможен, интерпретация результатов должна учитывать возможность эффекта любых внешних неконтролируемых событий. Например, если в клетку поставили новую ветку, а несколькими днями позже у животного в этой клетке родился детеныш, то невозможно объяснить возникшие изменения в активности или использовании пространства действием лишь одного из этих факторов, их действие “смешивается”. Чтобы избавиться от этого смешения ветку придется убрать и затем снова поставить, повторив весь эксперимент. Сезонные и погодные влияния на поведение так же могут запутывать интерпретацию результатов исследований. Эти факторы должны систематически фиксироваться, если их действие может повлиять на результаты. Таким образом, исследователю приходится принимать в расчет не только все специально произведенные изменения, но и все факторы, которые с точки зрения животного могут вызвать изменения окружающей среды.

В число внешних факторов входят и получившие широкое распространение меры по «обогащению среды обитания животных в зоопарке». Анализ эффективности таких мер в последние годы становится одним из доминирующих направлений зоопарковских этологических исследований.

***Описание тех сторон жизнедеятельности, которые мало доступны, для изучения в природе.***

Здесь в первую очередь идет речь о поведении, связанном с размножением и выращиванием детенышей. Основные вопросы: поведенческие показатели готовности к размножению, описание процесса формирования пары, ухаживания, спаривания. Особое внимание необходимо уделить временным параметрам, а также регистрации аномальных поведенческих проявлений. При описании выращивания молодняка надо отмечать частоту и длительность кормлений, длительность пребывания самки в контакте с детенышами (и изменения обоих этих показателей по мере взросления молодняка), изменения в поведении детенышей.

***Описание взаимоотношений с особями своего вида.***

Изучение механизмов внутривидового (социального) взаимодействия - одна из наиболее сложных и увлекательных задач этологии. При изучении этого вопроса в неволе появляется возможность помимо традиционных характеристик поведения (выразительных движений и поз, общего характера взаимодействий) анализировать такие характеристики социального взаимодействия, как динамика индивидуальных дистанций, степень синхронизации активности.

**1.2. Проработка необходимой литературы.**

Постановка задачи и дальнейшее планирование исследования предполагают проведение работы с литературой. Такая работа имеет своей целью определить место исследования в общей системе знаний и получить предварительное представление о биологических особенностях объектов наблюдений. Кроме того, чтение соответствующей литературы (последние исследования на ту же тему или по тому же виду) поможет определить какие данные необходимы для ответа на вопрос исследований. Знание того, что было сделано до вас, поможет избрать удобную технику исследований и избежать лишних повторов.

Общий принцип поиска научной литературы следующий: сначала необходимо найти и прочесть 1-2 больших статьи по выбранной теме (желательно чтобы это были работы обзорного характера), если нет возможности достать необходимые статьи, то можно обратиться к соответствующим главам учебника по этологии. Если задача заключается в том, чтобы получить информацию о каком-либо виде животных, то начинать можно с прочтения соответствующей статьи в определителе. Затем следует обратиться к тем работам, на которые имеются ссылки в прочитанных источниках, и так далее. Если первые из прочитанных работ выпущены не слишком давно, то двигаясь

таким образом можно достаточно подробно проработать литературу по исследуемой проблеме, однако, как правило, при подготовке к этологическим наблюдениям в этом не возникает необходимости, да и уровень начинающих исследователей не позволяет проделать эту очень непростую работу. Вполне достаточно, если исследователь на основе проработанной литературы может ответить на следующие вопросы: 1) зачем ставится задача исследования; частью какой более общей проблемы является эта задача? 2) решались ли ранее такие или подобные задачи в работах с другими объектами, если да, то каковы результаты этих работ? 3) в чем заключается специфика выбранного объекта наблюдений, какие особенности этого вида облегчают и какие затрудняют решение поставленной задачи?

Ответы на эти вопросы с соответствующими ссылками впоследствии, при оформлении работы, составят часть "Введение" или "Обзор литературы" (хотя слово "обзор" предполагает проработку всей литературы по данному вопросу).

Среди возможных источников литературы, наряду с научными журналами, сборниками, монографиями, необходимо упомянуть "Реферативные журналы" ("Зоология наземных позвоночных", "Физиология человека и животных"). Пользование ими особенно удобно для тех, кто не владеет иностранными языками, т.к. более 90% этологической литературы выходит на английском и немецком языках.

В работе с литературой существует ряд общепринятых приемов и правил. На каждую прочитанную работу (статью, книгу и т.п.) заводят библиографическую карточку (или заносят сведения в компьютер), где указывают фамилию и инициалы автора/ов; год издания; полное название работы; полное название источника (книги, сборника, журнала); для периодических изданий указывается том и №; для всех работ - номера страниц (для книг - общее количество страниц), где расположена работа; название издательства; город, где была издана работа. Все эти данные пишут на языке оригинала.

На этой же карточке можно кратко изложить наиболее важные для целей исследования данные из прочитанной работы. Если требуется более детальная проработка данного источника, то помимо библиографической карточки делают краткий конспект работы, о существовании которого в библиографической карточке необходимо сделать отметку. Чтобы предотвратить одну из самых распространенных ошибок, ещё раз отметим, что всякое конспектирование или даже дословный перевод иностранных источников без точного указания библиографических данных на языке оригинала бессмысленно.

Сейчас, при широком распространении компьютеров, картотеки обычно формируются как базы данных или специальные компьютерные программы (например, ProCite), позволяющие многократно ускорять поиск нужных ссылок и автоматизировать процесс создания списков литературы. Однако, и при компьютеризации картотек все основные принципы их создания и ведения остаются неизменными.

Существенно помочь в подборе необходимой литературы могут поисковые системы Интернета, однако при пользовании ими надо иметь в виду некоторые возможные проблемы. Во-первых необходимо хорошо продумать ключевые слова для поиска и при необходимости использовать функцию «поиск в найденном». Во-вторых, по своему запросу вы можете получить ссылки на сайты, где имеются полные тексты нужных вам статей; на сайты, где содержатся рефераты таких статей; на списки литературы, содержащие статьи, в названия которых входят ваши ключевые слова и, наконец на не опубликованные тексты, вывешенные в Сети. В последнем случае надо проявлять большую осторожность, поскольку такие тексты часто содержат неточную, а иногда и откровенно безграмотную информацию. Обнаружив интересные статьи в списках литературы (не важно, в Интернете или при чтении других работ) можно провести поиск, введя в качестве ключевых слов полное название статьи на языке оригинала (которое в этом случае берется в кавычки) или фамилию и инициалы автора(ов).

### **1.3. Формулировка вопросов исследования, выделение переменных, альтернативные гипотезы.**

#### **1.3.1. Вопросы исследования**

Представить общую задачу исследования в виде перечня конкретных вопросов, на каждый из которых можно четко и недвусмысленно ответить, пользуясь результатами наблюдений, - едва ли не самый сложный и ответственный момент исследования. Дело в том, что от того, как поставлены эти вопросы, полностью зависит выбор методов наблюдения. В свою очередь методы наблюдения определяют, что за материал будет собран, и какой обработке он подвергнется. Отсутствие четко поставленных в начале исследования вопросов обычно приводит к тому, что результаты таких исследований остаются неопубликованными из-за своей расплывчатости и невозможности сделать общие выводы. В то же время давать по данному вопросу общие рекомендации, годящиеся на все случаи, невозможно. Попытаемся дать представление о формулировке вопросов исследования на примере.

Предположим, что общая задача - описать отношения доминирования в группе совместно сидящих животных. Прежде всего, необходимо определить, что понимается под доминированием. В качестве критериев доминирования употребляются такие различные показатели, как преимущественный доступ к какому-либо виду ресурсов (к пище, к самке и т.д.); большую агрессивность и преимущества в агонистических взаимодействиях; максимально выраженную способность привлекать к себе внимание остальных членов группы; наибольшую в группе общую активность и др. Следовательно, надо определить, будет ли доминирование определяться по всем, по нескольким определенным или по какому-то одному критерию. Допустим, что в качестве критерия доминирования выбрана большая агрессивность доминанта и его устойчивое преимущество в конфликтах с сородичами. Далее предстоит разобраться, что значит "большая агрессивность" и "устойчивое преимущество"? Более агрессивным мы можем назвать животное, которое инициирует агрессию чаще (чаще нападает на партнеров по группе), или животное, которое тратит на агрессивные взаимодействия больше всех времени, или, наконец, животное, у которого максимальна доля агрессивных взаимодействий среди всех контактов с сородичами. Определив, какие показатели агрессивности будут использоваться в данной работе, формулируют вопросы типа "Сколько нападений в единицу времени совершает каждая особь на партнеров по группе?" Это уже вопросы, на которые можно ответить после проведения соответствующих наблюдений. Аналогичная процедура с понятием "устойчивое преимущество" приводит к вопросам типа: "Каково соотношение числа совершенных им и направленных на него нападений для каждого члена группы?", "Как долго лидер в агрессивных взаимодействиях удерживает свое лидирующее положение?"

#### **1.3.2. Выделение переменных**

Следующий шаг после того, как определены вопросы исследования, - это выделить подходящие независимые и зависимые переменные.

*Зависимые переменные* - те эффекты, которые исследователь реально измеряет. Они могут включать поведенческие характеристики, такие, как доли агрессии, полового поведения или игры. Это могут быть и результаты физических измерений, такие, как количество съеденной пищи или вес. Уровень травматизма, длительность интервалов между родами и выживаемость молодняка - это примеры зависимых переменных.

*Независимые переменные* - факторы, которые по мнению исследователя, действуют на интересующие его зависимые переменные. Некоторые из независимых переменных непрерывны, например, температура или время суток. Другие категоризированы, например пол (самец или самка), тип помещения (декорировано под естественную среду или с голыми стенами), физическое состояние (беременная или небеременная). Важно отметить, что непрерывные переменные можно сгруппировать в категории (утро и вечер, жарко, тепло, сыро, холодно), а так же то, что независимые переменные из одного



исследования вполне могут оказаться зависимыми переменными другого исследования (например, потребление пищи). Независимые переменные могут так же включать принадлежность к поло-возрастной группе, условия выращивания особей, чье поведение служит зависимыми переменными, режим кормления, размер помещения и многое другое. Отсюда становится очевидной важность аккуратных и систематических записей, позволяющих оценивать такие переменные. Более того, после того, как выделены нужные зависимые переменные, их можно добавить в формы ведения ежедневных записей.

### 1.3.3. Альтернативные гипотезы и их проверка.

Большинство наблюдений в неволе описательны по своей природе («мы не знаем что произойдет и хотим посмотреть»). Однако, эффективность работы наблюдателя значительно повышается, если заранее сформулированы так называемые нулевая и альтернативная гипотезы. Эти понятия заимствованы из статистики и в узком смысле означают два возможных ответа на поставленный вопрос исследования, заданные таким образом, что один из них должен обязательно оказаться правильным. Например, при ответе на вопрос: «Самцы или самки чаще инициируют умиротворяющие демонстрации?» нулевая гипотеза формулируется как «Самки инициируют умиротворяющие демонстрации чаще, чем самцы», а альтернативная: «Самки инициируют умиротворяющие демонстрации не чаще, чем самцы». Если статистическая проверка подтверждает верность нулевой гипотезы, то вопрос считается решенным, если же подтверждается альтернативная гипотеза, то требуется следующий шаг - проверка новой пары предположений: «Самки инициируют умиротворяющие демонстрации реже, чем самцы», и альтернативная: «Самки инициируют умиротворяющие демонстрации не реже, чем самцы». В этологии понятие «Альтернативные гипотезы» часто используется в более широком смысле и означает несколько различных объяснений одних и тех же фактов, лишь одно из которых является верным.

Для проверки гипотез формулируют следующие из них предсказания и затем смотрят, насколько эти предсказания сбываются. Предсказание может быть, например, таким: *после проведенного обогащения среды благополучие животных улучшится, и это найдет отражение в снижении частоты проявления стереотипного поведения.*

Даже если альтернативные гипотезы не были сформулированы заранее, применяемые методы должны позволять проверку таких гипотез. Например, исследователь может предполагать, что самцы используют верхние ветки в вольере больше, чем самки. Предположим, за самцами наблюдали утром, а за самками днем. Предположим далее, полученные результаты показали, что самцы занимают верхние ветви больший процент времени, чем самки. Однако невозможно проверить альтернативную гипотезу, что животные, независимо от пола, проводят больше времени на верхних ветвях утром.

### 1.4. Подбор методик, позволяющих ответить на поставленные вопросы и составление общей программы работы.

Любая методика этологических наблюдений решает две основные задачи. Во-первых методика отбирает из непрерывного потока поведения то, что необходимо для ответа на вопросы исследования (поскольку фиксировать все поведенческие проявления даже одного животного в принципе невозможно) Например, что более подходит для вашего исследования знать как часто проявляется поведение (частота в час), как много времени уделяется данной форме (процент от времени наблюдений), или как долго животное проявляет данное поведение, однажды его начав (средняя длительность)? Определите, важна ли для вас последовательность элементов поведения (как, например, при исследованиях ухаживания).

Вторая задача – это обеспечение объективности наблюдения. Непрерывный сбор данных круглые сутки день за днем обычно нерационален и дорог. По этой причине были разработаны методы, обеспечивающие объективную оценку поведения в расчете на

общий бюджет времени. «Объективность» означает, что наблюдения верно отражают события, происходящие в то время, когда наблюдений не проводится, и что при сборе данных исследователь застрахован от произвольного отбора результатов. Дело в том, что даже опытный наблюдатель распределяет свое внимание неравномерно между наблюдаемыми животными и между выделяемыми формами поведения. Например, можно быть уверенным, что все случаи таких сравнительно редких и резко выделяющихся поведенческих проявлений, как драки, привлекут внимание наблюдателя. Столь же вероятно, что какая-то часть частых и мало выделяющихся действий (например, коротких остановок при движении) будет пропущена. Методики наблюдений разрабатываются таким образом, чтобы избежать этой произвольной субъективности.

Основные методики наблюдений за поведением животных изложены в одном из следующих разделов, здесь же мы хотим привести лишь некоторые общие соображения.

Как правило, на любой вопрос исследования можно ответить, пользуясь несколькими методами наблюдения. Следует выбрать тот метод, который даст ответы на максимальное число вопросов, при этом надо иметь в виду, что практически любая из основных стандартных методик может быть несколько модифицирована и, таким образом, наилучшим образом приспособлена к задачам конкретного исследования. Если невозможно ответить на все поставленные вопросы с помощью одной методики наблюдения, приходится прибегать к нескольким, однако введение нового метода почти удваивает трудоемкость всей работы. Имейте в виду, что время, необходимое для анализа данных резко возрастает с увеличением разнообразия собираемой информации. Для того, чтобы использовать результаты проекта в содержании конкретных животных или для осуществления студенческих работ, рассчитанных на несколько месяцев, данные должны быть собраны, обработаны и интерпретированы быстро. Так что есть резон выбрать простые способы сбора данных.

Выбирая методику наблюдений надо хотя бы в общих чертах представлять себе, как будут обрабатываться собранные данные. Полезно продумать формы обобщающих таблиц для обработки.

Немаловажную роль играет трудоемкость и сложность наблюдений - выбирая из двух, одинаково подходящих для ответа на вопросы исследования методов, предпочтение следует отдавать более простому и менее трудоемкому.

Решите, потребуется ли вам индивидуальное опознавание животных, например, для того, чтобы фиксировать инициатора и реципиента в социальных взаимодействиях. В некоторых случаях объекты могут быть слиты в возрастные и/или половые классы без потери необходимой информации. Если идентификация все же необходима, то может потребоваться маркирование животных. Если предмет исследования - использование вольеры, то будут необходимы аккуратные планы или схемы вольеры.

После того, как методы наблюдений выбраны, составляют общую рабочую программу исследования. Это делается с целью спланировать работу по времени, увязать между собой разные применяемые методы, определить режим наблюдений и режим первичной обработки, а так же попытаться заранее обнаружить возможные просчеты (чтобы не получилось, что самым важным при обработке оказался параметр, который при наблюдениях не фиксировали). Если предполагается получить средние показатели по какому-то периоду, то, планируя работу по времени надо стараться распределять наблюдения равномерно в течение всего периода работы. Если время наблюдений в течение суток не задано жестко какими-либо условиями работы, то необходимо либо всегда наблюдать в одни и те же часы, либо равномерно распределять наблюдения в течение суток. Необходимо также учитывать, что для правильной оценки какого-либо длительного процесса мало подходят наблюдения, пусть большого объема, но сделанные на протяжении короткого отрезка времени.

Не следует рассматривать первоначально составленную программу, как окончательный вариант. Как правило, по ходу наблюдений возникают новые вопросы, так что программа постоянно дополняется и уточняется.

### **1.5. Подготовительный этап наблюдений.**

Основная задача подготовительного этапа («пилотного исследования»)- выделить регистрируемые элементы повеления (этограмму), выбрать и освоить методику(ки) наблюдений. Обычно для этого приходится провести 3-4 наблюдения, результаты которых в дальнейшем не используются. Кроме того, очень полезно посвятить время наблюдению за животным без четкой схемы регистрации, обдумывая, как и что оно делает. За это время нужно постараться оценить, влияет ли присутствие наблюдателя на поведение объектов наблюдения.

В процессе освоения методики наблюдатель должен приспособиться к выбранному темпу записи, выучить систему условных обозначений и довести их применение до автоматизма. Как правило приходится опробовать 2-3 формы записи, чтобы выбрать наиболее подходящую для данной работы.

При наблюдениях за несколькими животными необходимо научиться их надежно и быстро различать - "узнавать в лицо". Кроме того, бывает необходима некоторая подготовка для того, чтобы быстро вычленять из потока поведения нужные элементы, не путать их. Методика считается освоенной, если пользуясь ей наблюдатель не испытывает затруднений и легко добивается однотипных по форме записей. Если в работе участвуют несколько наблюдателей, то возникает дополнительная, довольно сложная, задача согласования их "видения животного". Наблюдая одновременно за одним и тем же животным, по одной и той же методике, наблюдатели затем сравнивают свои записи. Обычная формула для вычислений согласованности:  $\frac{\% \text{согласованности}}{(\text{совпадения} / (\text{совпадения} + \text{несовпадения})) \times 100}$ . Согласованность считается вполне приемлемой, если не менее 80% всех сделанных записей совпадают по форме, по содержанию и по временным показателям. Если это не так, то наблюдатели продолжают совместные наблюдения за одним и тем же объектом, пока не добьются необходимого уровня согласованности. (Заметим, что работу по согласованию наблюдателей очень удобно проводить, имея короткий кино- или видеофильм с отснятым поведением нужных животных).

Если количество наблюдателей велико, то оценка согласованности между ними может стать серьезной проблемой. В этой ситуации можно оценить вариабельность между разными наблюдателями и сравнить ее с собственной вариабельностью регистрируемого поведения. Если вариабельность поведения окажется выше, то это будет косвенно свидетельствовать о достаточно высокой согласованности (Ralls, Lundrigan, Kranz, 1983). Мартин и Бэйтсон (Martin, Bateson, 1993) и Каро (Caro et al., 1979) обсуждают различные факторы, влияющие на согласованность и технику достижения согласованности.

Помимо освоения методики наблюдений в течение подготовительного этапа необходимо постараться побольше узнать о животных - объектах наблюдений (если работа проводится в зоопарке, то узнать происхождение, возраст, историю жизни); а также освоить технические средства (магнитофон, фотоаппарат, видеокамеру), если они применяются.

Полезно бывает провести предварительный анализ после нескольких первых наблюдений, и определить можно ли ответить на все вопросы исследования пользуясь выбранным методом сбора данных, а так же уточнить формулировки проверяемых гипотез.

### **1.6. Проведение наблюдений.**

Все детали, относящиеся к технике наблюдений, описаны в главе, посвященной методам. Здесь мы хотели бы сделать лишь несколько общих замечаний.

Во время наблюдений старайтесь не привлекать к себе внимание животного. Если же, тем не менее, присутствие наблюдателя явным образом влияет на поведение животного, то отмечайте это в записях.

Если в ваши задачи не входит описание ритмики активности, то старайтесь наблюдать в часы наибольшей активности животных.

Избегайте больших перерывов в наблюдениях - важно, чтобы в течение всего периода наблюдений на животное смотрели "одними глазами" .

Соберите ровно столько данных, сколько необходимо для проверки вашей гипотезы и остановитесь.

Наконец, помните, что отличающее профессиональных этологов умение "видеть" животное не может быть приобретено в результате прочтения той или иной литературы, а лишь только по мере накопления собственного опыта обдумываемых наблюдений.

Ниже мы приводим таблицу, заимствованную из работы Каролин Кроккет (1996), в которой приводятся основные термины, употребляемые при описании этологических методов, и разъясняется значение этих терминов. Для облегчения самостоятельной работы читателей с англоязычной литературой мы сохранили в таблице и английское написание терминов.

Таблица 1. Термины, употребляемые при сборе поведенческих данных. (Crockett,1996)

Термин	Определение
Событие (Event)	Проявление или четко определенное начало любой формы поведения; форма поведения, имеющая длительность; моментальный срез поведения (Sackett,1978)
Состояние (State)	Проявление формы поведения, имеющей измеряемую длительность или любое поведение в данный момент времени.
Длительность (Duration)	Продолжительность состояния во времени.
Момент изменения (Transition time)	Время начала или прекращения поведенческого проявления; момент перехода от одного состояния к другому.
Встречаемость (Frequency)	Количество проявлений; может относиться к событиям или к состояниям (см. "последовательность"). Постарайтесь не путать с другими случаями, когда "встречаемость" означает "частота" (встречаемость в единицу времени, см.ниже), например частота радиоволн.
Последовательность (Bout)	Однократное проявление формы поведения, имеющей длительность или поведенческой последовательности (например, игровая последовательность)
Частота (Rate)	Частота (количество проявлений) в единицу времени, подразумевает, что известна длительность единичного наблюдения Частоту чаще всего употребляют и интерпретируют, пересчитав в привычную размерность: частота в час
Исчерпывающий (Exhaustive)	Таксономия поведения, охватывающая все формы. Состояние объекта фиксируется всегда, даже как "неактивный", "прочее" или "не виден".
Взаимоисключающий (Mutually exclusive)	Регистрируемые категории не перекрываются, объект не может быть описан, как проявляющий более одной формы одновременно

### 1.6.1. Общие принципы и конкретные приемы ведения записей наблюдений.

В зависимости от поставленных задач, а также от выбранной методики, можно использовать разные формы ведения записей. Более того, при проведении наблюдений непрофессионалами обычны ситуации, когда наблюдают "просто так", "для себя", не преследуя никаких целей и не придерживаясь определенной методики. Однако, и такие наблюдения могут иметь определенную научную ценность, если при их проведении соблюдалась некоторая сумма обязательных формальных правил.

Во- первых, необходимо так строить записи, чтобы каждым протокол наблюдения был снабжен следующей информацией: 1) дата наблюдения (с указанием года), 2) время начала и время конца наблюдения 3) место наблюдения (если речь идет о зоопарке, то нужны данные, позволяющие установить в какой, конкретно, вольере или клетке сидело животное в момент наблюдений), 4) условия наблюдения (температуру, а если животное находится на улице, то и ветер, облачность, осадки; наличие и количество людей у

вольеры, общее состояние животного к началу наблюдения - нормально, малоактивно, взволновано, больно и т.д.), 5) достаточно подробные данные о животных-объектах наблюдений (вид, пол, кличка и/или номер), 6) фамилия и подпись того, кто проводил наблюдения. Если наблюдения ведутся на отдельных листах, то вся информация должна быть на каждом листе, если запись идет в журнал, то данные, общие для всех наблюдений, так же, как и применяемые сокращения, можно вынести на титульный лист.

Второй, весьма сложный вопрос - это однозначность записей: записи должны отражать объективные изменения внешнего состояния животного, при этом одинаковые внешние проявления должны быть во всех случаях одинаково отражены в записях. Чтобы проиллюстрировать это положение приведем пример. Допустим, что для обозначения позы льва, лежащего, положив голову на лапы и прикрыв глаза, наблюдатель использует три выражения: "Лев лежит", "Лев спит", "Лев" отдыхает". При внешней схожести эти записи обозначают совсем не одно и то же. В первом случае речь идет о позе животного, т.е. о его положении в пространстве, которое регистрируется совершенно объективно; второе высказывание характеризует физиологическое (или психическое) состояние животного, здесь возможны как объективные (в очевидных случаях), так и субъективные оценки; наконец, третья фраза заключает в себе предположение о причинах, по которым животное проявляет те или иные формы поведения, понятно, что все предположения такого рода носят чисто субъективный характер. Если к тому же наблюдатель каждый раз пишет то, что кажется ему наиболее подходящим, то затем, желая выяснить, как часто лев проявляет то или иное состояние, наблюдатель в действительности узнает лишь то, как часто это ему казалось. Кроме того, никакое количественное сравнение частот проявлений столь разноплановых элементов (которые в данном случае полностью взаимоперекрываются) вообще не может быть оправдано.

Ситуация ещё более осложняется, если наблюдатель применяет оценки 2-го и 3-го рода, не будучи в состоянии понять суть происходящего явления. Например, человек, незнающий что широкое открывание пасти - "зевание" - у обезьян - признак агрессивного настроения, по всей видимости, расценит эти действия по аналогии с человеческим зеванием, как признак состояния сонливости.

Поэтому мы рекомендуем пользоваться оценками первого рода - объективными описаниями расположения тела животного и отдельных его частей в пространстве, избегая субъективных толкований.

Третье. В записях, особенно если они носят дневниковый характер, наряду с непосредственными наблюдениями часто встречаются предварительные обобщения, сведения о поведении животных, сообщенные другими лицами (например, в зоопарке - рабочими по уходу). Необходимо строить запись так, чтобы при прочтении было однозначно ясно, что человек видел сам, что ему рассказали, а что является результатом его размышлений.

Наконец, четвертое. Записи должны быть сделаны достаточно аккуратно, чтобы их легко можно было прочесть, все условные обозначения (значки, буквы) нужно расшифровать. Выполнить это требование можно лишь в том случае, если после каждого наблюдения расшифровывать его, переписывать набело. Мы считаем, что хранение наблюдений в виде черновиков недопустимо также и потому, что наблюдения должны быть надежно застрахованы от утери, т.е. дублированы.

Последнее в особенности относится к случаям применения этологических методик наблюдения, позволяющих проводить количественную обработку материалов. Наблюдать за поведением - это значит отмечать изменения во внешнем состоянии животного. Эти изменения могут быть чрезвычайно многообразны (в принципе любое, самое незначительное движение - изменение внешнего состояния). Например, кошка вздыбила шерсть - изменение; вздыбила шерсть, изогнула спину, прижала уши, оскалилась и шипит (все это вместе можно назвать "приняла угрожающую позу") - тоже изменение; и наконец, все действия той же кошки во время драки с другой кошкой (а в эти действия входит и "вздыбленная шерсть", и "поза угрозы" и многое другое), если сравнить их с состоянием

животного до встречи с особью своего вида, - тоже изменение. Этот пример демонстрирует возможность описания поведения на различных уровнях - от элементарных движений отдельных частей тела до сложных и длительно развертывающихся поведенческих ансамблей (например, репродуктивное поведение колюшки включает постройку гнезда, его охрану, привлечение самки, ритуал ухаживания, оплодотворение икры и т.д.). На каком уровне проводить описание - это зависит от задач исследования, от поставленных перед собой вопросов, однако для того, чтобы было возможно количественное сравнение полученных результатов между собой, все единицы поведения, используемые при описании действий животного, должны иметь одинаковую размерность, т.е. одни из них не должны входить в другие в качестве составных частей (как, например, "вздыбливание шерсти" входит в "позу угрозы").

Наиболее распространенный способ описания действий животного - с помощью условных значков или кодов, каждый из которых соответствует одному из выделенных элементов этограммы. При разработке значковой системы следует выбирать простые, легкие для написания символы. Существенно повышает возможности записи использование дополнительных служебных значков (например, двойное подчеркивание значка обозначает обоюдную направленность действий, вопросительный знак после значка действия - неудачную попытку совершения этого действия; восклицательный знак - принудительный характер действия по отношению к реципиенту и т.п.).

Продуманный порядок записи позволяет быстро, компактно и удобно для последующего считывания "укладывать" информацию. Например, в начале записи указывают время начала действия, затем - его инициатора (№, буквенный индекс, кличка или иное краткое обозначение конкретного животного). Далее - условные обозначения действий в их естественной последовательности; после описания действий указывают объект, на который они были направлены (в случае социальных взаимодействий, где преимущественно применяется такая форма записи, - обозначение животного-реципиента), заключает запись время конца действия.

Наряду с условными значками для записи поведения при различных схемах сбора данных применяются буквенные или числовые коды. Если число выделяемых форм поведения невелико, то можно просто кодировать каждую форму одной-тремя буквами или цифрами. Если фиксируется много форм поведения (и требуется запомнить много кодов), то надежность повышают, используя мнемонические аббревиатуры ("ГР"= груминг, "ПР"= приближение) или разрабатывают схему кодировки, в которой первая буква или цифра обозначает общую категорию, а вторая - конкретную форму поведения ("ЛХ"= локомоция-ходьба, "ЛП"= локомоция-прыжки, "РГ" - прикосновение руками-груминг, "РУ"= прикосновение руками-удар). Система кодов, как правило оказывается более громоздкой, чем система условных значков, зато она не требует специальной трансформации для компьютерной обработки материалов (при условии, что разрабатывая систему кодов, исследователь учитывает возможности доступных компьютеров и имеющихся программ).

Как при использовании значковой системы, так и при текстовой записи следует каждую новую запись начинать с новой строки, - это облегчает последующее прочтение и обработку.

Иногда для фиксации наблюдений используют запись на диктофон (магнитофон). Это позволяет не отрываясь фиксировать взглядом животное. Такая форма регистрации имеет и свои сложности. Во-первых, наблюдения с диктофоном оказываются практически невозможными в тех случаях, когда животное совершает действия быстрее, чем человек-наблюдатель произносит названия этих действий. Наблюдатель просто не успевает говорить. Во-вторых, наблюдателю, использующему диктофон, необходимо освоить четкий, формализованный язык наблюдений; говорить внятно, с "рубленными" началами и концами фраз (последнее необходимо, чтобы по магнитофонной записи можно было бы восстановить временные параметры наблюдавшегося поведения). При работе с диктофоном не забывайте перед каждым наблюдением наговаривать необходимые

вводные данные (такие же, как и при обычном наблюдении). В-третьих, магнитофонные записи необходимо расшифровывать и переписывать в дневник наблюдений, при этом времени на расшифровку затрачивается приблизительно в два раза больше, чем на сами наблюдения.

Ещё одно замечание, относящееся к любой форме фиксации наблюдений. В графе "начало и конец наблюдения" обычно отмечают время, в течение которого наблюдатель смотрел в вольеру или клетку, где содержится животное. Между тем, часть этого времени животное могло прятаться в укрытии, или по иным причинам быть недоступно для наблюдателя. Если оценка частот или долей форм поведения основана на длительности только тех наблюдений, когда объект был в поле зрения наблюдателя, то важно учитывать возможность того, что когда животное скрывается из поля зрения, у него могут изменяться частоты проявления различных форм поведения, или проявляться другие, нежели "на виду" формы поведения. Многие зоопарковские вольеры имеют как закрытые, так и открытые части. Исследователь должен понаблюдать в обеих частях прежде, чем сделать заключение о том, что поведение в закрытой части такое же (или не такое же), как в открытой. Если различий нет, то можно подсчитывать частоты на основе всего времени наблюдений. Другая ситуация, когда у животного в вольере имеется нора или гнездовой ящик, в котором оно невидимо для наблюдателя, но где возможно проявление лишь немногих форм поведения. В этом случае можно объединить все время наблюдения, введя дополнительную форму поведения: "в укрытии". Аналогично, в вольерах, имитирующих естественную среду, поведение некоторых животных может отмечаться, как "нет в поле зрения" когда они лежат, скрываясь в высокой растительности. Если при этом при обработке учитывать только время, когда животное "видимо", получится завышенный процент "активного" поведения. Результаты такого исследования могут, следовательно, включать категорию "доля времени отсутствия в поле зрения", которая для некоторых форм анализа объединяется с формой "доля времени отсутствия активности".

#### **1.6.1.1. Способы фиксации данных**

Есть много способов зафиксировать данные, и эти способы различаются по своим возможностям, легкости использования, стоимости, и времени на обработку. Например, аудио- кино- и видеозапись требуют на обработку по крайней мере вдвое больше времени, чем на наблюдения.

Однако, точная визуальная запись всех событий, позволяющая проводить последующий анализ, удобна для регистрации быстротекущих и/или сложных форм поведения, а так же поведенческих последовательностей. Появление систем дистанционного наблюдения позволяет фиксировать все, что происходит в помещении в течение суток в отсутствие наблюдателя (что в ряде случаев может оказаться принципиально важным), и затем обрабатывать собранный материал, имея возможность многократно его просматривать. Однако этот метод несет в себе искушение собрать слишком много данных и важно помнить, что просмотр видеозаписей отнимает очень много времени, а ограниченные возможности носителей требуют очень жесткого графика обработки.

Современное развитие компьютерной техники дало возможность применять персональные компьютеры в качестве нового приспособления для фиксации данных. Обычно используются компактные компьютеры, запрограммированные так, что нажатие каждой клавиши учитывается, как проявление соответствующей этой клавише формы поведения. Такая форма фиксации имеет следующие преимущества: автоматически подсчитывается длительность состояний, можно легко вычленять и фиксировать сложные последовательности поведения, данные сразу оказываются в компьютере и их можно анализировать. Большинство недостатков этого метода фиксации были связаны с работой конкретных компьютеров и с конкретным программным обеспечением, однако новые программы, специально разработанные для этологических исследований (такие,

например, как имеющаяся в свободном доступе в Интернете программа *Etholog* - <http://www.ip.usp.br/ebottoni/EthoLog/ethohome.html> ), решили подобные проблемы.

Компьютерный метод фиксации, вероятно, следует выбирать в тех случаях, когда собирают очень большие объемы данных или требуется тонкий временной анализ поведенческих последовательностей. Однако для решения многих задач прекрасно подходят обычные регистрационные таблицы, которые заполняют карандашом на бумаге.

### ***Использование регистрационных таблиц.***

Очень часто можно существенно облегчить как наблюдение, так и последующую обработку, применяя заранее заготовленные таблицы, матрицы и т.п., которые заполняют в процессе наблюдения. Главное в контрольных таблицах – это разграфленная сетка, в структуру которой заложен определенный метод наблюдения. Например, колонки могут обозначать различные категории поведения, а строки - выполненные «пробы» поведения. Закончив регистрацию очередной «пробы» (например очередной временной срез), наблюдатель переходит к следующей строке контрольной таблицы (к следующему временному интервалу наблюдений). Колонки, обозначающие связанные между собой категории поведения лучше размещать в контрольной таблице друг около друга. Взаимно исключающие и исчерпывающие системы регистрации требуют отдельных столбцов таблицы для регистрации ситуаций, когда объект (1) вне поля зрения (и где он, если это возможно определить) или (2) когда объект делает что-то неопределенное. Полезно вводить колонку «комментарии» (отдельное место для комментариев по каждому временному интервалу), или оставить место для комментариев внизу таблицы чтобы отмечать там неожиданные события. Для сокращения числа колонок несколько форм поведения можно фиксировать разными символами в одной колонке; например, пять разных типов вокализаций могут регистрироваться в одной колонке «вокализации» с помощью цифр от 1 до 5. Не следует забывать, что данные из контрольных таблиц придется извлекать для анализа, поэтому таблицу следует организовывать так, чтобы максимально облегчить эту процедуру. Наконец, нелишне напомнить, что, как и любой другой протокол наблюдений, каждая таблица должна начинаться с полной информации об условиях наблюдения (дата, время, погода, номер таблицы, имя наблюдателя, использованное оборудование, место наблюдения, номер животного и т.п.).

Прежде чем составлять окончательный вариант таблицы, полезно опробовать в работе предварительную версию. Широкие поля таблиц дают гарантию, что важная информация не будет потеряна при копировании, отступ слева позволит подшивать таблицы в папки-скоросшиватели. Формат регистрационных таблиц выбирают в зависимости от метода регистрации, фиксируемой информации, числа объектов, длительности периода наблюдений и метода обработки (вручную или на компьютере). Например, относительно более обычные формы поведения могут располагаться в левой части таблицы, а редкие формы - в правой части. Или закодированные названия форм поведения могут быть расположены в алфавитном порядке. В таблицу можно включить суммарные колонки и ряды, чтобы облегчить подсчет и анализ данных. Убедитесь, что клетки таблицы достаточно велики чтобы вместить максимально возможные при выбранной форме регистрации записи и делайте число колонок с запасом.

Как уже говорилось, обычный формат регистрационной таблицы представляет формы поведения как колонки, а временные интервалы - как строки (Рис 1.). Регистрируя поведение, делают отметку в соответствующей клетке или вписывают код объекта действий (реципиента социального взаимодействия), или отмечают местоположение фокального животного. Такой формат подходит для временных срезов и для сплошного протоколирования частот проявления форм поведения, когда последовательность действий не важна (длительность отдельных форм поведения можно зафиксировать с помощью секундомера и отметить в колонке примечаний).

При регистрации непрерывных поведенческих последовательностей коды инициатора, формы поведения и реципиента записывают в том порядке, в котором они



проявляются, используя первую колонку для отметки времени начала заполнения следующей строки.

*Дата: 10/2/86 Вид: L.cata Объект: Фред Наблюдатель: ВАМ*

*Время начала: 09.00 Помещение: на улице Погода: солнечно, 5 С°*

Интервал	Пов.1	Пов.2	Пов.3	Пов.4	Пов.5	Пов.6	Прочее	Не виден	Примечания
0:00:15	1								
0:00:30	1								
0:00:45		1							
0:01:00						1			
0:01:15								1	
0:01:30								1	
0:01:45								1	
0:02:00				1					
0:02:15	1								
0:02:30	1								
0:02:45							1		
0:03:00			1						
0:03:15			1						
0:03:30			1						
0:03:45	1								
0:04:00	1								
0:04:15	1								
0:04:30		1							
0:04:45		1							
0:05:00	1								
Всего:	8	3	3	1	0	1	1	3	20
Процент:	40	15	15	5	0	5	5	13	100

Регистрационная таблица, основанная на временных интервалах, рассчитанная на 8 взаимоисключающих и исчерпывающих поведенческих категорий. При сканировании отмечают поведение, которое было в момент начала интервала - только одна отметка в ряду (как на рисунке). При методе "Данет" отмечают единицей все формы поведения, проявившиеся в данном интервале.

Рисунок 1. Общая таблица для регистрации временными срезами (из Crockett, 1996)

Другой формат для записи данных - таблицы в форме матриц. Например, в столбцах отмечают разные формы поведения, а в строках - разные местоположения объекта. Каждая матрица может применяться для одного животного и для наблюдений фиксированной продолжительности, а может использоваться и для всех животных в вольере, если отмечают их индивидуальные коды. Сумма по столбцу даст встречаемость данной формы поведения, а сумма по строке - использование данной точки пространства. (Рис.2). При таких наблюдениях удобно использовать простую и эффективную, так называемую "библиотечную" систему учета:

• 1    • 2    • 3    • 4    • 5    • 6    • 7    • 8    • 9    • 10

и т.д. Этот способ записи занимает сравнительно мало места, (что бывает очень важно) и позволяет легко считывать конечную цифру.

Матричные таблицы можно использовать для временных срезов, отмечая в каждом срезе только одну форму поведения или для сплошного протоколирования встречаемости форм поведения (или поведения в разных точках пространства).

Дата: 15/12/83 Вид: *U.maritimus* Объект: Север Наблюдатель: ОГИ  
 Время начала: 11.00 Помещение: на улице Погода: солнечно, -15 С°

	Нормальная двигательная активность	Стереотипия	Попрошайничество	Отдых	Всего
Зона 1	☒☒•	☒☒☒:	☒☒☒☒		93
Зона 2	•				1
Зона 3	☒			☒:•	23
Зона 4				☒☒	20
<b>Всего</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>40</b>	<b>33</b>	<b>137</b> <b>137</b>

Рисунок 2. Таблица для анализа использования вольеры белым медведем

Для записи всех взаимодействий составляют матрицу, в которой по горизонтали отмечают инициатора, а по вертикали - реципиента взаимодействий; используя сплошное протоколирование, делают отметки в соответствующих клетках, вне зависимости от того, в какой момент состоялось взаимодействие. (Рис.3).

Дата: 15/12/93 Вид: *M.libycus* Объект: Группа №4(2.2) Наблюдатель: СВП  
 Начало: 19.00 – Конец: 23.15 Помещение: вольера 15А, «Ночной мир»

	M1	M2	F1	F2	Всего направлено
M1		☒☒•	••	!:	28
M2					0
F1		☒:•		☒	23
F2	☒		☒☒☒☒		46
Всего иницировано	7	34	41	15	97/97

Таблица для регистрации взаимодействий одного типа (в данном случае – агрессивных) внутри группы животных. В столбцах – инициаторы, а в строках – реципиенты контактов. С использованием «библиотечной» системы регистрируются все агрессивные акты за период наблюдений, порядок актов и промежутки между ними не учитываются. Для регистрации других типов взаимодействий требуются другие таблицы.

Рисунок 3. Таблица для анализа агрессивных взаимодействий в группе песчанок.

В ряде случаев оказывается необходимым наблюдать несколькими методами одновременно (например, сочетать непрерывное описание поведения одного животного с периодическими регистрациями местоположения всех членов группы). Подобные задачи можно решать, используя специальные «смешанные» таблицы. При этом данные о событиях (не имеющих длительности) записывают в столбцах в левой части таблицы, а данные о состояниях (имеющих длительность) - в правой (Рис.4).

Дата: 10/8/86 Вид: Гамадрил Наблюдатель: ЕВЗ

Время начала: 08.00 Помещение: внешняя вольера №6 "Обезьянник" Погода: облачно, 18С°

интервал	объект	Временные срезы			Непрерывная регистрация социальных контактов					примечания
		местоположение	ближайший сосед	форма поведения	Агресс.	Полов.	Чистки	Игра	Прочее	
:00	A	1	B	СОЦ		B,B	B			2 садки
	B	1	A	СОЦ						
	C	4	D	нв						в укрытии
	D	4	C	нв						в укрытии
0:05	A	2	B	ДВ					C	обнюхивание
	B	1	A	ЕСТ						
	C	3	B	НПД						
	D	4	B	нв						в укрытии
0:10	A	2	D	СОЦ	D					драка с D
	B	2	A	ДВ	A			D		игра с D
	C	?	?	нв						
	D	2	A	СОЦ				B		
0:15	A	1	B	ЕСТ						
	B	3	D	СОЦ				D		все еще игра
	C	?	?	нв						
	D	3	B	СОЦ				B		все так же.

Таблица для регистрации смешанных данных по трем конкурирующим категориям, попадающим в "срезы" и по непрерывным наблюдениям за социальными взаимодействиями. Временные срезы берутся в начале каждого интервала, а непрерывные наблюдения фиксируют в течение интервала. Длительность периода наблюдений для данной таблицы - 20 минут.

нв - не виден.; СОЦ.- социальный контакт; ДВ – движется; НПД – неподвижен; ЕСТ – ест.

В столбцах непрерывной регистрации отмечают объекты контактов.

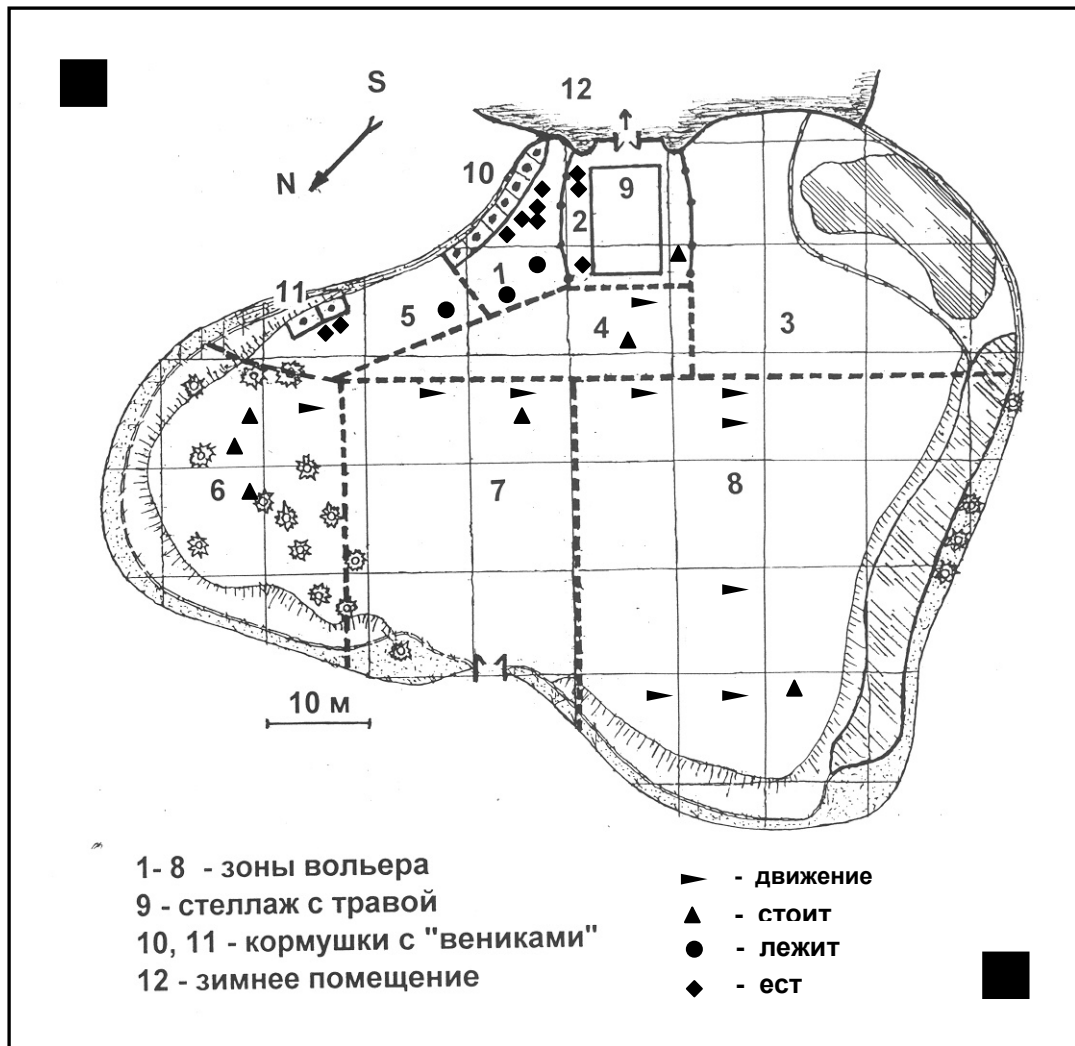
Рисунок 4. «Смешанная» таблица регистраций группы из 4-х гамадрилов (из Crockett, 1996, с изменениями).

Метод смешанных регистраций позволяет фиксировать местоположение объекта, ближайшего соседа и основные формы поведения по результатам "временных срезов"; а данные о встречаемости событий или взаимодействиях - на основании сплошного протоколирования. Например, во временной срез может попасть категория "социальное поведение", тогда как по результатам параллельных непрерывных наблюдений будут отмечены проявленные в ходе взаимодействия конкретные формы поведения, инициатор и реципиент. Другая возможность - наблюдать за фокальным объектом, чередуя объекты случайным образом и регистрируя их поведение методом сплошного протоколирования; а между периодами фокального слежения проводить "временной срез" всех объектов (фиксируя их местоположение и тип общей активности).

#### **Схемы и планы.**

Различного рода данные можно фиксировать, используя планы или схемы помещений с животными (это хороший метод, когда не ясно заранее, какие части вольеры окажутся важными для анализа). На расчерченной по квадратам схеме вольеры можно фиксировать местоположение каждого животного, используя метод сканирования. Впоследствии, обрабатывая такие бланки, можно рассчитать индивидуальные дистанции и определить предпочитаемые места вольеры. Удобно отмечать местоположение особи значком, который кодирует ее активность в данный момент. Это дает возможность при обработке подсчитать бюджет времени и то, как каждый тип активности распределен в пространстве вольеры (Рис.5). Надо, однако, учитывать, что подобный способ фиксации данных исключает информацию о временной последовательности действий объекта наблюдения. Если наблюдение ведется за 2-3(но не более) животными одновременно, то

можно кодировать разных особей цветом или штриховкой условных значков, обозначающих поведенческие категории, характеризующие поведение. Пользуясь этим методом, удобно иметь на жестком планшете ярко вычерченную схему и наблюдать, накладывая на этот планшет и закрепляя на нем очередной лист кальки. Важно не забывать отмечать на каждом листе две «контрольные точки», позволяющие впоследствии разместить лист на планшете точно таким же образом, как и при наблюдении, а так же позволяющими совмещать при обработке разные листы (на Рис.5 – черные квадраты в углах листа), а так же наносить на каждый лист кальки всю стандартную для протокола наблюдения информацию (на рисунке 5 отсутствует).



На схеме дан пример наблюдения за одним животным в течение 30 минут методом «Временных срезов» с промежутками в 1 минуту. Каждому срезу соответствует один значок формы активности.

Рисунок 5. Схема вольеры, использованная для изучения поведения жирафов в Московском зоопарке (из работы Е.В.Зубчаниновой – Зубчанинова, 2007)

#### **Таблицы данных и компьютерный анализ.**

В тех случаях, когда предполагается компьютерная обработка данных, занесенных в таблицы, можно регистрировать данные карандашом на бумаге, но представляя при этом компьютерную форму таблиц (например, в программе Excel). Электронные таблицы данных могут предусматривать автоматическое суммирование столбцов и строк, подсчет процентов и другие расчеты. Данные, записанные карандашом, затем переносят в файл с электронными таблицами, где все статистики будут подсчитываться автоматически. В то же время некоторые первичные расчеты оказывается легче провести вручную и затем ввести в электронную таблицу уже подсчитанные суммы, по которым потом рассчитывать в таблице, проценты, доли, встречаемость и другие статистики.

Если данные, зарегистрированные вручную, предполагается обрабатывать одним из основных статистических пакетов, таких как Statistica, SPSS или SAS (смотри Tabachnic & Fidell, 1989), то при построении таблиц надо иметь в виду, что компьютерные программы могут легко подсчитывать встречаемость, например определенной формы поведения в репертуаре определенного инициатора, выбирая из столбца нужные данные. Некоторые компьютерные статистические программы имеют ограничения на количество столбцов и строк, которые могут быть подвергнуты подобному анализу (перекрестной табуляции) - например, 10 строк (формы поведения) и 10 столбцов (животные-инициаторы) - так что при записи или при анализе приходится дробить общий массив данных. Новые, более мощные программы лишены этих ограничений, и выбирая программу надо тщательно продумать эти вопросы.

#### 1.6.1.2. Режим наблюдений

При планировании исследования необходимо решить вопрос - *когда* наблюдать. Если исследователь интересуется изменениями поведения в течение определенного времени, то необходимо равномерно распределять наблюдения по всем временным периодам, входящим в этот интервал. Если предварительными наблюдениями показано, что животное не активно в определенное время суток, то этот период можно исключить из наблюдений. Исследователь, которого интересуют лишь определенные формы поведения (например, игры), и который в ходе предварительных наблюдений выявил приуроченность этих форм поведения к определенному времени суток, может сосредоточить свои наблюдения именно на этих часах. Круглосуточные наблюдения необходимы при изучении родов и других событий, точное время наступления которых невозможно предсказать заранее (Fitch, 1986). Наблюдая ежедневно в одно и то же время можно избавиться от влияния времени суток, но это не позволяет распространить выводы на остальное время дня, если только предварительно не был проведен анализ суточной активности.

Для того, чтобы избежать субъективности наблюдателя, порядок, в котором просматриваются фокальные объекты или местоположения в течение периода наблюдений должен быть случайным или сбалансированным. Однако, имея в виду природу зоопарковских условий и распорядок дня наблюдателей, многие из которых сотрудники зоопарка или студенты, время наблюдений едва ли возможно выбирать случайным образом. В таких условиях важнее, чтобы наблюдения были "сбалансированы", т.е. чтобы в каждый из выделенных периодов времени было бы проведено равное число наблюдений. Если для наблюдений выбрано несколько периодов в течение дня, и при этом есть возможность наблюдать ежедневно только один раз, то нужно избегать проводить два наблюдения подряд в одно и то же время; это предотвратит искажения, вызванные неравномерным воздействием погоды или других факторов, которые могут исказить закономерности, обусловленные временем суток. Для потенциальных ошибок такого рода не возникает возможности, если все объекты наблюдаются в течение всего дня. Если наблюдения в течение всего дня невозможны, то равномерно распределенные наблюдения (например, каждый третий день) обеспечат "сбалансированность" (если конечно нет циклов поведения, совпадающих с выбранным интервалом). Упорядочивание периодов наблюдений, проведенное заранее, избавляет от "шероховатостей" в работе, особенно если методика допускает последующую коррекцию неравных периодов наблюдений.

Для того, чтобы изучать происходящие день ото дня изменения в поведении, такие как поведенческие корреляты стадий эстрального цикла или развитие молодняка, необходимо фиксировать события ежедневно или почти ежедневно.

Продолжительные исследования (например, развития) ставят вопрос о том, как часто надо наблюдать, чтобы результаты можно было обобщать и в то же время чтобы исследование было практичным с точки зрения временных и других затрат.

Кремер с соавторами предложили пространственно-временной режим наблюдений, который позволяет свести к минимуму как ошибки метода, так и трудоемкость исследования (Kraemer et al., 1977). В своем проекте они обосновали, что оптимальная стратегия - наблюдать за каждой самкой с детенышем шимпанзе *Pan troglodytes*, три раза в неделю по 30 минут в три разных дня и в разное время (утром, днем, вечером). Решая аналогичную задачу при обследовании млекопитающих Московского зоопарка на подверженность стереотипии, мы разработали специальную схему регистраций, описанную ниже в качестве примера применения метода «Временных срезов».

### **1.7. Выбор методов обработки и составление схемы обработки собранного материала.**

Приступая к выбору методов обработки материала необходимо ещё раз рассмотреть вопросы исследования, ещё более упростить их, приведя к виду: "Сколько?", "Как долго?", "Как часто?", "Кто больше?", "Кто дольше?", "Кто чаще?" Такой перечень вопросов сам по себе делает понятным, что необходимо подсчитывать: число случаев проявления тех или иных форм поведения, длительность этих проявлений или какие-то другие показатели. Этот подсчет, перевод сделанных Вами наблюдений на язык цифр, - наиболее тяжелый, трудоемкий этап обработки материалов, а возможно и всей работы. Рекомендуется не откладывать первичную обработку до окончания всех наблюдений, а проводить после каждого наблюдения его обработку. Если это удастся, то выигрыш бывает весьма велик: во-первых, наличие в цифровом выражении данных по каждому дню наблюдений отдельно дает дополнительные возможности анализа динамики поведенческих процессов (если иметь дело с полным массивом наблюдений, то подсчет отдельно по каждому дню сильно затрудняет работу); во-вторых, первичная обработка позволяет по ходу наблюдений корректировать поставленные вопросы, в-третьих, выполнение обработки небольшими компактными кусками дается значительно легче, чем многократный просмотр в процессе обработки полного объема материала.

Для составления схем обработки сначала выбирают методы статистического анализа (этим методам в нашем пособии посвящена специальная глава). Методы должны давать ответы на сформулированные вопросы, при этом предпочтительнее более простые и менее трудоемкие методы. Выбрав все необходимые методики, выпишите соответствующие формулы и внимательно рассмотрите их. В тех случаях, когда используемые в формулах переменные получаются в результате каких-либо действий с обработанными данными, разложите такие переменные на простые составляющие (например: среднюю ( $M$ ) нужно представить, как сумму значений, деленную на число замеров ( $\sum x/n$ ). После этой операции станет ясно, какие данные должны быть получены при обработке материала.

Дальнейшее построение схемы обработки сводится к тому, чтобы выбрать такие формы и приемы фиксации результатов обработки, которые позволили бы наименьшее число раз просматривать протоколы наблюдений. Например, если первой по логике исследования встает задача оценить встречаемость какого-либо поведенческого акта в группе животных, то при обработке достаточно пересчитать все случаи фиксации этого акта, независимо от того, у каких животных он проявлялся. Однако, прежде, чем проделать эту процедуру полезно подумать, не возникнет ли позже задача сравнить по частоте проявлений этого же акта каких-либо животных группы, или иная задача, требующая оценки встречаемости этого акта у каждого члена группы. Если такие задачи могут возникнуть, то безусловно целесообразно обрабатывать материал так, чтобы сразу получать оценки для каждого животного, а затем простыми арифметическими манипуляциями выводить общие оценки для всей группы.

### 1.8. Обработка результатов наблюдений.

Обработка результатов наблюдений складывается из двух этапов:

1). Первичная обработка, при которой из протоколов наблюдений получают все количественные оценки поведения, необходимые для проверки гипотез исследования; 2). Статистическая обработка - проверка гипотез с помощью методов статистического анализа. Кроме того, для обдумывания результатов часто бывает полезно, а иногда и совершенно необходимо, представить свои данные в каком-либо наглядном выражении - в виде графика, диаграммы и т.п. (часто с этой целью данные наносят на график, в качестве осей которого выступают выбранные переменные).

Задача первичной обработки - сконцентрировать результаты, сделать их доступными для осмысления и дальнейшей обработки, однако, при первичной обработке нельзя забывать и о значении единичного факта - порой решающее значение может иметь одно единственное наблюдение, демонстрирующее принципиальную возможность какого-либо события. Поэтому полезно, закончив первичную обработку какого-либо массива данных, написать краткое не формализованное резюме, изложить, что в просмотренном материале привлекло внимание и почему. Проводить первичную обработку можно либо каждый раз, как возникнет необходимость оценить тот или иной показатель: просматривать все протоколы наблюдений, выбирая из них только данные, относящиеся к этому показателю (например, если требуется сравнить среднюю продолжительность непрерывного сна животных А, В, С, то выбрать из наблюдений длительности всех отрезков непрерывного сна животного А и количество таких отрезков; затем, просмотрев протоколы ещё раз, получить аналогичные данные о животном В и т.п.); либо сразу же, при первом просмотре протоколов наблюдений, выписывать всю необходимую информацию (а какая информация необходима должно стать ясно на этапе обдумывания схемы обработки материала). В последнем случае экономится много времени, однако такой способ обработки требует чрезвычайно большого напряжения внимания и в большей степени, чем первый способ, чреват ошибками. В любом случае, прежде чем просматривать протоколы необходимо подготовить "место" для записей - соответствующие бланки, таблицы, социометрические матрицы и т.п. Без этого путаница становится почти неминуема. Из соображений удобства (чтобы не перебирать кроме протоколов, ещё и кипу "бланков", если, например, необходимо посчитать встречаемость 30 форм поведения у каждого из 20 животных группы), надо стремиться к таким формам записей, которые занимают минимум места (обычно это матрицы или таблицы). При подсчете пользуются описанной выше "библиотечной" системой. Часто начинающие, проводя первичную обработку, отмечают нужные события палочками или точками, избегайте этого - мало того, что подобная форма записи занимает слишком много места, ещё и пересчет нескольких сотен палочек или точек, как правило, сопровождается большим количеством ошибок.

Процедура первичной обработки существенно облегчается с применением компьютеров и, в частности, электронных таблиц (в первую очередь Excel). Организуя такие таблицы иногда бывает удобнее просто копировать в них данные наблюдений, используя возможности компьютерных программ для автоматического подсчета нужных показателей.

Хранить и просматривать протоколы наблюдений следует в хронологическом порядке. При обработке следите за тем, чтобы не перепутались просмотренные и не просмотренные листы. Старайтесь не делать перерывов, не просмотрев протоколы до конца, и уж ни в коем случае не прерывайтесь, не закончив просматривать лист протокола. Временно прекращая обработку протоколов, полезно делать краткую запись, которая в последствие позволит быстро вернуться к прерванной стадии работы. Если помимо формализованной, "значковой" записи во время наблюдений делались дополнительные замечания "на полях", то при обработке нужно выписать все эти замечания, указав дату, когда они были сделаны.

Зачем вообще нужна статистическая обработка и всегда ли она нужна? Ответ на этот вопрос в первую очередь зависит от того уровня обобщений, на который претендует автор. Следует понимать, что статистика – это способ судить о достоверности наших предположений, т.е. способ, позволяющий оценить вероятность ошибки выводов, сделанных исследователем о том, чего он сам не видел, но предполагает. В том случае, когда выводы касаются только непосредственно наблюдавшихся животных, оказывается достаточно простого графика, чтобы показать качественные изменения в поведении (например, что все животные в вольере освоили новый тип кормушки). Если никаких сравнений не производится и не тестируется никаких гипотез, то достаточно бывает простых описательных статистик (среднего или медианы и, возможно, разброса и стандартного отклонения). При этом обязательно нужно приводить размеры выборки, для которой сделаны описательные статистики. Если же автор претендует на то, чтобы распространить выявленные закономерности на тех животных (другого пола, возраста, из других зоопарков, из природы), которых он непосредственно не наблюдал, то в таких случаях совершенно необходима соответствующая статистическая обработка.

Те, простейшие, методы статистической обработки, которые мы можем рекомендовать в данном пособии, решают несколько основных задач: сравнение двух величин, установление зависимости между двумя показателями, определение меры разнообразия, меры сходства. Решение последних двух задач, так же, как и получение других характеристик одной совокупности данных, или, как говорят, одного ряда, без статистической обработки, "на глазок" невозможно.

Что касается процедуры сравнения (а установление зависимости - это тоже своего рода сравнение), то надо учитывать, что чем меньше объем материала и чем больше его разнородность, тем больше должен быть масштаб различий, чтобы эти различия считались достоверными. Таким образом, совершенно необходимой процедура статистического сравнения бывает либо при незначительном объеме сравниваемого материала (менее 30), либо при его очень высокой разнородности, либо в тех случаях, когда различия незначительны (менее, чем в 2 раза).

Проводя статистическую обработку, сохраняйте до конца работы все промежуточные расчеты и записи, это может избавить от лишних перерасчетов и сэкономить усилия. Из этих же соображений целесообразно на каждом листе расчетов отмечать когда, что и в рамках какой работы на этом листе рассчитывается.

### **1.9. Написание и оформление письменной работы.**

Довольно обычна ситуация, когда, проведя наблюдения и обработав их результаты человек считает, что главное сделано, ответы на все интересовавшие его вопросы получены, а с "проформой" - письменным оформлением работы, можно и подождать, а то и вовсе от него отказаться. Большинство известных нам незаконченных этологических работ были заброшены именно на стадии письменного оформления. Между тем, неоформленная работа - это, прежде всего, работа не обдуманная, т.к. понять по настоящему смысл полученных результатов, их связь с другими имеющимися данными по этому вопросу можно только в процессе письменного обсуждения этих результатов. Второе, не менее важное, соображение - то, что результаты неоформленной письменной работы остаются тайной её автора, и никем не могут быть ни оценены, ни использованы. Всё это вместе позволяет утверждать, что наблюдения, по результатам которых не оформлены письменные работы - впустую затраченные труд и время.

Выработалась определенная форма написания научных работ, и хотя следование ей не обязательно, но надо учитывать, что работу "по форме" легче и писать, и читать, и сопоставлять с другими работами. (При написании этого раздела мы широко использовали методические разработки для студентов кафедры зоологии позвоночных Биологического факультета МГУ, сделанные в 1979 году преподавателем кафедры К.К.Панютиным).

В письменных работах принято выделять следующие разделы:



Введение. В нем кратко приводится постановка задачи и её обоснование, т.е. надо объяснить, чего хотели достичь данной, работой и зачем это было нужно. Если решение поставленной задачи допускает выбор объекта наблюдений, то во введении этот выбор обосновывается.

Материал и методы. После прочтения этого раздела должно стать настолько ясным как делалась работа, чтобы при необходимости её можно было повторить. Задачи, которые решаются здесь, - дать читателю возможность судить о том, насколько велик собранный материал (достаточно ли его для решения поставленных задач), как собран и как обрабатывался этот материал (какие выбраны методы наблюдений и обработки и соответствуют ли эти методы поставленным задачам и сделанным выводам) и, наконец, каковы возможные источники ошибок при сборе, обработке и интерпретации данных. В соответствии с этими задачами в разделе "Материал и методика" обычно пишут где, когда и в каких условиях (существенных для оценки читателем полноценности данных) происходил сбор материала; описывают способы получения и фиксации данных, способы обработки, сколько и какого материала собрано. Приводят данные об использованных приборах и технических средствах (например, если дело касается звукозаписи, то приводят данные о марке, фирме и годе выпуска магнитофона и такие же данные о микрофоне, кроме того, указывают тип использовавшейся пленки).

Особенно важны недвусмысленные определения форм поведения. Учитывая различия в терминологии, полезно так же не только называть, но и описывать применявшийся метод наблюдений.

Результаты. Основное, за чем нужно следить при описании результатов, - это однозначность их понимания при прочтении. Следует так же помнить, что приводить нужно лишь те результаты, которые далее будут затронуты в обсуждении. Однородные сведения лучше группировать в логические "блоки", в изложении материала идти от простого к сложному.

Описывая какое-либо явление, надо указать долю наблюдений, при которых оно было отмечено, от всех проведенных наблюдений, чтобы дать представление о реальной частоте этого явления. При описании результатов широко применяют таблицы, графики, диаграммы, рисунки, как способы более тонкой и лаконичной подачи материала, но не нужно использовать их, как "иллюстрацию для интереса". При описании результатов стремитесь к краткости изложения: громоздкие результаты свидетельствуют о недостаточно качественно проведенной обработке.

Обсуждение. Как правило, этот раздел включает в себя сопоставление материалов, изложенных в разных подразделах "Результатов", между собой и с данными, известными из литературы. На основе этого сопоставления делаются заключения о приемленности выдвинутых гипотез, выявляются закономерности, причинно-следственные связи. Здесь же рассматривают место полученных результатов в системе научного знания - их соответствие или противоречия с имеющимися по вопросу исследования теориями.

Выводы. Чрезвычайно распространенная ошибка, когда в разделе "Выводы" приводят конспективное изложение "Результатов". В действительности выводы делаются в ходе "Обсуждения" и представляют собой его краткий итог.

Заключение. Содержит в себе дальнейшие перспективы данной работы и рекомендации по практическому использованию и дальнейшему развитию аналогичных исследований. Здесь же (или в отдельном разделе «Благодарности») приводят сведения о тех, кто помогал автору в ходе работы и приносят им благодарность,

"Выводы" и "Заключение" не обязательно должны представлять собою отдельные разделы, а могут быть частями "Обсуждения", их содержание от этого не меняется. При оформлении работы не забывайте указывать на титульном листе полное название работы, фамилию и инициалы автора(ов) и руководителя, год написания; если работа выполнена на базе какой-либо организации, то указать эту организацию, если наблюдения выполнены юннатом (школьником) или студентом, то указать № школы, (название вуза) и класс (курс).

### **1.10 Формы опубликования результатов работы.**

По признанию Комитета по исследованиям Европейской Ассоциации Зоопарков и Аквариумов серьезная проблема зоопарковских исследований – то, что большинство результатов таких исследований, даже законченных и оформленных в виде письменной работы, остаются не опубликованными. Такая ситуация не только резко снижает эффективность научно-исследовательской работы зоопарков (результаты многих работ остаются неизвестны коллегам), но и препятствует повышению уровня проводимых в зоопарках исследований (отсутствует внешняя критика и обсуждение работ). Вот почему мы рекомендуем исследователям приложить все усилия для того, чтобы их результаты были в той или иной форме опубликованы.

В настоящее время существует три основных формы публикации научных работ.

Статья – текст, опубликованный в каком-либо научном издании. Как правило, перед публикацией статья рецензируется специалистами, или, как минимум, редакцией издания. Часто по результатам рецензирования авторам предлагают внести соответствующие уточнения и исправления, к такой правке следует отнестись ответственно и провести ее в указанные редакцией сроки, т.к. в противном случае статья выбывает из очереди и время ее опубликования значительно откладывается. Принципы написания статьи в целом совпадают с изложенными выше правилами оформления письменной работы, однако редакция каждого научного издания имеет свои специфические требования к оформлению и тематике рукописей. С этими требованиями необходимо ознакомиться, готовя рукопись к печати. В том случае, если у вас почему-либо нет возможности получить «Требования для авторов» данного издания, возьмите за образец оформления какую-либо из недавно опубликованных в этом издании статей.

Непростой, особенно для начинающих исследователей, вопрос – куда направить статью для публикации. На русскоязычном пространстве существует только одно периодическое издание, специализирующееся на результатах научных исследований в зоопарках – это ежегодник «Научные исследования в зоологических парках», издаваемый Евроазиатской Региональной Ассоциацией Зоопарков и Аквариумов (ЕАРАЗА). Помимо этого результаты научных исследований публикуются и в других периодических изданиях ЕАРАЗА («Хищные птицы и совы в зоопарках и питомниках», «Информационный сборник Евроазиатской Региональной Ассоциации Зоопарков и Аквариумов»), а так же в отдельных сборниках, выпускаемых различными зоопарками. Среди центральных, рецензируемых научных журналов результаты проведенных на высоком уровне зоопарковских исследований могут публиковать «Зоологический журнал» и «Бюллетень МОИП».

Доклад – устный, сопровождающийся иллюстрациями, рассказ о результатах исследования с последующими ответами на вопросы. Достоинство доклада в том, что его сразу слышат и обсуждают большое число слушателей-специалистов; недостаток в том, что в качестве печатной версии, доступной для последующего прочтения, в материалах соответствующей конференции остаются только короткие тезисы без иллюстраций (поэтому крайне желательно по материалам каждого сделанного доклада впоследствии подготовить полноценную статью).

При подготовке доклада необходимо учитывать некоторые особенности этой формы опубликования научных результатов. Во-первых, надо строго придерживаться установленного регламента, т.е. сделать доклад четко в отведенное для того время. Превышая регламент, вы лишаетесь возможности выслушать вопросы и ответить на них (а это самая полезная для докладчика часть доклада), или даже вообще не сможете закончить свое сообщение. В любом случае превышение регламента резко ухудшает восприятие доклада слушателями. Во-вторых, в отличие от письменных способов изложения материала, у слушателей доклада нет возможности вернуться назад к какой-либо важной фразе или иллюстрации, поэтому приходится особенно тщательно продумывать и логично выстраивать структуру сообщения. Старайтесь, чтобы в тексте доклада не было ничего, не служащего для решения основной задачи, поставленной для

себя автором. Наконец, как и при любой форме устного общения, эффект доклада сильно зависит от эмоциональной составляющей. Наилучшего восприятия можно добиться, делая доклад уверенным тоном; без больших пауз, в не слишком быстром темпе; четко произнося слова и выделяя интонацией наиболее важные места доклада. Не пытайтесь уложиться в отведенное время, ускоряя чтение доклада – таким образом можно лишь вызвать раздражение слушателей. Крайне важно прорепетировать доклад, хорошо, если при этом будет присутствовать хотя бы один слушатель.

Большинство современных докладов делают на основе компьютерных презентаций. Этот способ дает автору большие возможности – в качестве иллюстраций доклада легко использовать не только любые рисунки, таблицы и тексты, но и анимацию, фотографии, звуко- и видеозаписи (звуки и видеосюжеты должны быть записаны в той же папке, что и сама презентация). Однако, необходимо иметь в виду, что чем сложнее презентация, тем выше вероятность сбоев при ее демонстрации с другого компьютера, а подобные сбои могут значительно испортить впечатление от доклада. Поэтому, в идеале, следует заранее проверить свою презентацию на том компьютере, с которого ее будут запускать во время доклада. Следите за тем, чтобы даже самые мелкие из использованных вами в иллюстрациях букв и знаков были бы легко различимы с расстояния 10-15 метров.

Для начинающих докладчиков совершенно необходимо, а для остальных желательно, иметь перед собой полный текст доклада с пометками, в каких местах переходить к следующему кадру презентации.

**Стендовый доклад (постер)** – форма сообщения, когда содержание и иллюстрации размещаются на стенде, вывешенном во время проведения конференции, а автор, стоя около стенда, отвечает на вопросы и дает необходимые пояснения.

Для создания стендовых докладов нет общепринятых правил и стандартов (за исключением максимально допустимых размеров, которые иногда устанавливаются организаторами конференции и в разных случаях могут различаться). Как и другие формы публикаций, стенд должен содержать информацию об авторах (ФИО, место работы каждого, контактные данные). В качестве общих рекомендаций можно посоветовать авторам а) стараться следовать общей структуре письменной работы (см. 1.11), б) не перегружать стенд информацией, особенно в виде таблиц и больших отрывков текста, в) выделить (шрифтом, цветом, деталями оформления) то, что на ваш взгляд является важнейшим содержанием данного сообщения. С примерами оформления стендовых (как и устных) докладов можно ознакомиться на сайте Московского зоопарка по адресу: <http://moscowzoo.ru/get.asp?id=c83>

Доклады, как устные, так и стендовые, делают на конференциях. Специализированных русскоязычных конференций, посвященных исследованиям в зоопарках, не проводится. Поэтому результаты зоопарковских исследований представляют на соответствующих профильных конференциях. Если говорить об исследованиях поведения млекопитающих, то это, прежде всего, периодические Съезды Всероссийского Териологического Общества и Всероссийские Конференции по Поведению Животных. Кроме того, довольно часто проходят непериодические конференции по вопросам охраны природы, биологии отдельных групп животных, определенным аспектам поведения и т.п. Такие конференции чаще всего организуются на базе Биологических факультетов Университетов или Педагогических институтов.

Информацию о том, на какую конференцию или в какое издание можно направить подготовленные вами к публикации результаты зоопарковских научных исследований, можно получить в Информационно-методическом центре ЕАРАЗА или в Отделе научных исследований Московского зоопарка.

## Глава II. Методы этологических наблюдений.

Настоящая глава посвящена описанию конкретных методов наблюдений. При подборе подходящей методики следует обращать особое внимание на описание предназначения данного метода, ограничений и необходимых условий его применения, а также на приводимые примеры.

### 2.1. Составление этограмм.

Поведение представляет собой непрерывный поток событий. Для того, чтобы измерить этот поток, его необходимо разделить на дискретные единицы или категории, это достигается в процессе составления этограммы.

Составление этограммы - важный начальный этап этологических исследований любого ранее не изучавшегося вида. Этограмма - перечень двигательных актов и фиксируемых положений тела, свойственных виду, служит для исследователя своего рода "словарем", с помощью которого ведется описание поведения. Важные свойства этограммы - её конечность (т.е. то, что множество выделяемых элементов не безгранично и их количество может быть сосчитано) и полнота (это значит, что чем бы не занималось животное, его состояние в любой момент времени может быть характеризовано определенным набором элементов этограммы). Эти свойства задают необходимую при описании поведения степень формализации и дают основу для количественных исследований в этологии. Важно, чтобы качество описания позволяло другим исследователям пользоваться этим описанием.

Разработка подходящей этограммы часто бывает очень сложной задачей, решение которой подразумевает проведение большого числа "ознакомительных" наблюдений или анализ большого числа видеозаписей, а так же тщательное обсуждение каждого элемента с коллегами.

В ходе разработки этограммы необходимо постоянно спрашивать себя: на какой вопрос мы хотим ответить? и каким образом применяемая этограмма поможет ответить на этот вопрос?

Составляющие непрерывного потока поведения могут быть выделены различными способами, с различной степенью дробности.

Для описания поведения используют три основные категории: структура, последствия и связи.

Структура - это внешний вид, физическая форма или временной режим поведения. Поведение описывают в терминах поз и движений объекта, например: «пробежать кончиком клюва вдоль первостепенных маховых перьев» можно использовать при описании чистки перьев птицами. Описание различных структурных уровней поведения приводится в книге Е.Н.Панова (1978, стр.35 - 47). Выделяются следующие уровни: 1) элементарный двигательный акт ЭДА) - приводит к однократному изменению положения части тела или органа, например, поворот головы, взмах крыла; 2) поза или выразительное движение - несколько ЭДА, воспроизводимых животным одновременно или в быстрой последовательности; 3) последовательность - цепь поведения, состоящая из следующих одна за другой единиц 2-го уровня; 4) ансамбль или тип активности (кормовой, исследовательской и т.п.); 5) фазы годового цикла (миграции, размножение, спячка и т.п.). Составление этограмм проводится на первых трех уровнях, при этом ключевым является 2-ой уровень - выразительные движения и позы.

Последствия - воздействие, оказанное поведением на внешнюю среду, на других особей или на исполнителя. Используя то, что Хайнд (Hinde, 1973) называл описанием по последствиям, поведение может быть определенным через производимые им эффекты. Например, "приближение" приводит к сокращению дистанции между двумя животными, независимо от формы локомоции; "замещение" можно определить, как приближение одного животного сразу вслед за уходом другого.

Связи - пространственные связи особи с элементами окружающей среды или с другими особями, например «ближайший сосед». Эта категория оказывается очень важна при исследовании распределения активности животных в пространства или при попытке

выявить взаимоотношения животных, крайне редко вступающих в прямые контакты.

В общем случае лучше обозначать элементы поведения нейтральными терминами; например употребление понятия «писк» для обозначения птичьей вокализации предпочтительнее, чем «предупреждающий сигнал», поскольку последний термин предполагает знания последствий поведения. Однако если существует устоявшийся термин для обозначения той или иной формы поведения, то лучше использовать такой термин.

Приступая к наблюдениям за новым для себя объектом, как правило, быстро выделяешь повторяющиеся поведенческие проявления: типичные способы передвижения, позы при отдыхе, кормежке, контактах с сородичами. При формулировке этограммы желательно пользоваться объективными названиями, везде, где это возможно, избегая субъективных оценок функции поведения. Несколько различных по форме поведенческих паттернов могут иметь одинаковую функцию, а одной и той же форме поведения могут быть приписаны несколько разных функций. По этой причине лучше начинать с объективно определяемых форм поведения. Например, при описании обычного у многих обезьян выражения морды название “пристальный взгляд с открытой пастью” более объективно, чем “угроза с открытой пастью”. При выделении поз существенную помощь может оказать кино и фотодокументация, а также анималистический рисунок.

Как же выглядит на практике процесс составления этограмм? После непродолжительного предварительного периода наблюдений, когда всякая запись может вообще отсутствовать, наблюдатель начинает произвольно выделять элементы и пытаться описывать поведение с их помощью. Критерии выделения каких-либо состояний в отдельные позы на этом этапе отсутствуют, необходимо только контролировать, чтобы выделение велось на одном уровне, т.е. чтобы одни выделенные элементы не входили в качестве составляющих частей в другие выделенные элементы. Сталкиваясь с действиями, которые выходят за рамки составленной этограммы, наблюдатель вводит в этограмму новые элементы, обнаружив отсутствие принципиальных различий сходных элементов, сливает их в один. Выделенные позы и выразительные движения состоят из стабильных элементов 1-го уровня, обязательно присутствующих в данной позе и характеризующих её, и таких элементов, которые при проявлении одной позы могут различаться. “Стабильные” элементы называются элементами-идентификаторами позы, и на следующем этапе исследователь должен выделить такие идентификаторы для каждого элемента этограммы. Пополняя по мере необходимости этограмму и выделяя элементы идентификаторы, исследователь доводит этограмму до полноты и с помощью идентификаторов, получает возможность охарактеризовать любой момент поведения с помощью выделенных поз.

Пользуясь этим способом можно составить этограмму не только на уровне выразительных движений и поз, но и на уровне поведенческих последовательностей. Однако если имеется этограмма на каком-либо уровне, и стоит задача составить этограмму на более высоком уровне (например, имеется этограмма выразительных движений, а нужна этограмма поведенческих последовательностей), то этого можно добиться, обрабатывая определенным образом наблюдения, сделанные с использованием этограммы низшего уровня (об этом смотри “Анализ поведенческих последовательностей” в гл. “Методы обработки материала”).

Если в качестве самостоятельной задачи выдвигается описание и анализ элементарных двигательных актов, то решить такую задачу можно только применяя кино- или видеодокументацию и последующий покадровый анализ (Рис. 6).

Однако, дробление поведения, основанное на функциональных определениях, так же имеет свои плюсы. Накопив некоторый опыт, исследователи часто обнаруживают, что удобно объединять формы поведения в большие функциональные категории, такие как “угроза” или “агрессия”. Подобное объединение может произойти как во время сбора данных, так и в результате их анализа. Если несколько типов поведения включаются в одну категорию, то каждый тип должен быть описан в этограмме. Для некоторых типов

поведения очень важно суждение наблюдателя. Например, при различении игры и агрессии, способность верно оценить поведение потребует многих часов наблюдений.

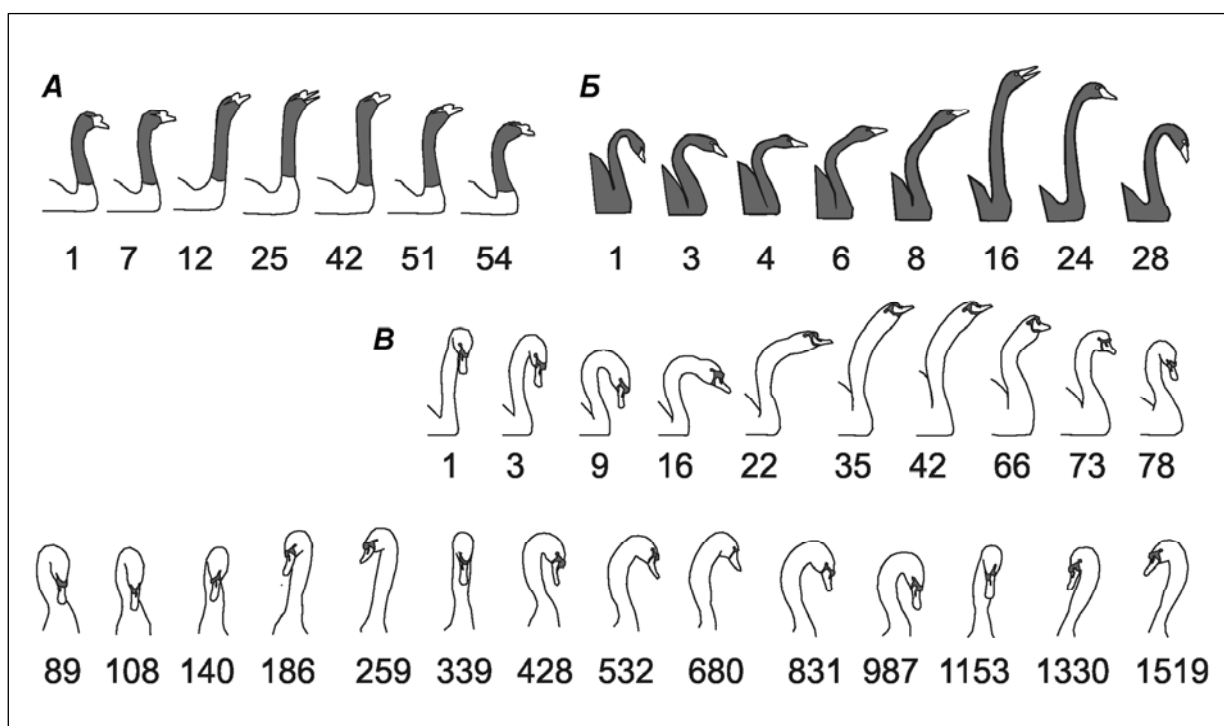


Рисунок 6. Движения головы и шеи у лебедей (Из Панов, Павлова, 2005)

Поведенческая таксономия может быть ограничена дискретными категориями поведения. С другой стороны, исследователь, не сосредоточенный специально на изучении последовательностей поведения, может фиксировать достаточно предсказуемые последовательности, такие как “копуляция” или “ритуал приветствия”, как единицы поведения.

Ниже мы приводим в качестве примера заимствованную из работы Роба Янга (Yong, 1996) этограмму гепарда, составленную в Эдинбургском зоопарке.

<b>ПОВЕДЕНИЕ</b>	<b>ОПИСАНИЕ</b>
СОН	Животное лежит на боку, опустив голову и закрыв глаза
ОТДЫХ	Животное лежит на животе или на боку, приподняв голову и открыв глаза
НАСТОРОЖЕННЫЙ ОТДЫХ	Животное припало к земле, приподнявшись на локтях из позиции «лежа на животе», или животное сидит
СТОИТ	Стоит
ИДЕТ	Идет
БРОСОК	Бежит
ИГРАЕТ	«Не серьезное» поведение, направленное на внешний объект, на себя самого или на партнера
ЕДА	Все формы поведения, связанные с потреблением пищи
ЧИСТКА	Вылизывание или выкусывание меха или конечностей (самочистка или чистка партнера)
ДРУЖЕЛЮБНЫЙ КОНТАКТ	Отдых или сон в пределах 3 футов от партнера или дружелюбное взаимодействие с ним.
ОБНЮХИВАНИЕ	Ольфакторное исследование вольеры или партнера
НАБЛЮДЕНИЕ	Животное прерывает текущее поведение, в поисках внешнего стимула
ПРОЧИЕ	Все прочие формы поведения, оставшиеся без рассмотрения

Не трудно заметить, что здесь мы сталкиваемся со смешением в пределах одной этограммы категорий как разной модальности («идет», «стоит» – структурные описания, «обнюхивание», «наблюдение» – описание по последствиям), так и разной размерности («идет», «стоит» – единицы 2-го, а «играет», «ест», «чистится» – 3-го уровней). Эта грубая ошибка, однако не помешала шотландским исследователям в проведении наблюдений.

Другие примеры опубликованных этограмм, составленных в ходе исследований в зоопарках или в сходных условиях даются в работах: Macedonia, 1987; Nash & Chilton, 1986; Tasse, 1986; Traylor-Holzer & Fritz, 1985, включая определения для записи пространственной локализации актов при изучении использования вольеры; Stanley & Aspey, 1984; Freeman, 1983; Kleiman, 1983; Byers, 1977.

## **2.2. Выделение регистрируемых категорий.**

Часто для ответа на вопросы исследования нет необходимости пользоваться при наблюдениях полной этограммой, достаточно выделить те категории, которые имеют непосредственное отношение к ответам на вопросы. Типичная ошибка неопытных исследователей – фиксировать слишком много поведенческих паттернов. Например, можно описывать позу стоящего слона, отмечая сколько и каких ног касаются земли (всего, таким образом, выделяя 5 поз стояния), а можно регистрировать все эти позы, как одну – «слон стоит». Если гипотеза, которую вы проверяете, не требует столь дробной детализации, то лучше ее избегать. Если вы выделите слишком много поведенческих категорий, то они в процессе анализа данных все равно сольются в более крупные единицы. Обычно при «экспериментальных» поведенческих исследованиях регистрируют от 6 до 12 поведенческих категорий. Поведение, не связанное с проверкой тестируемой гипотезы, регистрируется как «прочее». Рекомендуется следовать при отборе категорий следующим принципам:

- Количество категорий должно быть достаточным для того, чтобы описать поведение с точностью, необходимой для ответа на вопросы исследования.
- Каждая категория должна быть точно определена, а ее определение должно быть записано как для того, чтобы наблюдатель не смог уклониться от первоначального определения, так и для того, чтобы другие исследователи могли полностью понять и использовать эту же систему записей.
- Категории должны быть независимы друг от друга (между ними не должно быть перекрывания)
- Категории должны иметь одну размерность (быть одной природы)
- Надо проверить, не были ли подобные категории уже определены ранее в публикациях других авторов. Если использовать уже определенные и опубликованные категории, то исследователь не только избежит “открывания велосипеда”, но и сможет делать прямые сравнения с результатами предшественников.

### **2.2.1. Исчерпывающая и взаимно исключающая запись категорий.**

Для сбора и анализа данных часто бывает полезно (а для некоторых методов – необходимо) определить исчерпывающие и взаимно исключающие категории. *Исчерпывающие* значит, что состояние объекта фиксируется всегда, даже как “неактивный”, “прочее” или “невиден”. Категории не обязательно должны быть исчерпывающими, если наблюдателя интересует только частота определенных поведенческих проявлений.

*Взаимно исключающая* означает, что объект наблюдения не может проявлять более одной формы поведения одновременно; это значит, что объект может “сидеть” или “чистится”, но не может делать то и другое вместе.

Используя на практике систему регистрации можно фиксировать более одной исчерпывающей и взаимно исключающей категории: например, в каждый момент времени объект можно охарактеризовать через его поведение, местоположение и одну проксимальную связь (ближайший сосед и дистанция до него).

В некоторых случаях форма поведения может проявиться одновременно с несколькими другими формами, и ее относительная значимость останется неизвестной.

При использовании четко определенного метода записи можно регистрировать, а затем и анализировать независимо и в комбинации две формы поведения. Например, объект может проводить 10% времени стоя, и 10% времени пережевывать жвачку, регистрируя обе формы поведения, можно подсчитать, что 5% времени он жуёт стоя (а 5% времени жуёт в других позах). Если бы при одновременном стоянии и жевании регистрировали только жевание, то это бы исключило возможность объединить формы поведения в крупные исчерпывающие и взаимно исключающие категории активности: “лежит”, “стоит” и “локомоция”.

### **2.3. Методы распределения внимания во времени.**

Способы распределения внимания наблюдателя во времени делятся на две группы. В первом случае изначально задается некоторый постоянный (как правило равномерный) режим регистрации. Выбор момента регистрации при этом никак не зависит от поведения объекта наблюдений. В конце заранее определенного временного интервала, наблюдатель фиксирует форму поведения, которая проявлялась в момент перехода между интервалами (временной срез), или отмечает наличие или отсутствие каждой формы поведения в течении прошедшего интервала (“One-Zero” регистрация). Такой подход позволяет получать оценки частоты встречаемости одних элементов поведения относительно других элементов.

При другом подходе выбор момента регистрации обусловлен ходом наблюдаемых событий. Наблюдатель фиксирует некоторое, заранее обусловленное, событие в тот момент, когда оно происходит. Этим событием может быть определенная форма поведения (метод "Отдельных поведенческих проявлений"), определенное изменение во внешней среде (метод «Стимул-реакция») или начало любой новой формы поведения (возможно так же и окончание текущей формы поведения или момент перехода между двумя формами) (метод "Сплошного протоколирования"). Этот круг методов позволяет получить абсолютные оценки встречаемости наблюдаемых элементов.

Для некоторых форм поведения переход от одной “последовательности” к другой может оказаться неоднозначен. В таких случаях классификация поведения должна включать определение события, которое сигнализирует о том, что пора фиксировать следующую форму: например, определенное число секунд неактивности, которые должны пройти, прежде чем начнется регистрация новой последовательности, или определенная критическая дистанция, которая должна быть достигнута, чтобы было зарегистрировано “приближение”.

#### **2.3.1. “One-Zero” регистрации (по Crockett, 1996).**

При “One-Zero” (или “Да/нет”) регистрациях (Altmann, 1974) так же, как и при сканировании устанавливаются временные интервалы. Однако каждая форма поведения, имевшая место в течении интервала, отмечается как “1”, независимо от того, сколько раз в действительности она проявилась. Например, поведение, наблюдавшееся в течении интервала 5 раз, будет отмечено “1”, а форма поведения, имеющая большую длительность, будет отмечена единицей в каждом интервале, в котором она была, невзирая на то, что все это был один “раз”. В каждом интервале может быть зарегистрировано более одной формы поведения. Поскольку пользуясь этим методом нельзя рассчитать истинную длительность, истинную частоту и истинный процент времени наблюдения, затраченного на различные формы поведения, Альтман (Altmann, 1974) считает, что его не надо использовать вообще. Однако, “One-Zero” регистрации позволяют достаточно точно оценить доли времени, затрачиваемого на разные формы активности, но оценки длительности, сделанные на основе этого метода, принципиально не сравнимы с такими же оценками, сделанными с использованием непрерывной регистрации или сканирования. Таким образом, *“One-Zero” регистрации следует избегать, если результаты предполагается сравнивать с результатами, полученными другими методами.* Однако, поскольку этот метод очень прост, как для наблюдений, так и для обработки, и дает высокую согласованность наблюдателей, его можно применять, когда в работе участвует много наблюдателей, а возможность



сравнения с данными других исследований не очень важна. В то же время правильная подготовка и продуманная схема сбора данных позволяют достичь такой же высокой согласованности наблюдателей, применяющих сканирование. "One-Zero" регистрации можно использовать для количественного анализа ежедневных рапортов. Например, может подсчитываться присутствие или отсутствие (1-0) в рапортах полового поведения, потребление определенного вида пищи, использование нового убежища, свежих ран и других ежедневных характеристик животных. Некоторые события имеют биологический смысл именно на таком уровне; например, спаривалась ли самка хотя бы один раз во время эструса или ело ли животное хоть раз за день. Для подобных случаев такой метод регистрации вполне подходит.

Возможные сочетания. При частых регистрациях метод требует постоянной концентрации внимания на объекте и непрерывной записи, поэтому он плохо сочетается с любым другим способом наблюдений. В то же время если регистрации проводятся редко (например, раз в сутки), то такие регистрации можно проводить по результатам наблюдений, сделанных любым другим методом, при котором животное постоянно находится в поле зрения наблюдателя.

Пример применения метода "One-Zero".

*Задача: выявить по поведенческим показателям беременность у самок светлой песчанки, постоянно содержащихся в паре самцом.*

В ходе предварительных исследований было показано, что на 8-й день беременности в паре песчанок происходит инверсия направленности агрессивных контактов – самка перестает бояться самца и начинает его атаковать. В дальнейшем, отмечая ежедневно методом "One-Zero" наличие агрессии самки на самца, устанавливали факт беременности (Ильченко, 1989).

### **2.3.2. Метод "Временных срезов".**

(Altmann, 1974: instantaneous sampling; Dunbar, 1976: point sampling; Sackett, 1978: discontinuous probe sampling)

Метод предназначен для получения сравнимых количественных описаний цельного поведения животного. Применяется в тех случаях, когда исследователя в равной мере интересуют все поведенческие проявления (например, когда стоит задача определения динамики активности). Суть этого метода в "точечных" или "мгновенных" описаниях состояния наблюдаемого объекта, производимых через равные промежутки времени. Наблюдатель фиксирует поведение - состояние объекта в момент окончания заранее оговоренного временного интервала - например, минуты. При этом все, что происходит в этих промежутках, не фиксируется. Таким образом, исключается произвольная избирательность при описании действий животного, описание становится объективным и годным для количественного анализа.

Большое преимущество метода временных срезов - его относительная простота: неподготовленный наблюдатель может быстро научиться различать учитываемые формы поведения, если их число невелико. Поэтому согласованность данных одного наблюдателя и согласованность между разными наблюдателями обычно бывает высокой.

Длительность промежутков между фиксациями выбирается в зависимости от объектов и задач исследования, обязательное требование - лишь постоянство этих промежутков в течение данного периода наблюдений.

Необходимым условием применения метода "Временных срезов" ("ВС") является наличие этограммы, соответствующей задачам исследования. Однако, и в этом случае одна из потенциальных проблем, связанных с этим методом, это трудность определения конкретной формы поведения с первого взгляда. Возможное решение - наблюдать за объектом, скажем 5 секунд после сигнала, и фиксировать поведение, наблюдаемое *в последний момент* (т.е. на счет "пять") (Sackett, 1978). Если временные интервалы короткие (30 секунд и меньше), то наблюдатель просто дожидается следующего сигнала, так что считать не требуется.

Второй важный момент - выбор величины тех временных промежутков, через которые фиксируют состояние животного. Этот выбор зависит в первую очередь от того, как предполагается обрабатывать полученные данные, а именно, что будет фигурировать в качестве «N» - числа проб в применяемых статистических тестах (См. ниже). Например, сравнивая доли определенной формы активности в бюджетах времени двух животных, за которыми наблюдали методом «Временных срезов», можно подсчитать эти доли для каждого наблюдения и затем сравнить два ряда полученных значений. В этом случае число проб – это число наблюдений за каждым животным, а полученные данные будут тем точнее, чем короче промежутки между «срезами». Однако возможен и другой вариант, когда сравнивают две дроби у которых в числителе – количество «срезов», пришедшихся на нужную форму поведения, а в знаменателе – общее число «срезов». В таком случае число проб – это число «срезов», а каждая проба, согласно требованиям статистики, должна быть независима от других проб. Понятно, что при коротких промежутках между «срезами» требование независимости не соблюдается (если животное делает что-то в момент времени  $T_n$ , то вероятность того, что такая же активность будет продолжаться и в момент  $T_{n+1}$  отличается от случайной), и возникает так называемая проблема автокорреляции. Для того, чтобы избежать этой проблемы, в тех случаях, когда каждый «срез» рассматривается в качестве отдельной пробы, временные промежутки между «срезами» *должны превышать по длительности среднюю непрерывную продолжительность самой длительной из фиксируемых форм поведения.*

В том случае, если в качестве «N» выступает не число «срезов», а число наблюдений, длительность промежутков между фиксациями определяется следующим образом: 1) чем выше скорость изменений состояния животного, тем меньше должны быть промежутки между фиксациями, 2) чем больше число животных, за которыми одновременно ведется наблюдение, тем больше нужно времени чтобы описать состояние их всех, 3) чем больше длительность отдельного наблюдения и чем дольше продолжается общий период наблюдений, тем больше могут быть и промежутки фиксаций, 4) необходимо учитывать возможности исследователя при обработке данных: метод "BC" дает очень большой объем материала, обрабатывать который вручную может оказаться физически невозможно. Применение вычислительной техники при обработке позволяет при выборе длительности перерыва между фиксациями руководствоваться только первыми двумя соображениями. В большинстве случаев при применении метода "BC" для наблюдений за млекопитающими длительность перерывов между фиксациями лежит в промежутке от 5 секунд до 10 минут. Удлиненные интервалы более удобны в работе со сравнительно малоактивными животными, особенно если сочетаются со сплошным протоколированием отдельных форм поведения малой длительности (так называемая “стратегия смешанных регистраций”). Некоторые показатели, такие как кормежка или распределение животных в вольере, отмечаемое на плане, могут фиксироваться только один раз в день и при этом рассматриваться как временной срез.

Наблюдения методом "BC" позволяет решать следующие задачи:

1) определение бюджета времени животного, 2) выявление динамики активности во времени (в течение суток, сезонной и т.п.), 3) определение степени синхронизации поведения 2-7 животных, 4) получение количественных характеристик использования пространства, 5) изучение индивидуальных дистанций между животными, и др.

Ограничения метода "BC" являются следствием потери информации о событиях, происходящих между регистрациями. Это делает метод непригодным для изучения всех редких явлений в поведении, а также для всех работ, при которых требуется точное знание о последовательности проявлений состояния животного (так, например, этот метод мало подходит для сбора данных о видоспецифических социальных взаимодействиях, т.к. они часто бывают организованы в последовательности). Точная частота и длительность отдельных форм поведения этим методом не улавливается, но Гриффином и Адамсом (Griffin & Adams, 1983) предложена техника вычисления приблизительных значений этих показателей на основе данных метода «Временных срезов».

Итак, выбрав промежуток времени между регистрациями и имея перечень возможных состояний объектов наблюдения, наблюдатель через равные промежутки фиксирует состояния этих объектов. Если между регистрациями проходит более 30 секунд, то проблем с контролем времени не возникает, - его можно осуществлять с помощью обычных часов или секундомера. Однако при меньших промежутках оказывается, что взгляд на часы сам по себе отнимает слишком много времени. В этом случае о наступлении момента регистрации сигнализирует какой-нибудь звуковой сигнал (удобно применять отсчет времени в избранных интервалах, записанный на магнитофон, но иногда используют часы со звуковым сигналом через задаваемые интервалы или соответствующим образом настроенный метроном). Наблюдатель воспринимает отсчет времени на слух, не отрывая взгляда от животных или от записей. Например, при пятисекундном интервале: "Пять секунд, десять секунд, пятнадцать секунд, и т.д." Увидев по часам, что прошел необходимый интервал или услышав очередной сигнал, наблюдатель делает очередную запись.

Наблюдать методом "BC" удобно, используя табличную форму записи. Таблицу составляют в соответствии с выбранным интервалом и количеством наблюдаемых животных. Например, при наблюдении за одним животным с пятисекундным интервалом регистрации таблица состоит из строчек, поделенных на 12 клеток (по числу пятисекундных интервалов в минуте), а число строчек соответствует числу минут в наблюдении. При наблюдении за несколькими животными (например, для определения степени синхронизации поведения), таблица состоит из колонок по числу животных и из строчек, соответствующих избранным интервалам времени.

При изучении пространственного распределения активности (в том числе и при изучении индивидуальных дистанций) пользуются графической интерпретацией метода "BC". В этом случае результаты наблюдений заносят на схему помещения в котором содержится наблюдаемое животное, так, что местоположение знаков говорит о том, где происходили действия, зашифрованные в этих знаках. При наблюдениях за несколькими животными с помощью графической интерпретации метода "BC" целесообразно соединять точки разных животных, относящиеся к одному срезу, прямыми линиями.

Возможные сочетания. При достаточно длительных (более 1 минуты) перерывах между регистрациями можно успешно дополнять метод "BC", отмечая все интересующие наблюдателя события, происшедшие между регистрациями (например, все контакты между животными). Таким образом существенно снижаются потери информации. Однако при этом необходимо во-первых раздельно записывать регистрации методом "B" и дополнительные наблюдения, а во-вторых безусловно исключать данные дополнительных наблюдений при обработке результатов, полученных методом "BC" (при обработке наблюдений, проведенных дополнительно, в них можно включать и данные, полученные методом "BC").

Примеры применения метода «Временных срезов».

1. *Задача: описать сезонную и суточную (в светлое время суток) активность большого числа животных (более 60 особей), находящихся на экспозиции зоопарка.*

Для решения этой задачи все, находившиеся под наблюдением животные, были разделены по "точкам", т.е. по группам территориально близких клеток, объединенных общим режимом кормления и уборки. Регистрации поведения проводили во время регулярных обходов "точек". Каждый обход состоял из прохождения определенного маршрута мимо всех помещений "точки", причем, оказавшись напротив определенной клетки, наблюдатель отмечал характер активности находившегося в ней животного. В течение года каждый месяц на каждой из 8 выделенных "точек" проводили 20 обходов так, что на каждый час дневной активности приходилось 2-3 обхода, сделанных в разные декады. В течение одного дня на каждой "точке" проводили не более двух обходов.

Такая система регистрации позволяла ежемесячно получать для каждого животного 20 одномоментных регистраций активности - временных срезов, равномерно распределенных в течение дня и в течение месяца. Эти данные позволяли легко сравнить

поведение животных на разных "точках", поведение животных из разных таксономических групп и поведение отдельных особей. В качестве проб выступали отдельные регистрации методом «Временных срезов», однако значительные промежутки между такими регистрациями предотвращали эффект автокорреляции.

2. *Задача: определить степень синхронизации поведения в группе гепардов из 6 животных.*

На предварительном этапе работы был определен следующий набор регистрируемых форм активности: отсутствие двигательной активности, кормежка, взаимодействия с партнерами по группе, одиночные игры, прочая двигательная активность (в любой момент времени состояние каждого животного можно было описать одной из этих категорий). Во время наблюдений, пользуясь табличной формой записи (Рис.8), раз в 5 минут фиксировали состояние всех животных группы. Длительность каждого наблюдения составляла 1-3 часа, общая длительность наблюдений - 40 часов. Все наблюдения были проведены в течение 2-х месяцев.

Время (мин)	Состояние животных					
	Самец1	Самец2	Самка3	Самка4	Самка5	Самка6
1						
2						
....						
n						

Рисунок 8. Таблица для наблюдений методом временных срезов с целью определения степени синхронизации поведения в группе из 6 животных (интервал между регистрациями - 5 мин).

Впоследствии, пользуясь простейшими статистическими методами (смотри главу "Методы обработки материала"), для каждой пары гепардов (по принципу "каждый с каждым") сравнивали наблюдающуюся частоту одновременного проявления одного типа активности с теоретической вероятностью такого совпадения. Теоретическую вероятность рассчитывали исходя из предположения о независимости поведения каждой особи от поведения остальных гепардов в группе. Полученные значения статистических критериев позволяли количественно охарактеризовать и сравнивать степень синхронизации поведения отдельных особей.

3. *Задача: определить средние индивидуальные дистанции между особями в группе совместно содержащихся лошадей Пржевальского (5 особей).*

Применялась графическая интерпретация метода "BC" - через каждые 5 минут на выполненной в масштабе схеме загона отмечали местоположение каждого животного. Измеряли линейкой расстояние между каждой парой точек, относящихся к одному "срезу", и заносили результаты в специальную таблицу (Рис.9). Для характеристики индивидуальной дистанция рассчитывали среднее значение в каждой клетке таблицы, а затем, пользуясь масштабом, вычисляют истинные размеры индивидуальных дистанций.

	1	2	3	4	5
1	----				
2		---			
3			---		
4				---	
5					---

Рисунок 9. Матрица для расчета индивидуальных дистанций между животными в группе из 5 особей (используется при обработке наблюдений методом "BC").

### 2.3.3. Метод регистрации отдельных поведенческих проявлений.

В тех случаях, когда исследователя интересует не всё многообразие поведенческих реакций, а лишь часть из них (например, контакты с сородичами или пищедобывательная активность), применяется метод регистрации отдельных поведенческих проявлений ("ОП") (Altmann, 1974)

Суть этого метода очень проста - во время наблюдения фиксируют все случаи проявления изучаемых действий. Результаты, полученные методом "ОП", не дают возможности судить о распределении бюджета времени и о связанных с ним показателях (например, об уровне и изменениях активности), но позволяют оценить частоту и длительность интересующих исследователя действий (чего не позволяют другие методы регистрации), точную их последовательность и направленность.

При применении метода "ОП" необходимо быть уверенным в способности наблюдателя регистрировать действительно все проявления интересующих событий за время наблюдения. В том случае, если такие события происходят слишком часто и наблюдатель не успевает их фиксировать, приходится переходить на менее дробный уровень выделения единиц поведения (например, от описания действий животных при контактах через фиксацию их поз переходить к фиксации поведенческих последовательностей или форм активности). Если переход к менее дробному делению поведения нежелателен, то можно сократить круг фиксируемых проявлений, применить кино- или видеодокументацию или, наконец, изменить метод наблюдений.

При использовании метода "ОП" особенно важно точно учитывать действительную длительность наблюдения (т.е. длительность того промежутка времени, когда наблюдатель гарантировано фиксировал все "отдельные проявления"). Это необходимо для расчета частоты таких проявлений.

Наиболее типичные задачи, решаемые методом "ОП" - описание системы взаимоотношений в группе животных; описание взаимоотношений матери с потомством; выявление ритмики определенных состояний животного (например, ритмики кормлений, поведенческих взаимодействий). С помощью этого метода также оценивают частоту и длительность проявления тех или иных состояний, а также изменения этих показателей в зависимости от внешних условий (например: средняя длительность непрерывного бодрствования у животных при одиночном и групповом содержании). Метод "ОП" в особенности подходит для изучения редких поведенческих проявлений.

Ограничения метода связаны во-первых с неполнотой записи (фиксируются только отдельные, проявления жизнедеятельности животных; наблюдатель не получает представления о целостном поведении), а во-вторых с невозможностью фиксировать несколько событий одновременно или с минимальными интервалами (в частности, это накладывает ограничения на степень дробности выделяемых единиц поведения, т.к. чем мельче эти единицы, тем чаще они следуют друг за другом).

Процедура наблюдения методом "ОП" проста - наблюдатель постоянно держит в поле зрения объекты наблюдения и отмечает все случаи ОП. Если учитывается и длительность проявлений, то время засекают с помощью секундомера или используют отсчет времени, записанный на магнитофон. В тех случаях, когда регистрируемые события следуют друг за другом с большой частотой, можно фиксировать их при помощи диктофона, а затем, прослушивая запись с секундомером, измерять необходимые временные показатели.

Запись наблюдений методом "ОП" обычно ведут с помощью системы условных значков, обозначающих или непосредственно фиксируемые элементы, или более дробные единицы поведения, из которых складываются фиксируемые элементы. Целесообразно, а в некоторых вариантах применения метода и необходимо, отмечать время начала и окончания каждого фиксируемого поведенческого проявления. Если под наблюдением находятся несколько животных, то в порядке записи должно быть отражено кто является инициатором контакта, а кто - реципиентом. Для этого можно применять табличные формы записи (в частности, социометрические матрицы), но можно и в каждой записи

отмечать вначале инициатора контакта, затем содержание контакта, а в конце - реципиента контакта. При дефиците времени можно воспользоваться отсчетом времени, записанным на магнитофон и соответствующей таблицей (смотрите описание метода "Временных срезов").

Возможные сочетания. В том случае, если регистрируемые явления редки, метод "ОП" хорошо сочетается практически с любым другим методом наблюдений. При изучении достаточно частых или резко неравномерно распределенных во времени событий (как, например, социальных контактов) сочетать наблюдения методом «ОП» с другими наблюдениями, как правило, не удастся.

Примеры применения метода «Регистрации отдельных поведенческих проявлений».

1. *Задача: описать систему взаимоотношений внутри группы млекопитающих.*

Метод "ОП" применялся для решения этой задачи при работе с двумя видами животных: гепардами и монгольскими песчанками. В обоих случаях группы состояли из 5-8 животных. Наблюдатель стремился регистрировать все внутригрупповые взаимодействия, отмечая, кто являлся инициатором, на кого направлено действие и из каких элементов (выразительных поз и движений), в какой последовательности складывается взаимодействие. Составляя затем социометрические матрицы и социограммы (о способах их составления смотри главу "Методы обработки материала"), получали наглядное описание системы взаимоотношений в группе. Однако если по отношению к гепардам применение данного метода было удачным - наблюдатель успевал регистрировать все, достаточно редкие взаимодействия животных, то взаимодействия песчанок оказались слишком быстро протекающими. Кроме того, во взаимодействиях песчанок часто участвовали несколько животных одновременно, так, что фиксировать все выразительные движения и позы оказалось невозможным. В этой ситуации, очевидно, следовало перейти к менее дробным единицам поведения.

2. *Задача: выяснить сколько раз в течении суток и как долго за один раз самка овцебыка кормит детеныша.*

Эта задача решается методом "ОП" простейшим и оптимальным образом: в течении суток сменяющие друг друга наблюдатели регистрировали все случаи кормления теленка, отмечая продолжительность каждого кормления. Полученные таким образом данные практически не требовали дополнительной обработки и сразу отвечали на поставленные вопросы.

3. *Задача: выявить среднесуточную ритмику рытья подземного грызуна слепушонки.*

В данном случае исследователей интересовали случаи проявления лишь одного поведенческого акта - рытья, следовательно, метод "ОП" вполне соответствовал задаче. Ситуация осложнялась двумя обстоятельствами: во-первых рытье трудно регистрировать визуально - значительная доля этой активности происходит в норных ходах; во-вторых необходимость получения средних показателей подразумевала многосуточные непрерывные наблюдения, т.е. работа оказывалась чрезвычайно трудоемкой. Эти затруднения были преодолены с помощью автоматических средств регистрации: к емкости, в которой содержались слепушонки, присоединили чувствительные элементы сейсмодатчиков, соединенных с самописцами. Датчики регистрировали колебания почвы при рытье (т.е. отмечали все проявления определенной формы поведения - рытья), и эти сигналы автоматически регистрировались на ленте самописца, которая двигалась с постоянной скоростью, задавая масштаб времени. Таким образом, задача исследователя сводилась к своевременной замене и последующей расшифровке лент самописца.

#### **2.3.4. Метод "Стимул-реакция".**

Основная сфера применения данного метода - определение того, как реагирует животное на определенные, фиксируемые наблюдателем стимулы. В других случаях этот метод применяют, когда хотят выяснить, на какие из подающихся регистрации стимулов и как реагирует животное.

Специфика метода "Стимул-реакция" ("С-Р") в том, что при наличии явного стимула регистрируют не только очевидные изменения в состоянии животного (реакции), но и факт отсутствия таких реакций. Возможно и обратное - определение того, какая доля очевидных изменений в поведении не связана с явными внешними стимулами.

Единственным условием применения метода "С-Р" является наличие четких критериев реакции животного. При визуальных наблюдениях этим методом поведение дробят на части довольно грубо - на уровне поз, или даже поведенческих последовательностей. Иное дело - в случае применения регистрирующей аппаратуры. Кино- или видеосъемка действий животного в сочетании со звукозаписью позволяют точно соотнести стимул с реакцией, которая так же может быть акустической, или выделять в качестве реакции незначительные изменения "мимики" животного.

По сравнению с другими методами наблюдений метод "С-Р" в наибольшей степени способен давать представление о том, какие внешние события являются для животного значимыми, а какие им просто игнорируются, т.е. представление о так называемой "внутренней модели внешнего мира". Однако в большинстве случаев применение этого метода можно рекомендовать лишь на первых, ознакомительных стадиях работы с объектом наблюдений. Это вызвано двумя серьезными ограничениями метода:

1. Принципиальной невозможностью регистрировать как все реакции, так и все стимулы;
2. Тем, что в данном методе причинно-следственные связи устанавливаются только между двумя, непосредственно следующими друг за другом событиями, хотя в действительности каждое изменение поведения является следствием целой цепи событий как во вне организма, так и внутри него.

Методика "С-Р" подразумевает постоянный в течение наблюдения контроль наблюдателя как за состоянием животных-объектов наблюдения, так и за действием внешних факторов, которые могут влиять на поведение животных. Оптимальная форма ведения записей - таблица, в первой графе которой - время, во второй - данные об изменениях во внешней среде (о потенциальных стимулах), в третьей - описание реакции животного или отметка о том, что видимой реакции нет. Если наблюдение идет за несколькими животными сразу, то данные о каждом из них записывают в отдельный столбец таблицы. Если наблюдатель делает запись в одну графу таблицы, то он должен заполнить и все остальные графы данной строки.

При наблюдении за несколькими животными одновременно необходимо учитывать, что изменения в поведении одного из них (реакция) является потенциальным стимулом для остальных и подразумевает отметки в соответствующих строках таблицы.

Возможные сочетания. В принципе, метод "С-Р" легко сочетается с любым другим методом, обладающим двумя свойствами:

1. Все регистрации производятся с отметками времени;
2. В число регистрируемых показателей входят изменения внешней среды, которые могут влиять на поведение наблюдаемых животных.

Пример применения метода «Стимул-реакция».

1. *Задача: сравнить основные факторы, вызывающие реакцию у пары амурских тигров при содержании их в клетке, на расстоянии 1,5-2 метров от посетителей, и в вольере - на расстоянии 15-20 метров от посетителей.*

При наблюдениях использовали табличную форму записи, отмечая время события, действие факторов, которые потенциально могли вызвать реакцию тигров (резкие звуки, появление у вольеры посетителей, необычное поведение посетителей, появление знакомых тиграм людей, появление необычных объектов (лошадей, машин), изменения в поведении партнера), характер поведения обоих животных после действия стимулов, а также все случаи проявления явных реакций в отсутствие очевидных стимулов. Данные всех наблюдений, сделанных при однотипных условиях содержания суммировались. Затем вычисляли, какую долю от всех очевидных реакций вызывает каждый фактор.

Оказалось, что при удалении животных от посетителей роль посетителей, как фактора, вызывающего реакцию тигров, падает и переходит с первого на четвертое место. Соответственно резко увеличивается роль стимулов, поступающих от партнера и соседей по клетке.

### **2.3.5. Метод "Сплошного протоколирования".**

(focal-animal sampling: Altmann, 1974: continuous real-time measurement: Sackett, 1978)

Суть метода заключается в непрерывной и максимально полной записи всех действий животного (наблюдать этим методом более чем за одним животным одновременно невозможно). Пользуясь этим методом, обычно фиксируют действия, инициированные объектом, а в некоторых случаях и действия, направленные на объект, но метод можно модифицировать так, чтобы он фиксировал, последовательности или местоположение. Ценность собранного таким образом материала значительно возрастает, если помимо регистрации всех действий животного удается отмечать и действие всех потенциальных внешних стимулов.

По отношению к отдельному животному метод "Сплошного протоколирования" ("СП") может решать все те задачи, которые описаны для приводившихся ранее методов (поскольку сплошную форму записи можно легко преобразовать в любое из приведенных выше форматов наблюдений). Сплошное протоколирование позволяет подсчитывать истинную встречаемость и частоту различных форм поведения. Если фиксируется время перехода от одной формы к другой, то можно так же рассчитать длительность отдельных форм и оценить общие временные характеристики поведенческого потока. Метод «СП» при наблюдениях за отдельным (фокальным) животным дает возможность наиболее полной регистрации поведения и это единственный способ полного, без потерь, сбора данных о поведенческих последовательностях.

Наиболее типичное применение метода "СП" - это наблюдения за малодоступными объектами, т.е. наблюдения в ситуациях, когда общая продолжительность наблюдения заведомо невелика, а все увиденное представляет для наблюдателя большую ценность. Так, метод "СП" - основной при наблюдениях за животными в природе, где возможность их видеть крайне ограничена. При наблюдениях за животными в неволе аналогичное применение метода возможно для описания редких и быстротекущих событий, (например, родов). Таким образом, если интересующая вас форма поведения проявляется мгновенно или встречается сравнительно редко, то следует наблюдать именно методом «СП».

Ограничения метода связаны, во-первых, с невозможностью наблюдать за несколькими животными сразу, а во-вторых, с огромной избыточностью получаемой информации. Обработка таких данных чрезвычайно трудоемка, а поскольку в большинстве случаев исследователя интересует лишь часть получаемого материала, то подобные затраты времени и усилий не оправданы. Если поведенческие последовательности для вас не важны, а компьютер не используется, то можно таким образом продумать листы протоколов, что это существенно упростит сбор и обработку данных. По сравнению с другими методами в "СП" наиболее сильно сказывается элемент субъективности наблюдателя - будучи не в силах фиксировать действительно все, что происходит с животным, человек непроизвольно обращает большее внимание на более заметные или больше интересующие его поведенческие проявления.

При наблюдении методом "СП" удобно пользоваться диктофоном. Это позволяет практически не отрывая глаз от животного, наговаривать текст наблюдения (при этом, правда, возникает проблема расшифровки магнитофонных записей). Если пользоваться стереомагнитофоном и записывать на одну из дорожек отсчет времени (с другого магнитофона), а на другую через микрофон записывать собственно наблюдение, то по получившейся в результате совмещенной записи можно достаточно тонко выделить временные параметры поведения. Еще большие возможности дает использование видеозаписей.

При ведении записи вручную возможно как использование системы условных значков, так и неформализованные словесные описания. Если применять запись с



помощью условных значков и при этом использовать таблицы с временной сеткой (например, строка – минута, разбитая на 12 ячеек – пятисекундных интервалов), то оказывается возможным оценивать длительность отдельных актов с точностью до 1/2 минимального интервала и фиксировать поведение с большой точностью. Однако, такая форма применения сплошного протоколирования требует использования записей отсчета времени, т.к. наблюдатель не успевает смотреть на часы.

Возможные сочетания. Метод "СП" не может сочетаться с одновременными наблюдениями другим методом, но, как говорилось выше, достаточно полные наблюдения методом "СП" могут быть обработаны также как наблюдения, сделанные любым другим методом.

Примеры применения метода "Сплошное протоколирование."

Метод неоднократно применялся на этапе предварительных наблюдений за малознакомым объектом. Непосредственно в процессе этих наблюдений и при обработке записей производили выбор уровня дробления поведенческого потока, составляли этограммы, определяли частоты встречаемости тех или иных элементов, динамику активности объекта наблюдений.

Методом "СП" проводили описание родов у нескольких видов копытных в зоопарке. Метод позволял четко фиксировать ряд важнейших временных параметров (начало и конец каждой серии схваток, начало и конец выхода плода и т.п.), сочетая это с максимально подробным, не формализованным описанием поведения самки перед родами и во время них.

### **2.3.6. Свободное наблюдение**

“Ad Libitum” (Altmann, 1974)

Подразумевает свободную по форме запись событий. Не требует ни какой специальной подготовки, но и не обеспечивает данных, пригодных для количественного анализа. Можно сказать, что это наблюдение без применения каких-либо специальных методов.

Этот метод эквивалентен традиционным полевым заметкам и обычно применяется при несистематических, неформализованных наблюдениях, предшествующих количественному исследованию. Так же используется для регистрации редких, необычных событий. Хайнд (Hinde, 1973) заметил, что колонка “комментариев” в протоколах наблюдений, заполняемая этим методом, полезна для регистрации такого рода информации.

В Таблице 2 суммированы основные методы отбора данных

Таблица 2. Методы отбора данных. (по Crockett, 1996 с изменениями).

Метод отбора данных	Что фиксируют	Комментарии и применение
Свободное наблюдение	Изменения в поведении	Обычные полевые пометки. Используется для предварительных наблюдений и при составлении этограмм
Сплошное протоколирование	Изменения в поведении	Для регистрации частоты отдельных форм поведения, в особенности - редких форм с короткой продолжительностью Для подсчета относительных частот Для подсчета длительностей событий Для анализа поведенческих последовательностей.
«Стимул-реакция»	Значимые изменения в окружающей среде (стимулы) и соответствующее им во времени поведение животных (реакции)	Для определения действия конкретных стимулов Для определения круга внешних воздействий, влияющих на активность животного
Регистрация отдельных поведенческих проявлений	Заранее определенные изменения в поведении	Для регистрации частоты и длительности интересующих исследователя действий, их точной последовательности и направленности.
Временные срезы	Момент во времени	Наиболее употребим для расчетов бюджетов времени, форм активности, синхронизации поведения в группе; обычно дает хорошее совпадение данных, полученных разными наблюдателями
“Да/нет”	Интервал во времени	Не рекомендуется, за исключением случаев, когда исследователя интересует только сам факт определенного события в заданном интервале времени

#### 2.4. Методы распределения внимания в пространстве.

Наблюдатель не может одновременно охватывать вниманием все происходящее, ему приходится ограничивать сферу своего внимания. Если в поле зрения наблюдателя одновременно находятся несколько животных, то возникает вопрос: чьи действия описывать в данный момент времени? В англоязычной литературе решение этой проблемы называется способом фокусировки наблюдения (Crockett, 1996). Существуют три основных варианта ответов на этот вопрос, причем избранный вариант должен быть заранее оговорен в методике.

##### 2.4.1. "Тотальное наблюдение".

Если применяемая методика наблюдений, количество животных и их активность позволяют, то запись ведут за всеми животными сразу. При этом необходимо четко отмечать время исчезновения того или иного животного из поля зрения или появление в поле зрения нового объекта наблюдения.

Тотальное наблюдение, как правило, применяют при методике «Регистрации отдельных поведенческих проявлений», реже, наблюдая по методу «Временных срезов». При других методах тотальное слежение за животными обычно бывает возможно лишь с применением видеозаписи и последующим анализом.

##### 2.4.2. Наблюдение за фокальным животным.

В том случае, если постоянно контролировать состояние всех животных в группе не удастся, выделяют одно или несколько доступных для наблюдения животных (например «пара мать-детеныш» или «все самки») и ведут запись за ними. При этом принцип выбора таких «фокальных» объектов и длительность наблюдений за ними могут быть различны. Можно в течение стандартных промежутков времени наблюдать за каждым животным группы по очереди; можно выбирать в качестве «фокального» животное, проявляющее в момент наблюдений наибольшую активность или наиболее важные с точки зрения наблюдателя формы активности и наблюдать за такими животными в течение стандартных или произвольно выбираемых (например пока не кончится период активности) отрезков времени. Если нет стандартного периода «фокального слежения», то обычно стремятся к концу серии наблюдений получить

равные объемы материала (суммарные длительности наблюдений) для всех животных в группе. Все сказанное о «фокальном животном» справедливо и для «фокальной группы», которая, однако, не должна превышать 7 особей. Наблюдение за «фокальным животным» – единственно возможный способ выделения объекта при «сплошном протоколировании». Фокальных животных обычно выделяют, наблюдая по методу «Стимул-реакция». При наблюдении методом «Регистрации отдельных поведенческих проявлений фокальные животные выделяются в тех случаях, когда наблюдатель не успевает фиксировать интересующие его проявления у всех членов группы. Применение метода «Временных срезов» обычно позволяет наблюдать не за одним фокальным животным, а за фокальной группой. Если решено наблюдать одновременно только за одним животным, то для адекватной характеристики каждого объекта общее время наблюдений приходится сильно увеличивать.

При описании методики работы желательно указывать, как выделялись фокальные животные, как долго за ними наблюдали и чем обусловлен переход с одного фокального объекта на другой.

Иногда вместо фокального животного бывает целесообразно выделять «фокальное пространство»: внимание фокусируется на определенном месте в вольере, таком как гнездовой ящик или кормушка, и отмечают все, что происходит в этом месте.

#### **2.4.3. Сканирование.**

Сканирование подразумевает учет поведения целой группы (или подгруппы), при котором наблюдатель должен визуальное “перебирать” (сканировать) поведение всех особей. Сканирование – это одномоментные регистрации состояния каждого животного в группе по очереди. При исчезновении или появлении в поле зрения наблюдателя новых животных порядок сканирования изменяется. Сканирование применяется при наблюдении методом «Временных срезов» за объектами, чье состояние сложно описывать сразу. Хотя сканирование группы объектов занимает больше чем “мгновение”, наблюдатель фиксирует лишь то состояние, в котором находился каждый из объектов, когда на него был “впервые брошен взгляд” (или после 5 секунд наблюдения, если применялся метод “считай до пяти”). Для избегания предвзятости сканирование должно проводиться упорядочено, например, всегда от левого угла клетки к правому. При этом исчезает одновременность «ВС» и соответственно возможность изучать синхронизацию поведения.

#### **2.4.4. Периоды регистрации.**

По многим причинам, связанным с употреблением регистрационных таблиц и облегчением анализа данных, удобно разделять весь период наблюдений на равные по длительности периоды регистрации. Есть несколько типов такого деления, но в общем фокальный период регистрации определяется, как время, в течение которого конкретная особь, поведение или местоположение находятся под наблюдением. Поскольку особи – наиболее распространенные объекты “фокусировки”, то удобно оперировать этим примером. В общем, чем больше особей должно регистрироваться в течение периода наблюдений, тем короче будет фокальный период регистрации одной особи.

Перед началом работы определяется основной период наблюдений, который включает в себя полный цикл сбора данных, т.е. наблюдения за каждым объектом один и только один раз в случайном порядке. Скажем, основной период наблюдений равен одному часу. Если наблюдается пять объектов, то фокальный период регистрации будет равен 10 минутам, с использованием дополнительных 10 минут в течение основного периода на непредвиденные задержки или для записи различного рода данных между фокальными регистрациями.

Если методика требует регистрации данных нескольких разных типов, определите основной период наблюдений достаточно длительным, чтобы успевать регистрировать все необходимое. Если есть только один объект или под наблюдением находится вся группа одновременно, то основной период наблюдений и фокальный период регистраций становятся синонимами.

Продолжительность основного периода наблюдений должна быть короче, чем “порог утомления”, причем надо учитывать, что этот порог достигается быстрее, если наблюдателя окружает толпа шумящей публики.

Для анализа данных и их статистической обработки лучше всего в каждый день наблюдений проводить одинаковые по длительности и по числу фокальных периодов регистрации наблюдения.

### **Глава III. Методы обработки этологических наблюдений.**

Задача этого раздела - познакомить читателя с некоторыми подходами и методами, которые употребляют при анализе данных, полученных при наблюдениях за поведением.

Не предполагается, что здесь содержится вся необходимая для этого информация - для пополнения знаний можно использовать рекомендованную литературу. Некоторые аспекты анализа данных лучше разобрать *до того*, как будет выбран метод регистрации. Как отмечалось выше, предварительный анализ важен - он может подсказать форму регистрационных таблиц, состав этогаммы или порядок регистрации.

#### **3.1. Обработка первичных данных.**

При обработке данных стоит принять во внимание три важных соображения.

1. В тех случаях, когда в анализе используются абсолютные значения, данные по каждому объекту и/или сессии наблюдений должны быть основаны на одинаковых по продолжительности периодах наблюдений. Однако, чаще периоды наблюдений различаются по длительности, и тогда результаты необходимо выразить через доли или проценты. Исследователь так же должен решить, принимать ли за сто процентов весь период наблюдения (или все временные срезы) или только те моменты, когда объект был в поле зрения (смотри замечания в разделах 1.10 и 2.3.2).

2. Если условия наблюдений различаются, то желательно, чтобы каждое наблюдение вносило одинаковый вклад (одинаковое время или одинаковое число срезов) в общую сумму. В противном случае если, например, в тот день, когда сессия наблюдений была особенно длинной, температура была необычно низкой, то поведение животного при низкой температуре окажется представленным в результатах больше, чем в действительности. Методы, при которых в каждом блоке наблюдений каждый объект наблюдается равное время (или делается равное число срезов), позволяют избегать многих проблем. Однако, длительность “отсутствия в поле зрения” для разных объектов и для разных дней наблюдения, осложняет анализ.

3. В тех случаях, когда при наблюдении за фокальным животным регистрируются не только все инициируемые им контакты, но и все контакты направленные на него, требуется соблюдение специальных условий при некоторых методах анализа. Например, при регистрациях, когда фокальное животное - **A** и при регистрациях, когда фокальное животное - **B** все их взаимодействия будут отмечены. Каждая выборка («а» или «в» или обе «а»+ «в») дадут оценку частоты взаимодействий этих объектов. Если за основу берется суммарное время наблюдения за объектом **A** и объектом **B**, то каждая клетка матрицы встречаемости может использоваться для оценки частоты взаимодействий в час этой пары животных. Однако, следует учитывать, что в то время, когда фокальным объектом был **B**, не регистрировались взаимодействия между **A** и другими членами группы. Таким образом если **A** чистил **B** всего 9 раз за то время, когда они были фокальными животными, и **A** чистил **C** один раз, когда **C** был фокальным животным; то в общей сложности **A** произвел 10 чисток. Хотя каждое из трех животных было фокальным, допустим, в течение часа наблюдений, но нельзя поделив 10 чисток на три часа получить для **A** частоту чисток в час, равную 3,3, поскольку во время фокального наблюдения за **B** не регистрировались взаимодействия между **A** и **C**. Чтобы посчитать среднюю частоту для каждой особи, нужно рассчитать частоты для каждой пары, сложить их и разделить сумму на число особей. Таблица 3 представляет ряд рассчитываемых обычно при обработке данных наблюдений статистических показателей

### 3.2. Методы статистической обработки.

Применение методов статистической обработки позволяет получать пригодные для сравнения количественные характеристики поведения, проводить саму процедуру сравнения, а также устанавливать зависимость между отдельными переменными, характеризующими поведение. Задача статистических тестов – определить, в какой степени наблюдаемые количественные оценки могут быть отнесены ко всей популяции (полной группе данных), из которой получены данные, подвергшиеся анализу.

Таблица 3. Показатели, употребляемые при анализе поведенческих данных.

Показатель	Определение
Встречаемость	Суммарное число проявлений каждого типа поведения, зарегистрированных любым методом отбора данных за весь период. Может использоваться в статистических тестах, только в том случае, если все периоды наблюдений были одинаковой продолжительности.
Взвешенная встречаемость	Общее число, взвешенное так, что все пробы становятся эквивалентны (т.е. вводятся необходимые поправочные коэффициенты в тех случаях, когда длительности периодов наблюдений за разными объектами или в разные дни неодинаковы).
Доля	Часть, выраженная в виде десятичной дроби, например $5/8=0.63$
Вероятность или относительная частота	Встречаемость данной формы поведения, деленная на количество регистраций всех форм поведения; показывает вероятность того, что данная форма поведения попадет в случайно выбранный единичный отрезок наблюдения. Выражается через доли, например, если результаты исследования показывают, что в 631 из 1000 временных срезов животное проявляет форму поведения А, то можно заключить, что вероятность проявления этого поведения в любой момент времени равна 0.631.
Процент	То же, что и доля, но умноженное на 100, так что целое равно 100% (целое долей и вероятностей равно 1.0)
Частота	Количество регистраций единичного события, деленное на время наблюдения (в зависимости от размерности периодов времени в час, в 10 минут, в минуту и т.д.)
Средняя длительность акта	Суммарная длительность формы поведения, деленная на встречаемость этой формы.
Средняя длительность в час	Суммарная длительность формы поведения, в минутах деленная на длительность наблюдения в часах, выраженная в виде десятичной дроби (среднее число минут в час, когда фиксируется данное состояние).
Средний показатель для особи	Сумма средних показателей (частот, длительностей, долей и т.д.) для всех особей, деленная на число особей в группе.
Процент времени (в непрерывных наблюдениях) <sup>а</sup>	(Общая продолжительность формы поведения, деленная на общую продолжительность наблюдений) x 100
Процент времени (при сканирующих наблюдениях) <sup>а</sup>	(Число регистраций с данной формой поведения, деленное на общее число регистраций) x 100

<sup>а</sup> Если этот процент выразить как пропорцию, то он покажет вероятность того, что данное поведение будет зафиксировано наблюдателем в любой, случайно выбранный момент.

Исследователям поведения так же приходится использовать статистические тесты для проверки гипотез и для иллюстрации выводов. “Значимость” различий обычно не удается различить “на глаз” по графическим данным, если в них не приводится оценка ошибки (вариабельность).

Статистические тесты построены таким образом, что позволяют судить о возможности принять альтернативную гипотезу (то, что мы предсказывали или на подтверждение чего надеялись) и отвергнуть альтернативную «нулевую» гипотезу.

Например, согласно нулевой гипотезе средние частоты агрессивных взаимодействий в двух вольерах, не различаются. Отклонение нулевой гипотезы означает, что мы можем принять альтернативную гипотезу, согласно которой средние двух выборок статистически достоверно различаются и, значит, агрессивность животных в двух вольерах действительно различается.

Применяемая в биологии современная математическая статистика обладает широким набором методов, позволяющих решать самые разные, в том числе и очень сложные задачи. В настоящем пособии мы приводим лишь необходимый минимум

простейших методов статистической обработки. Желающим более подробно овладеть методами статистической обработки мы рекомендуем внимательно ознакомиться с соответствующими рекомендациями Британской и Ирландской Ассоциации Зоопарков и Аквариумов, опубликованными в этом издании, а также обратиться к специальной литературе. Весьма полезными для углубления понимания статистики и методов анализа данных могут оказаться «Руководства пользователей» для статистических компьютерных программ.

Большинство применяемых в биометрии критериев и коэффициентов рассчитаны на те случаи, когда данные подчиняются какому-либо известному распределению (чаще всего – нормальному); такие критерии называются параметрическими. Практически все они мало подходят для исследования поведения, так как здесь вид распределения обычно бывает неизвестен, а нормальные распределения встречаются редко. В то же время параметрические тесты обладают большей чувствительностью и бывают необходимы для методов многофакторного анализа. Везде, где для параметрических статистик используются проценты или доли, рекомендуется преобразовать данные, приведя их к нормальному виду теми или иными преобразованиями (например:  $q = \arcsin \sqrt{p}$ , где  $p$ -доля: Sokal & Rohlf, 1969).

Для решения этологических задач больше подходят критерии непараметрической статистики (ранговые критерии), описанию которых мы, в основном, и посвятили этот раздел.

Непараметрические тесты представлены во всех пакетах статистических программ, однако при необходимости большинство из них можно легко подсчитать вручную и с помощью карманного калькулятора. Для ознакомления с этими тестами полезно просмотреть опубликованные исследования, обращая внимание на то, в каких случаях какие тесты были использованы. Старайтесь разобраться, что являлось единицей анализа или каким образом должны быть представлены данные, чтобы использовать этот тест.

**3.2.1. Единицы анализа.** Единицей анализа в статистических тестах могут быть такие характеристики, как: общее число проявлений (встречаемость) форм поведения, частота проявлений в час, процент времени, затрачиваемого на данную форму поведения, суммарная продолжительность, или средняя продолжительность данной формы. Кроме того, необходимо определить, будет ли учитываться все подсчитанные характеристики или для каждого животного будет учитываться только одна характеристика на учетный период, или одна характеристика будет учитываться для каждого поло-возрастного класса. Если наблюдаемые особи были индивидуально неразличимы, то каждый период наблюдений дает усредненную характеристику или сумму по всем индивидам. Выбор подходящих единиц анализа частично зависит от применяемых статистических тестов. Иногда этот выбор определяется стремлением увеличить размер выборки, поскольку при одинаковых различиях между двумя средними результаты тем более достоверны, чем больше размер выборки. Многие исследования животных в неволе охватывают небольшие группы, в которых слишком мало особей, чтобы данные по особи были использованы в качестве единицы анализа в каком-нибудь статистическом тесте. В таких случаях размер выборки можно увеличить, используя в качестве единицы анализа данные по особи за период наблюдения или за условленный временной отрезок. Однако этот прием возможен лишь в тех случаях, когда внутрииндивидуальная изменчивость (различия между разными наблюдениями за одним и тем же животным) меньше, чем межиндивидуальная изменчивость (различия между показателями для разных животных).

### **3.2.2. Проблема независимости.**

Теоретически, для целей статистического анализа данные (единицы анализа, описанные выше) должны быть независимы. Например, частота проявления данной формы поведения одной особью не должна быть связана с такой же частотой другой особи, или проявление одной формы поведения не должно влиять на вероятность проявления другой формы. В действительности, допущение о независимости часто нарушается социальными взаимодействиями, которые обычно влияют на поведение

других членов группы. Более того, когда тестируется более одной взаимоисключающей и исчерпывающей формы поведения, статистические результаты для этих форм не являются независимыми: если поведение определяется как либо “социальное” либо “несоциальное”, то, обнаружив достоверные различия в социальном поведении при разных условиях, мы гарантировано получаем статистически достоверные различия и по альтернативной форме - несоциальному поведению. По этой причине иногда применяется переход от рассмотрения доли к рассмотрению частоты встречаемости событий, что позволяет добиться большей стабильности применения тестов.

Другой аспект независимости - это автокорреляции во времени, или вероятность того, что проявление поведения в данный момент времени будет влиять на возможность наблюдать это же поведение в следующий момент времени. Очевидно, что чем короче временной промежуток между последовательными “моментами”, тем скорее проявятся автокорреляции во времени. Если результаты “временных срезов” или непрерывных регистраций переводятся в проценты, а в качестве единицы анализа используется одно наблюдение, то проблемы автокорреляции не возникает: чем короче интервалы, тем точнее оценка процентного соотношения исследуемых форм активности. Однако, анализ случайных распределений (хи-квадрат, тесты соответствия распределениям) используют в качестве единицы анализа отдельную регистрацию и при этом требуют “точечно-независимых” данных. Если, например, необходимо сравнить использование нескольких разных частей вольеры, то один из способов - подсчет временных интервалов, которые животное проводит в каждой части, но, поскольку сложно предположить, что такие результаты не были скоррелированы во времени (т.е. нахождение животного на конкретной ветке было независимым от того факта что мы обнаружили его там минуту назад), то эти данные нельзя обрабатывать тестом хи-квадрат.

Временной интервал, при котором можно предполагать независимость последовательных регистраций, варьирует для разных форм поведения, для разных видов и т.д., В качестве общей рекомендации можно посоветовать выбирать такой интервал больше, чем средняя непрерывная длительность самой протяженной из анализируемых форм поведения.

#### Пример.

В зоопарке города Вудлэнд (Великобритания) изучали использование вольеры снежными барсами (Ketchum, 1985). Временные срезы делали через каждые 20 секунд, что с большой вероятностью приводило к сильной автокорреляции данных. Вольеру поделили на четыре части (на основании доступности для обозрения публикой и возможностей обзора для животных), и подсчитали процент временных срезов, которые приходились на пребывание животных в каждой части. Для того, чтобы обработать результаты тестом хи-квадрат, который требует независимости данных и, кроме того, данные о встречаемости, а не о проценте событий, проценты были умножены на *число фокальных периодов регистраций*. Получили оценки встречаемости за один фокальный период. Поскольку периоды регистраций следовали друг за другом не менее, чем через два часа, а часто более, чем через день, то получившиеся оценки встречаемости вполне можно было считать независимыми. *Ожидаемые значения встречаемости* подсчитали, умножив число периодов регистраций на процент каждой из рассматриваемых частей от общей площади вольеры. (Ожидаемая встречаемость в этом тесте - это то, что мы можем “ожидать”, если снежные барсы используют части вольеры пропорционально доступности (площади) этих частей, т.е. не оказывают отдельным частям никакого предпочтения).

В требовании независимости заключается простая логика: Напомним, что мощность статистических тестов увеличивается с размером выборки. Очевидно, что чем чаще следуют друг за другом временные срезы, тем больше срезов будет одном периоде регистраций. Ясно, что можно подобрать столь короткий интервал, что статистическая значимость результатов будет гарантирована, но такой путь очевидно не корректен. С другой стороны использование техники умножения долей на число периодов наблюдений, при которой каждый фокальный период наблюдений дает отдельную “точку” данных,

позволяет принять допущение, что каждый период наблюдений дает независимую оценку поведения. Используя подобную технику необходимо, однако, помнить о важности сбалансированности или случайного распределения во времени периодов наблюдений, так, чтобы не вносить систематической ошибки.

Требование независимости уменьшает число тестов, приемлемых для обработки поведенческих данных.

### 3.2.3. Характеристики ряда.

Результаты многократных измерений однотипных параметров в статистике называются рядом. Примеры рядов этологических данных: измерения длительности проявлений определенного поведенческого акта одним животным (много измерений) или многими животными одного вида (пола, возраста, состояния и т.п.) - по одному измерению каждого животного; аналогичные данные о частоте проявления определенных действий; доли определенной формы активности в бюджетах времени различных животных одного вида и т.п. Все данные ряда объединены каким-то общим признаком, который находится в центре внимания исследователя. Все данные ряда обязательно обладают одной размерностью, т.е. измеряются в одинаковых единицах.

Для характеристики ряда используют четыре основных параметра: среднюю арифметическую, медиану, среднее квадратичное отклонение и коэффициент вариации; а также ошибки этих показателей (в первую очередь ошибку средней).

Средняя арифметическая характеризует среднюю величину членов ряда. Она вычисляется, как сумма значений всех членов ряда, деленная на число членов этого ряда:

$$M = \frac{\sum x}{N} \quad (1)$$

Медиана – это срединная точка ранжированного (т.е. расположенного в порядке увеличения значений) ряда, так, что половина значений ряда больше медианы, а половина – меньше. Например, для ряда 2 3 4 5 6 медиана равна 4, а для ряда 3 4 5 6 – медиана равна 4,5. Смысл применения медианы в том, что она нивелирует влияние сильно отклоняющихся крайних вариантов (например, для ряда 2 3 4 5 250, как и в приведенном выше примере, медиана равна 4). Это свойство медианы часто оказывается важным при анализе результатов этологических наблюдений.

Среднее квадратичное отклонение отражает то, насколько отдельные члены ряда отклоняются от среднего значения, среднее квадратичное отклонение имеет ту же размерность, что и члены ряда. Для вычисления среднего квадратичного отклонения есть несколько формул:

$$\sigma = +\sqrt{\frac{\sum (x - M)^2}{N - 1}} \quad (2) \quad \sigma = +\sqrt{\frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N}}{N - 1}} \quad (3) \quad \sigma = +\sqrt{\left(\frac{\sum x^2}{N} - M^2\right) \frac{N}{N - 1}} \quad (4)$$

где  $\sigma$  - среднее квадратичное отклонение,  $\sum x^2$  - сумма квадратов значений всех членов ряда,  $(\sum x)^2$  - квадрат суммы всех членов ряда,  $N$  - число членов ряда,  $M$  - средняя арифметическая ряда,  $\sum (x - M)^2$  - сумма квадратов разностей каждого члена ряда и средней арифметической.

Коэффициент вариации это выраженное в процентах отношение среднего квадратичного отклонения к средней арифметической:

$$CV = \frac{\sigma}{M} \times 100\% \quad (5)$$

В отличие от среднего квадратичного отклонения, коэффициент вариации - безразмерная величина, поэтому, он может служить для сравнения по степени варибельности любых рядов. Ошибки основных показателей вычисляются по сравнительно простым формулам:



ошибка средней арифметической: 
$$m_M = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \quad (6)$$

ошибка среднего квадратичного отклонения: 
$$m_\sigma = \frac{\sigma}{\sqrt{2N}} \quad (7)$$

ошибка коэффициента вариации: 
$$m_{cv} = \frac{CV}{\sqrt{2N}} \quad (8)$$

Приводя числовые данные в тексте или в таблицах вначале ставят значение параметра, затем знак  $\pm$ , а после него - значение ошибки. Например, средняя продолжительность демонстрации угрозы жеребцом лошади Пржевальского равна  $15 \pm 8$  сек.

Помимо этого характеризуя ряд иногда приводят его размах, т.е. пределы варьирования – наименьшее и наибольшее значения.

### 3.2.4. Корреляция.

В тех случаях, когда исследователь видит или имеет основания предположить, что изменения двух рассматриваемых показателей как-то связаны между собой, встает задача охарактеризовать эту связь. Такая задача решается с помощью коэффициентов и показателей корреляции. Все корреляционные характеристики вычисляются в ходе сравнения двух рядов. При исследованиях поведения корреляцию часто рассматривают в связи с изучением взаимозависимости разных форм поведения одного или разных животных, взаимозависимости общего уровня активности разных животных, зависимости какого-либо поведенческого проявления от действия некоторого внешнего фактора (во всех этих случаях сравниваемые ряды состоят из попарно-одновременных количественных оценок обоих сравниваемых явлений, причем данные о поведении необходимо привести в пригодный для сравнения вид - число проявлений в единицу времени или доля данной формы активности в бюджете времени). Есть ещё одна обширная область применения корреляционного анализа. Предположим, что исследователь изучает некоторое свойство животного, которое не может быть измерено непосредственно, но которое можно оценить на основе нескольких других показателей, поддающихся прямому измерению. Пример такого свойства - агрессивность. В данном случае все характеристики этого одного свойства должны коррелировать между собой. Если такая корреляция отсутствует, то предположение о том, что все характеристики отражают одно свойство - ошибочна.

Применяя корреляционный анализ, следует иметь в виду, что наличие даже очень сильной корреляционной связи ещё не означает существования между сравниваемыми показателями функциональной зависимости типа «А меняется потому, что изменилось Б». Очень часто корреляция является следствием того, что оба показателя тесно связаны с некоторым третьим, нами не учитываемым: "А и Б меняются потому, что изменилось В".

Мы рассмотрим два ранговых показателя корреляции. Для вычисления любых ранговых показателей, в том числе и ранговых коэффициентов корреляции, необходимо провести ранжирование сравниваемых рядов. Ранжирование - это замена числовых значений ряда порядковыми номерами этих значений, если располагать их от большего к меньшему в порядке убывания. Если ряд имеет совпадающие числовые значения, то каждому из них присваивается одинаковый ранг, равный среднему арифметическому номеров, занимаемых одинаковыми значениями. Например, ранжируя следующий ряд: 14, 35, 67, 75, 14, 5, 78, 32, 90, 14, 75, 12.

получаем: 9 6 5 3,5 9 12 2 7 9 1 3,5 11

(ранг 75 равен  $(3+4)/2=3,5$ ; а ранг 14 равен  $(8+9+10)/3=9$ ;

следующие за ними значения получают соответственно ранги 5 и 11).

### 3.2.4.1. Показатель ранговой корреляции Спирмена.

Предположим, что при изучении зависимости определенных поведенческих проявлений от внешнего фактора (например, длительности кормления матерью детеныша от числа людей, стоящих у клетки) были получены следующие два сопряженных ряда:

X - 3, 7, 4, 9, 3, 4, 4, 8, 1, 6

Y - 15, 4, 12, 6, 8, 10, 8, 0, 25, 4

Эти ряды получены в результате одновременных (относящихся к одному дню) оценок продолжительности кормлений (X) и среднего числа посетителей, находящихся одновременно у клетки (Y). Таким образом, каждому значению ряда X соответствует значение ряда Y. Проведя с обоими рядами процедуру ранжирования, получаем:

X - 8,5 3 6 1 8,5 6 6 2 10 4

Y - 2 8,5 3 7 5,5 4 5,5 10 1 8,5

Далее вычисляют разности рангов в сопряженных парах:

(X-Y) - 6,5; -5,5; 3; -6; 3; 2; 0,5; -8; 9; -4,5

Члены полученного таким образом ряда возводятся в квадрат и суммируются:  $\Sigma(X-Y)^2 = 42,25 + 30,25 + 9 + 36 + 9 + 4 + 0,25 + 64 + 81 + 20,25 = 296,00$

Полученное значение подставляют в формулу для вычисления ранговой корреляции:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum \delta^2}{N(N^2 - 1)} \quad (9)$$

где

$\delta$  - разность рангов попарно сопряженных значений,

$\Sigma \delta^2$  - только что вычисленная сумма квадратов разностей,

N - объем сравниваемых рядов (число пар сопряженных значений)

$\rho$  - показатель корреляции Спирмена.

В нашем примере показатель корреляции равен:

$$\rho = 1 - \frac{6 \times 296}{10 \times (100 - 1)} = 1 - \frac{1776}{990} = 1 - 1,79 = -0,79$$

Проверить значимость показателя корреляции можно по формуле:

$$\rho_{кр} = \frac{2,58}{\sqrt{N-1}} \left(1 - \frac{0,69}{N-1}\right) \quad (10)$$

Если вычисленное по этой формуле критическое значение меньше, чем полученное значение показателя корреляции или равно ему, то наличие корреляционной связи можно считать установленным. Подставляя в формулу (10) значение N = 10, получаем = 0,79. Следовательно, наметившуюся отрицательную зависимость между длительностью кормления и числом посетителей можно считать достоверной.

### 3.2.4.2. Коэффициент ранговой корреляции Кендала.

Этот ранговый коэффициент корреляции позволяет решать те же задачи, что и показатель корреляции Спирмена, однако обладает большей строгостью, т.к. для одних и тех же данных значение коэффициента Кендала меньше, чем значение показателя Спирмена.

Для вычисления коэффициента Кендала после процедуры ранжирования один из рядов выстраивают в порядке возрастания рангов. Сопряженные значения рангов второго ряда ранжируют вместе с первым, т.е. передвигают одновременно так, что они тоже занимают соответствующее положение. После этого для каждого значения второго ряда выписывают количество рангов, которые, находясь правее его, превышают его по величине. Выписанные показатели суммируют и полученное значение (R) подставляют в формулу коэффициента Кендала:

$$\tau = \left[ 4 \times \frac{R}{N} (N - 1) \right] - 1 \quad (11)$$

где N - объем сравниваемых рядов.

Вычислим коэффициент Кендала для тех же данных, для которых мы вычисляли показатель корреляции Спирмена.

После размещения рангов ряда X в порядке возрастания получаем:

X: 1; 2; 3; 4; 6; 6; 6; 8,5; 8,5; 10

Y: 7; 10; 8,5; 8, 5;3; 4; 5,5; 2; 5,5; 1

Правее первого значения ряда Y имеется 3 ранга, превышающие его по величине; правее второго значения - 0 превышающих его рангов. Для остальных значений ряда Y такие подсчеты дают:

0; 0; 3; 2; 0; 1; 0; 0:

Значение  $R = 3+3+2+1 = 9$ , подставляя это значение в формулу (11) получаем:

$$\tau = (4 \times 9)/(10 \times 9) - 1 = 0,4 - 1 = -0,6$$

Значимость коэффициента корреляции оценивают по формуле:

$$t = \frac{|\tau|}{\sqrt{\frac{2(2N+5)}{9N(N-1)}}} \geq 3 \quad (12)$$

В нашем примере  $t = 2,4$ , это значит, что значение ранговой корреляции Кендала не дает основания утверждать достоверность отрицательной зависимости между длительностью кормлений и числом посетителей.

### 3.2.5. Методы сравнения рядов.

Излагаемые ниже методы позволяют делать заключения о том, насколько достоверно различаются между собой два сравниваемых ряда, а также сравнивать теоретически ожидаемую и реально наблюдаемую частоты каких-либо событий, или две реально наблюдаемых частоты друг с другом. Задачи такого рода, пожалуй, самые распространенные при обработке этологических наблюдений. Они возникают когда необходимо ответить на вопросы: у какого из двух животных (или в какой из двух групп) чаще (дольше) проявляются те или иные формы поведения; насколько связь между двумя животными выделяется из общего фона социальных взаимодействий в группе, действительно ли животное использует определенную часть вольеры более интенсивно, чем остальную площадь, насколько неслучайны те или иные действия объекта наблюдений и на другие подобные вопросы.

#### 3.2.5.1. Ранговый критерий Вилкоксона.

Этот критерий позволяет наиболее просто провести сравнение двух совокупностей, распределение которых неизвестно, по их основной тенденции и проверить существование между ними достоверных различий.

Вычисление критерия начинают с того, что проводят совместное ранжирование обоих рядов, причем варианты (значения), принадлежащие к разным рядам, либо выделяют цветом, либо записывают в двух столбцах (см. пример).

Если в обоих рядах окажутся совпадающие варианты, то их вычеркивают и в последующем не рассматривают. После этой процедуры членам объединенного ряда присваивают ранги так же, как это было описано выше. Далее вычисляют сумму рангов каждого из рядов и результаты подставляют в формулу:

$$t = \frac{N_x(N+1) - 2n_x}{\sqrt{N_x N_y (N+1)}} \quad (13)$$

где  $N_x$  - число членов ряда, обладающего меньшей суммой рангов,

$N_y$  - число членов ряда, обладающего большей суммой рангов,

$N=N_x+N_y$  - общее число членов совокупного ряда

$n_x$  - меньшая сумма рангов.

Если полученное значение превышает 1,13, то можно заключить о достоверности различий рядов.

Пример.

Проводя сравнение агрессивности самцов и самок в лабораторных группах пустынных грызунов - песчанок, получили следующие данные о средних частотах проявления агрессивных действий за час наблюдения 12 самцами и 16 самками:

самцы - 0,26; 0,17; 0,08; 0,67; 0,65; 0,09; 0,40; 1,2; 0,46; 0,25; 0,89; 0,44.

самки - 0,08; 0,04; 0,65; 0,26; 0,06; 0,08; 0,01; 0,87; 0,36; 0,44; 0,23; 0,66; 0,24; 0,90; 0,76; 0,56.

После сокращения членов, которые имеются в обоих рядах (0,26; 0,08; 0,65; 0,44) и проведения совместного ранжирования получаем:

самцы- 1,2; 0,89; 0,67; 0,46; 0,40; 0,25; 0,17; 0,09;

самки - 0,9; 0,87; 0,76; 0,66; 0,56; 0,36; 0,24; 0,23; 0,08; 0,06; 0,04; 0,01

Затем присваиваем каждому члену ряда соответствующий ранг:

самцы – 1 3 6 9 10 12      15 16

самки - 2 4 5 7 8 11 13 14      17 18 19 20

Сумма рангов самцов равна 72 (число членов ряда = 8); сумма рангов самок равна 138 (число членов ряда = 12). Подставляя полученные значения в формулу критерия, получаем:

$$t = \frac{8(20+1) - 2 \times 72}{\sqrt{8 \times 12(20+1)}} = \frac{168 - 144}{\sqrt{2016}} = \frac{24}{44,9} = 0,53$$

Поскольку полученное значение критерия (0,53) значительно меньше критического (1,13), у нас нет оснований для заключения о существовании существенных различий по частоте проявления агрессивных действий самцами и самками песчанок в лабораторных группах.

### 3.2.5.2. Критерий сравнения двух относительных частот.

Относительная частота служит в статистических исследованиях оценкой вероятности. Она вычисляется, как  $m/n$ , где  $m$  - число наблюдений, в которых зарегистрировано интересующее исследователя событие,  $n$  - общее число наблюдений (под "наблюдением" в данном случае имеется в виду любая регистрация, которая может или включать или не включать интересующее событие). Рассматриваемый критерий находит наибольшее применение при обработке наблюдений, сделанных по методу "временных срезов", однако интервалы между "срезами" должны быть достаточно велики, чтобы избежать автокорреляции во времени. Кроме того, надо учитывать, что данный тест подразумевает нормальное распределение выборок, из которых получены пробы и требует, чтобы эти выборки были независимы. В различных пособиях по статистике тест называется U-критерий (Гмурман, 2003), z-критерий (Sheskin, 2000) или просто «Критерий различия между двумя долями (Difference between two proportions) (Пакет «Statistica»).

Значение критерия вычисляют по следующей формуле:

$$U_{набл} = \frac{\frac{m_1}{n_1} - \frac{m_2}{n_2}}{\sqrt{\frac{m_1 + m_2}{n_1 + n_2} \left(1 - \frac{m_1 + m_2}{n_1 + n_2}\right) \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} \quad (14)$$

где индексами 1 и 2 отмечены значения  $m$  и  $n$ , относящиеся соответственно к первому и второму сравниваемым показателям. В случае если наблюдаемые значения критерия превышают 1,96 ( $p < 0,05$ )\* или 2,58 ( $p > 0,01$ )\*, есть основания считать различия

сравниваемых относительных частот (и оцениваемых ими вероятностей) достоверными. Запись <sup>1</sup> отражает уровень достоверности различий и означает, что вероятность ошибки принимаемого заключения равна соответственно 5 или 1%. 5-процентная вероятность ошибки - это обычный уровень значимости, принятый в биологических исследованиях.

Пример.

При изучении пространственного распределения активности животных в вольерах обнаружили, что животное А зарегистрировано около передней решетки вольеры 85/250 случаев (при вычислении этого критерия дроби не сокращают), а животное Б зарегистрировано на таком же по площади участке у передней стенки вольеры в 137/420 случаев. Требуется ответить на вопрос: есть ли между животными А и Б достоверная разница по степени использования пространства у передней решетки?

Подставляя данные наблюдений в формулу (14), получаем:

$$U = \frac{85/250 - 137/420}{\sqrt{\frac{85 + 137}{250 + 420} \left(1 - \frac{85 + 137}{250 + 420}\right) \left(\frac{1}{250} + \frac{1}{420}\right)}} = \frac{0,014}{\sqrt{0,33 \times 0,67 \times 0,009}} = \frac{0,014}{\sqrt{0,00199}} = \frac{0,014}{0,045} = 0,31$$

Поскольку наблюдаемое значение меньше критического, то делаем вывод об отсутствии достоверных различий.

### 3.2.5.3. Сравнение наблюдаемой относительной частоты с гипотетической вероятностью появления события.

При обработке этологических наблюдений часто возникает необходимость проверить, насколько полученные количественные данные согласуются с теми закономерностями, которые ожидал увидеть исследователь. Чаще всего проверяют предположение о случайном характере распределения наблюдаемых событий. Для этого наблюдаемую относительную частоту события сравнивают с его теоретической вероятностью, рассчитанной исходя из предположения, что это событие может с равной вероятностью произойти в поведении любого из нескольких сравниваемых животных или в любой из сравниваемых точек пространства, или в любой из сравниваемых отрезков времени и т.п.

Вычисление теоретической (гипотетической) вероятности представляет собой самостоятельную проблему, которая часто вызывает трудности у начинающих. Будучи не в силах дать исчерпывающие рекомендации по этому поводу, мы советуем обратиться к специальным учебникам по теории вероятности, а так же приводим ряд поясняющих примеров. Так, если исходить из равновероятности (случайности), то вероятность регистрации какого-либо события на определенном участке территории будет равна доле, которую площадь этого участка составляет от всей площади, на которой наблюдатель в принципе может отметить это событие. Такое же рассуждение справедливо и для отрезков времени. Вероятность того, что данный поведенческий акт совершит, например, самец (самка, молодое животное и т.д.) равна доле животных данной категории среди всех наблюдавшихся животных. Вероятность того, что в момент фиксации животное совершит определенное действие, равна доле подобных действий в бюджете времени. В более сложных случаях, когда интересующее вас событие состоит из нескольких событий, каждое из которых имеет собственную вероятность, применяется правило умножения вероятностей. Согласно этому правилу вероятность того, что одновременно произойдут несколько независимых событий, равна произведению вероятностей этих событий. Например, вероятность того, что животное совершит определенное действие в определенном месте, равна произведению вероятности совершения этого действия (его доли в бюджете времени) на вероятность нахождения в данном месте (долю регистрации

<sup>1</sup> Такая запись отражает уровень достоверности различий и означает, что вероятность ошибки принимаемого заключения равна соответственно 5 или 1%. 5-процентная вероятность ошибки – это обычный уровень значимости, принятый в биологических исследованиях.

животного в данном месте от общего числа регистраций). Такая вероятность вычисляется на основе предположения, что животное случайно выбирает место для совершения этого действия; это предположение и проверяется при сравнении вычисленной гипотетической вероятности с реально наблюдаемой относительной частотой. При анализе внутригрупповых взаимодействий гипотетические вероятности легко вычислять с помощью социометрической матрицы - квадратной таблицы, в которой в начале столбцов и строк в одинаковом порядке перечислен весь состав группы; диагональные клетки заштрихованы, а остальные клетки символизируют контакты между разными членами группы (по вертикали - инициатор контакта, по горизонтали - объект контакта). Общее количество не заштрихованных клеток (равное  $n^2 - n$ ) составляет 100%, а доля клеток, которые обозначают интересующие нас контакты, и будет равна гипотетической вероятности.

После того, как из данных наблюдений выделена наблюдаемая относительная частота и вычислена гипотетическая вероятность, оба эти значения подставляют в формулу:

$$U = \frac{(m/n - p_0)\sqrt{n}}{\sqrt{p_0q_0}} \quad (15)$$

где  $m/n$  - наблюдаемая относительная частота,  $p_0$  - гипотетическая вероятность,  $q_0 = 1 - p_0$ ,  $n$  - общее число регистраций. Критические значения те же, что и в предыдущем критерии.

Отметим, что и в этом случае следует проверять свои данные на отсутствие автокорреляции.

Пример.

Предположим, что в группе из пяти животных отмечено, что 14 из 120 контактов, происшедших между животными группы, были контактами между животным №1 и животным №3, зарегистрированные на участке, составляющем 3% от всей территории, доступной обоим животным. Проверяется предположение, что пребывание на этом небольшом участке животных №1 и №3 сопровождается их активным стремлением вступить в контакт друг с другом. Проверка строится "от противного", т.е. гипотетическая вероятность вычисляется на основе предположения, что все контакты распределяются случайным образом.

Построив социометрическую матрицу, видим, что контакты между животными 1 и 3 составляют при случайном распределении 2/20 от всех контактов группы. Гипотетическая вероятность такого события на участке, составляющем 3% доступной животным площади, равна:  $0,03 \times 2/20 = 0,003$ . Подставляем значения в формулу (15):

$$U = \frac{(14/120 - 0,003)\sqrt{120}}{\sqrt{0,003 \times 0,997}} = \frac{0,114 \times 10,95}{\sqrt{0,0029}} = \frac{1,249}{0,054} = 23,1$$

Наблюдаемое значение многократно превышает критическое и, следовательно, надо принять предположение, что эти два животных стремятся контактировать друг с другом в данном месте.

### 3.2.6. Характеристики сходства.

Часто при обработке этологических наблюдений возникает задача количественно оценить степень сходства поведения двух особей или поведения групп особей. Для решения этой задачи применяют коэффициенты подобия или сходства, большое количество которых выработано в статистике. Специальными исследованиями показано, что применение разных коэффициентов дает сходные результаты, поэтому здесь мы приводим лишь два наиболее употребляемых коэффициента.

### 3.2.6.1. Коэффициент сходства Шорыгина.

Этот коэффициент рекомендуется применять лишь для сравнения поведенческих характеристик (бюджетов времени, относительных частот встречаемости отдельных актов) тех животных, этограммы которых полностью совпадают, т.к. значение критерия зависит от числа выделяемых форм поведения. Для вычисления критерия данные о встречаемости или о месте в бюджете времени выделенных форм поведения должны быть представлены в виде процентов или долей единицы (суммарная встречаемость всех элементов этограммы или весь бюджет времени – 100% или 1,0). Процедуру вычисления коэффициента поясним на примере: допустим, что необходимо сравнить поведение двух животных, при наблюдениях за которыми использовали этограмму из 8 элементов. Были получены следующие результаты (Таблица 4):

Таблица 4. Встречаемость восьми форм поведения в бюджете времени двух животных.

	Формы поведения							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
встречаемость в поведении животного А (%)	25	12	8	5	3	37	9	1
встречаемость в поведении животного Б (%)	13	12	10	7	13	48	2	0
min значения	13	12	8	5	3	37	2	0

Вычисляя коэффициент Шорыгина, составляют ряд из минимальных значений встречаемости по каждой форме активности (нижний ряд) и суммируют члены этого ряда. В нашем примере сумма равна 80%, эта сумма и есть значение коэффициента Шорыгина. Коэффициент может быть вычислен не только для пары, но и для группы животных. Процедура вычисления при этом не изменяется, - также составляют ряд из минимальных значений встречаемости каждой формы поведения, который затем суммируют. Однако следует иметь в виду, что количество животных в группе, для которой вычисляют коэффициент, влияет на его значение. Поэтому сравнивать между собой можно только коэффициенты, подсчитанные для одинакового числа животных.

Значения коэффициента Шорыгина изменяются от 0 (при отсутствии общих элементов в поведении) до 100% (при полном сходстве поведения).

### 3.2.6.2. Коэффициент сходства Серенсена-Чекановского.

Этот коэффициент отличается от предыдущего тем, что оперирует непосредственно с количественными оценками, а не требует выражения их через проценты или доли единицы. Кроме того, имеется качественная модификация коэффициента, с помощью которой можно оценивать качественное сходство двух совокупностей (например, двух этограмм) по наличию в них общих элементов. Формула для оценки сходства количественных признаков выглядит следующим образом:

$$K_s = \frac{2 \sum_{i=1}^n \min(a_i, b_i)}{\sum_{i=1}^n a_i + \sum_{i=1}^n b_i} \quad (16)$$

где  $\sum_{i=1}^n \min(a_i, b_i)$  вычисляется также, как коэффициент Шорыгина, а  $\sum_{i=1}^n a_i$  и  $\sum_{i=1}^n b_i$  - это суммы всех значений сравниваемых совокупностей.

Пример.

Для двух видов животных, обладающих сходными наборами выразительных поз и движений, были вычислены средние значения длительностей проявления каждого из элементов этограммы (Табл.5). Для оценки степени сходства поведения животных этих двух видов по полученным данным вычисляли коэффициент сходства Серенсена-

Чекановского в его модификации для количественных признаков.

Таблица 5. Средние длительности проявлений десяти форм поведения у двух близких видов животных.

	Формы поведения									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
средняя длит. 1-го вида (сек.)	8	45	12	113	81	60	4	247	65	32
средняя длит. 2-го вида (сек.)	25	67	8	548	111	43	6	1391	63	68
наименьшие значения	8	45	8	113	81	43	4	247	63	32

$$\sum_{i=1}^n a_i = 667; \quad \sum_{i=1}^n b_i = 2330; \quad \sum_{i=1}^n \min(a_i, b_i) = 644$$

подставляя эти значения в формулу (16), получаем:

$$K_s = \frac{2 \times 644}{667 + 2330} = \frac{1288}{2997} = 0,430$$

Коэффициент Серенсена-Чекановского для вычисления сходства по качественным признакам рассчитывают по формуле:

$$K_s = \frac{2a}{2a + b + c} \quad (17)$$

где: а - число общих признаков 2-х сравниваемых совокупностей в - число признаков, принадлежащих только 1-й совокупности; с - число признаков, принадлежащих только 2-й совокупности.

Например, при сравнении двух этограмм, одна из которых состоит из 18, а другая - из 21 элемента, причем 15 элементов встречаются в обеих этограммах,

$$K_s = \frac{2 \times 15}{2 \times 15 + 3 + 6} = \frac{30}{39} = 0,769$$

Как и коэффициент Шорыгина, коэффициент Серенсена-Чекановского принимает значения от 0 до 1.

### 3.2.6.3. Индекс разнообразия Шеннона.

Оценки разнообразия поведения – могут быть получены с помощью индекса разнообразия Шеннона. Этот индекс обычно используется для оценок видового разнообразия в экологических исследованиях; однако с его помощью можно оценить и разнообразие поведения. Индекс подсчитывают по формуле (18):

$$H = \sum [p_i \times \log(1/p_i)] \quad (18)$$

где  $p_i$  – доля времени, затраченного на  $i$ -тую форму поведения. Значение индекса зависит как от числа регистрируемых форм поведения, так и от равномерности распределения времени, затрачиваемого на каждую форму поведения. Чем больше значение  $H$ , тем больше разнообразие поведения.

#### Пример

У отсаженного от матери белого медвежонка начал формироваться двигательный стереотип, который в течение шести дней принял законченную форму. Сотрудники зоопарка наблюдали как, по мере формирования стереотипа, снижается разнообразие поведения медвежонка (Вошанова, в печати). Данные наблюдений сведены в Таблицу ба.



Таблица 6а. Поведение белого медвежонка в ходе формирования стереотипа.

Дата	Формы поведения (доли в бюджете времени) - $p_i$							
	1	2	3	4	5	6	7	8
30.авг	0,089	0,000	0,099	0,017	0,709	0,009	0,019	0,057
31.авг	0,089	0,020	0,339	0,023	0,441	0,029	0,031	0,021
01.сен	0,121	0,022	0,522	0,031	0,183	0,008	0,073	0,039
02.сен	0,053	0,001	0,925	0,011	0,000	0,000	0,007	0,001
03.сен	0,014	0,009	0,921	0,009	0,000	0,005	0,038	0,001
04.сен	0,049	0,000	0,943	0,007	0,000	0,000	0,001	0,000

Для каждой ячейки таблицы вычислили значение  $\log(1/p_i)$  – Табл.6б.

Таблица 6б.

Дата	Формы поведения (значение $\log(1/p_i)$ )							
	1	2	3	4	5	6	7	8
30.авг	1,049		1,003	1,781	0,149	2,034	1,722	1,244
31.авг	1,049	1,706	0,470	1,640	0,356	1,544	1,506	1,678
01.сен	0,917	1,667	0,282	1,503	0,738	2,089	1,134	1,404
02.сен	1,275	3,022	0,034	1,953			2,159	2,867
03.сен	1,862	2,024	0,036	2,061		2,264	1,420	3,109
04.сен	1,310		0,025	2,155			3,109	

Перемножив значения в соответствующих ячейках обеих таблиц и просуммировав результаты по строке, получили значения коэффициента Шеннона (H) для каждого дня (Табл.6с)

Таблица 6с.

Дата	Формы поведения (значение $p_i \times \log(1/p_i)$ )								Коэфф. Шеннона (H)
	1	2	3	4	5	6	7	8	
30.авг	0,094	0,000	0,100	0,029	0,106	0,019	0,033	0,071	<b>0,451</b>
31.авг	0,094	0,034	0,159	0,038	0,157	0,044	0,047	0,035	<b>0,607</b>
01.сен	0,111	0,036	0,147	0,047	0,135	0,017	0,083	0,055	<b>0,632</b>
02.сен	0,068	0,003	0,031	0,022	0,000	0,000	0,015	0,004	<b>0,143</b>
03.сен	0,026	0,019	0,033	0,018	0,000	0,012	0,054	0,002	<b>0,164</b>
04.сен	0,064	0,000	0,024	0,015	0,000	0,000	0,002	0,000	<b>0,106</b>

### 3.2.7. Другие полезные формулы.

#### 3.2.7.1. Индекс распределения активности

Пространство, доступное животному, может быть представлено в виде схемы, разграфленной на квадраты (удобный размер стороны такого квадрата составляет 1,5-2 длины тела наблюдаемого животного). Регистрируя поведение животного, можно отмечать так же и его пространственную приуроченность (квадрат). Данные о пространственном распределении регистраций поведения можно использовать для оценки полноты использования животным доступного пространства; для этого вычисляется индекс распределения активности (19):

$$S = (M(n_b - n_a) + (F_a - F_b)) / 2(N - M) \quad (19)$$

где N – общее число регистраций объекта; M – средняя для всех квадратов частота регистраций;  $n_b$  – число квадратов с частотой регистраций меньшей M;  $n_a$  – число квадратов с частотой регистраций большей M;  $F_a$  – суммарное число регистраций в квадратах с частотой большей, чем M;  $F_b$  – суммарное число регистраций в квадратах с частотой меньшей, чем M. Если  $S=1$ , то это означает минимальное использование пространства, когда животное проводит все время в одном квадрате. Значение  $S=0$  свидетельствует о максимально равномерном использовании животным доступного пространства.

Пример.

В Московском зоопарке исследовали характер использования вольеры четырьмя жирафами (данные В.Е.Зубчаниновой, 2007). Площадь вольеры была условно поделена на квадраты по 50 м<sup>2</sup>, и разделена на 7 зон по 3, 6, 3, 3, 5, 13, 24 квадрата соответственно. Жирафов наблюдали методом «Временных срезов», отмечая их местоположение в вольере.

Результаты наблюдений представлены в левой части таблицы 7, подставляя подсчитанные параметры в формулу (19), получаем для каждого животного значения S.

Таблица 7. Использование вольеры четырьмя жирафами.

Животные	Число регистраций по зонам (квадратам)							Параметры						S
	1 (3кв)	2 (6кв)	3 (3кв)	4 (3кв)	5 (5кв)	6 (13кв)	7 (24кв)	M	N	n <sub>b</sub>	n <sub>a</sub>	F <sub>a</sub>	F <sub>b</sub>	
Кейптаун	469,5	65	39,5	75,5	27	6,5	5,5	43,8	2495	45	12	2025	470	<b>0,61</b>
Зимбабве	618,5	20	65,5	90	3	1	0,15	43,4	2473	48	9	2245	228	<b>0,76</b>
Верба	696	3,5	68	62	0	0	0	43,8	2499	48	9	2478	21	<b>0,85</b>
Липа	651,5	9	44	109,5	3,5	0,15	0,5	43,9	2500	48	9	2415	85,4	<b>0,82</b>

Результаты говорят о том, что все жирафы, а особенно молодые самки, используют лишь незначительную часть вольеры.

### 3.2.7.2. Индекс ассоциации

Часто бывает полезно знать какие особи в группе связаны друг с другом. Это оценивают методом «ближайшего соседа». Хороший и простой способ оценить подобные связи – вычисление индекса ассоциации по формуле (20):

$$I_a = N_{ab} / (N_a + N_b + N_{ab}) \quad (20)$$

Где N<sub>ab</sub> - число регистраций, когда А и В были видимы вместе; N<sub>a</sub> - число регистраций, когда А был виден, а В – нет; N<sub>b</sub> - число регистраций, когда В был виден, а А – нет. Значения индекса распределяются между 0 (ассоциация отсутствует) и 1 (полная ассоциация). Значение индекса, равное 0,5 говорит о том, что животных видят вместе так же часто, как и порознь.

Пример.

Исследовали пространственные отношения в группе лемуров во время их нахождения в просторной летней вольере, притом, что некоторые животные во время наблюдения могли находиться в сообщаемой с этой вольерой зимней клетке. Наблюдения вели методом «Временных срезов», отмечая один раз в день ближайшего соседа для каждого, находящегося в вольере животного. Результаты наблюдений сведены в социометрическую матрицу, представленную в Таблице 8.

Таблица 8. Регистрации ближайших соседей в группе из 5 лемуров.

	Животные (общее число регистраций)					
	1 (50 рег.)	2 (48 рег.)	3 (44 рег.)	4 (46 рег.)	5 (50 рег.)	
1			23	11	8	49
2	23			8	17	9
3	11	8		7		33
4	8	17	7			41
5	49	9	33	41		

На основе полученных результатов были рассчитаны необходимые показатели и вычислены значения индекса ассоциации (Табл.8а).

1-2	1-3	1-4	1-5	2-3	2-4	2-5	3-4	3-5	4-5
Nab=23	Nab=11	Nab=8	Nab=49	Nab=8	Nab=17	Nab=9	Nab=7	Nab=33	Nab=41
Na=27	Na=39	Na=42	Na=1	Na=40	Na=31	Na=39	Na=37	Na=11	Na=5
Nb=25	Nb=33	Nb=38	Nb=1	Nb=36	Nb=29	Nb=41	Nb=36	Nb=17	Nb=9
<b>0,307</b>	<b>0,133</b>	<b>0,091</b>	<b>0,961</b>	<b>0,095</b>	<b>0,221</b>	<b>0,101</b>	<b>0,088</b>	<b>0,541</b>	<b>0,745</b>

Результаты обработки свидетельствуют о наличии в группе преимущественных связей между животными 1-5 и 4-5 и об избегании друг друга животными 1-4, 2-3 и 3-4.

Описанные в этом разделе статистические методы не требуют применения специальных таблиц, необходимых при использовании большинства других статистических критериев. Для тех, кто сталкивается в своей работе с необходимостью применения подобных таблиц, а также для желающих самостоятельно освоить другие статистические методы, рекомендуем следующую литературу: Г.Н.Зайцев "Методика биометрических расчетов" М., "Наука", 1973; В.Е.Гмурман "Теория вероятностей и математическая статистика" М., "Высшая школа", 2003; Ю.А.Песенко "Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях" М., "Наука", 1982.

### **3.3. Методы наглядного отображения материала.**

Наглядные и сжатые формы представления результатов наблюдений позволяют решить три основные задачи: 1) ввести в текст работы максимальное количество фактического материала, 2) представить свои данные в таком виде, чтобы их легче было обдумывать и обсуждать; 3) пользуясь полученными результатами, представить иллюстрации к высказанным в "Обсуждении" положениям. Прежде, чем поместить в работу таблицу или рисунок составьте четкое представление о том, какую роль должна играть заключенная в данной иллюстрации информация.

Большинство иллюстраций в настоящее время делают при помощи соответствующих компьютерных программ, из которых можно выяснить и правила их составления. Ниже мы приводим общие требования к иллюстрациям и советы для тех случаев, когда эти иллюстрации приходится делать «вручную».

Все формы наглядного отображения данных должны отвечать некоторым общим правилам:

а) должны иметь название и порядковый номер (отдельно нумеруются таблицы, отдельно все остальные иллюстрации, называемые "рисунками", кроме того, если в тексте есть фотографии, то они могут либо так же нумероваться вместе с другими иллюстрациями, как "рисунки", либо иметь отдельную нумерацию, как "фотографии"); название иллюстрации должно быть хорошо продумано: оно, во-первых, должно верно отражать ее основное содержание, а во-вторых, название должно нести в себе максимум информации, позволяющей сократить пояснения к иллюстрации,

б) должны иметь четкие пояснительные надписи, позволяющие однозначно разобраться в том, что где изображено, что означает каждая приведенная цифра, в каких единицах приводятся количественные результаты;

в) рисовальные и чертежные работы, которые невозможно сделать в компьютерной графике, предпочтительно выполнять черной тушью.

#### **3.3.1. Таблицы.**

Используются для того, чтобы преподнести информацию в сжатом виде, дающем возможность сравнивать приводимые величины между собой. Как правило, содержат цифровые данные, но могут состоять из качественных оценок типа: "много", "часто", "легко" и т.п. (такие таблицы носят в основном иллюстративный характер).

Объекты, которые сравнивают, обычно помещают в столбцах таблицы, а параметры, по которым сравнивают эти объекты - в строках. Например, если задача таблицы - показать зависимость агрессивности от возраста, то в столбцах таблицы помещают различные возрастные категории, а в строках - равные показатели агрессивности. Если же на основе этих же данных решается задача показать, что животные разных возрастных классов вносят различный вклад во внутригрупповую агрессию, то показатели меняются местами - в столбцах показатели агрессии, а в строках - возрастные классы.

Если названия соответствующих строк и столбцов не уместятся в таблице, то можно вместо них проставить цифры, которые затем расшифровать в объяснениях к

таблице. Если цифрами маркируются и строки и столбцы, лучше столбцы маркировать римскими, а строки - арабскими цифрами.

Основная задача таблиц - нести фактический материал; в наглядности они проигрывают графикам и диаграммам, поэтому часто дублируются ими (что в публикациях недопустимо).

Табличная форма подачи материала весьма экономна - имея определенный опыт, удается создавать таблицы с выделением в них большого числа различных показателей, однако следует избегать чрезмерного усложнения таблицы. В качестве рабочего критерия "читабельности" таблицы (как и других форм наглядной подачи материала) можно рекомендовать давать таблицу для прочтения лицу, не знакомому с данной работой. При таком прочтении не должно возникать сложностей с определением того, какие цифры в таблице к каким показателям относятся.

Помимо представления данных в публикации, таблица - наиболее удобная и надежная форма хранения материала. Хранить обработанный материал в виде графиков, гистограмм и т.п. не рекомендуется, т.к. из таблицы очень легко получить любую форму наглядного изображения, а построить таблицу по данным графика или диаграммы бывает затруднительно.

Заголовки таблиц помещают над ними.

### **3.3.2. Графики.**

Задача графиков - отражать количественную зависимость какого-либо показателя от действия определенного фактора (например, зависимость от времени или от температуры). Грубой и достаточно распространенной ошибкой является применение графиков там, где речь идет о сравнении нескольких итоговых, независимых показателей (например, средних частот определенных реакций у нескольких животных). Если на графике изображены несколько кривых, то появляется возможность сопоставить влияние рассматриваемого фактора на разные объекты.

При построении графика на каждой из осей должна быть нанесена шкала, позволяющая определить координаты точек. В конце каждой оси обозначают какой показатель и в каких единицах отложен по этой оси, например: «время (Т)/сек.» или «количество/п» При изображении на графике нескольких кривых, особенно если они многократно перекрещиваются, необходимо выделять разные кривые цветом или разной штриховкой (см. пример 1). Рекомендуется четко обозначать все точки, по которым строился график, а если координаты этих точек имеют большое самостоятельное значение, то намечать их, проводя из каждой точки пунктиром перпендикуляры на каждую ось (пример 2). Если, как в примере 2, точки представляют собой какие-то средние значения, то полезно бывает графически показать размеры ошибки среднего для каждой точки.

Заголовки графиков, как и других рисунков, помещают под рисунками.

Представление о том, как выглядят графики, дают примеры на рисунках 10 и 11.

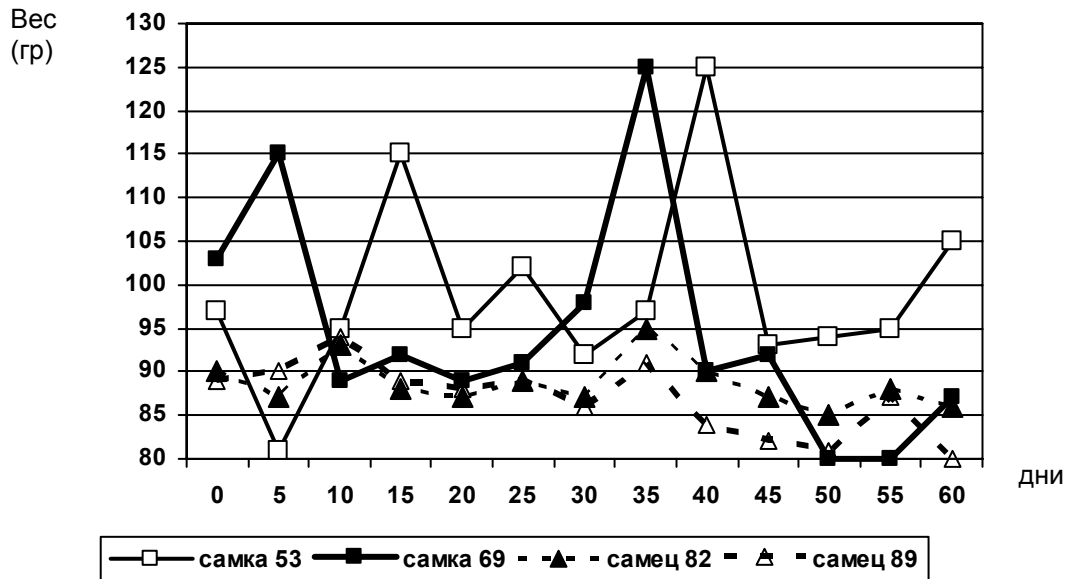


Рисунок 10. Изменения веса монгольских песчанок, содержащихся в лабораторной группе.

График позволяет сравнить динамику веса разных животных и обнаруживает очевидную скоррелированность изменений веса самцов при отсутствии такой корреляции у самок. Обратите внимание на разные способы штриховки для обозначения различных животных.

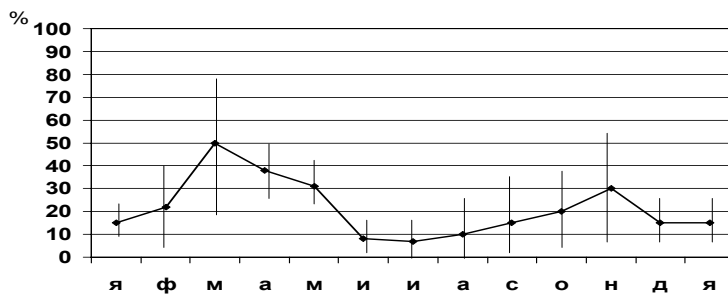


Рисунок 11. Сезонные изменения двигательной активности хищников (в среднем для представителей отряда хищных, содержащихся на экспозиции Московского зоопарка (Попов, Ильченко, 1983).

По вертикали отложены доли двигательной активности в бюджете времени (в процентах), по горизонтали - временная шкала, каждое деление которой соответствует месяцу. Для каждой точки на графике приводится размер ошибки среднего (величина ошибки откладывается в масштабе вертикальной шкалы в обе стороны от точки). Для уточнения координат каждой точки проведены перпендикуляры на оси.

### 3.3.3. Гистограммы.

Гистограмма - наглядная форма отображения количественных соотношений. С помощью гистограмм можно изобразить соотношение между несвязанными величинами (например, представить для сравнения бюджеты времени нескольких животных), но можно изобразить и динамический процесс (например, данные, представленные на графике 11). Однако, график рисуют в тех случаях, когда есть основания предполагать,

что соединяя полученные точки непрерывной линией, мы не допускаем серьезных искажений - если бы в примере с графиком 11 вычислять скажем, не среднемесячные, а средние для недели показатели, то это не отразилось бы существенно на характере кривой. В случае гистограммы мы ничего не предполагаем о том, какие значения принимают исследуемые нами показатели в промежутках между измерениями. На гистограммах можно изображать величины, которые измеряют абсолютными показателями (общее количество регистраций определенного явления), частотными показателями (количество регистрации в единицу времени) и относительными показателями (доля или процент регистрации данного явления в общей числе регистрации более широкого круга явлений). Этим гистограмма отличается от другого распространенного способа наглядного изображения данных - диаграммы, на которой изображают только процентные соотношения.

Те столбцы гистограммы, которые необходимо сравнивать между собой, удобнее располагать рядом друг с другом.

В приводимом ниже примере на гистограммах изображены частоты различных реакций трех, сидящих на экспозиции рядом друг с другом, животных. Обратите внимание, что вертикальная ось гистограммы строится и оформляется так же, как на графике; горизонтальная ось - это, собственно, не ось, а линия начала отсчета столбцов, под которой размещаются их обозначения.



Рисунок 12. Частоты проявления различных форм поведения тремя животными, содержащимися в одинаковых условиях

### 3.3.4. Диаграммы.

Форма наглядного изображения соотношений между долями, составляющими в сумме 100%. Диаграмма представляет собой круг, разделенный на сектора, выделенные цветом или штриховкой. Величина каждого сектора пропорциональна доле, которую он изображает ( $1\% = 3,6^\circ$ ). В каждом секторе или около него обычно указывают цифрами величину, обозначенную этим сектором.

Часто на иллюстрации помещают несколько однотипных диаграмм рядом друг с другом, это позволяет проводить сравнение между ними. Такой вариант использования диаграмм ниже демонстрируется на примере.

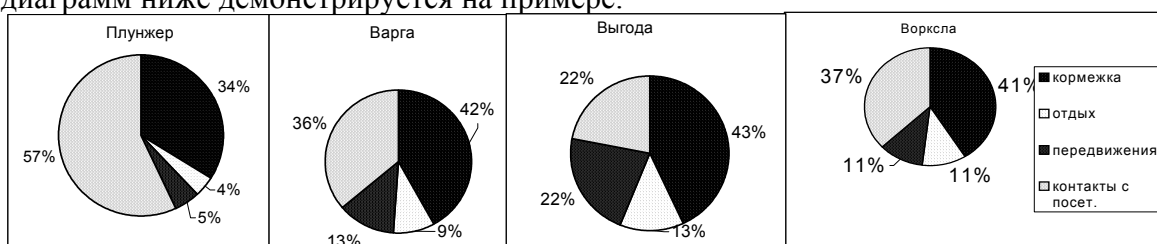


Рисунок 13. Бюджеты времени 4-х лошадей Пржевальского, находящихся на экспозиции в Московском зоопарке.

### 3.3.5. Социограммы.

Социограмма - это форма изображения системы взаимоотношений в группе животных. Социограмма строится для одной какой-либо формы взаимодействий (в зависимости от масштаба применявшихся при наблюдениях единиц дробления поведения, это могут быть отдельные выразительные движения, определенные поведенческие акты или целые взаимодействия, различающиеся по своей основной направленности). Как выглядит социограмма видно из приводимого ниже примера.

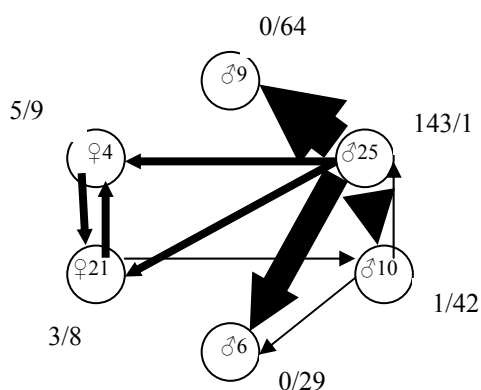


Рисунок 14. Агрессивные взаимодействия в группе краснохвостых песчанок.

Диаметр социограммы выбирают, исходя из количества животных и насыщенности социограммы связями между членами групп. Диаметр кружков, обозначающих животных, выбирают таким образом, чтобы внутри кружка уместилось обозначение данной особи (значок пола и номер), кроме того, необходимо, чтобы величина кружков была достаточной для изображения всех подходящих к нему и отходящих от него линий. Для симметричного размещения кружков делят  $360^\circ$  на число животных. Полученную величину с помощью транспортира откладывают, как дугу большой окружности. Затем всю окружность с помощью циркуля делят на такие же дуги, и в точках пересечения этих дуг с большой окружностью размещают кружки, обозначающие животных. При построении серии социограмм, относящихся к одной группе, удобно изготовить трафарет из плотной бумаги и затем пользоваться им. Направленность стрелок на социограмме передает направленность контактов, а толщина стрелок пропорциональна количеству контактов между данной парой животных. Для того чтобы толщину стрелок легче было соотнести с реальным количеством контактов, около каждого кружка, обозначающего животное, указывают цифрами общее число контактов, инициированных этим животным (числитель) и общее число направленных на него контактов (знаменатель).

При описании системы взаимоотношений в группе строят серию социограмм, каждую - по одной из форм социальных взаимодействий. Если же задача заключается в том, чтобы рассмотреть встречаемость определенного элемента во взаимодействиях между разными членами группы, то составляют только одну социограмму по этому элементу.

### 3.3.6. Схемы и планы.

Часто при оформлении работы возникает необходимость привести в тексте план или схему клетки, вольеры, загона или иного помещения, где находилось животное во время наблюдений. Как правило, эта работа не вызывает существенных затруднений. Надо, однако, помнить об обязательном соблюдении масштаба не только при нанесении внешних контуров загонных, но и при изображении находящихся в них предметов. При изображении вольер и загонных, находящихся под открытым небом, помимо обязательного во всех случаях указания масштаба (скольким сантиметрам в реальности соответствует один сантиметр на плане), отмечают стрелкой направление на север, это позволяет судить об ориентации вольеры на местности.

Обычно на планах изображают горизонтальную проекцию предметов на местность, но в некоторых случаях, при наблюдениях за животными, которые часто лазают по вертикальным элементам помещения (приматы, древесные грызуны, мелкие хищники и т.п.), этого оказывается недостаточно. В таких случаях либо делают две проекции каждого плана - горизонтальную и вертикальную; либо изготавливают трехмерный чертеж помещения.

Если на плане или схеме применяются какие-либо условные обозначения, то они обязательно должны быть расшифрованы в подписях под рисунком.

## **Заключение**

Заканчивая пособие, мы хотим обратить внимание читателей на то, что в реальной практике исследований поведения обычна ситуация, когда ни одна из стандартных методик не дает ответа на все поставленные вопросы. В этом случае необходимо творчески модифицировать методы, наилучшим образом приспособив их к конкретным задачам. Однако, модифицируя методики, обязательно затем тщательно описывайте в работе реально применявшийся метод так, чтобы любая методика была воспроизводима.

В конце своей, многократно цитированной нами, статье Каролин Крокет пишет, что «...успех исследовательского проекта более вероятен, если следовать нескольким правилам:

1. Формулируйте *конкретный* вопрос исследования.
2. Выбирайте для сбора данных по возможности *простой* способ.
3. Прежде, чем окончательно устанавливать способ сбора данных, проведите *предварительный анализ* первых собранных данных.
4. Проводите *первичную обработку* и начинайте анализировать данные, не дожидаясь окончания сбора материала.
5. Наконец, если результаты исследования кажутся вам заслуживающими внимания, *публикуйте* их.

Мы целиком присоединяемся к этим пожеланиям.

В заключение мы желаем успеха всем, вступившим на нелегкий, но интереснейший путь этологических исследований.

Авторы будут благодарны за конструктивную критику и предложения по совершенствованию настоящего пособия. Наш адрес: Москва, 123242, Б. Грузинская ул., 1. Зоопарк, Отдел научных исследований. E-mail [zoosci@cdt.ru](mailto:zoosci@cdt.ru)



## Литература

- Гмурман В.Е., 2003 Теория вероятностей и математическая статистика./ М. «Высшая школа», Издание девятое, стереотипное. (с.391)
- Зубчанинова Е.В., 2007 Поведение группы жирафов в летнем вольере Московского зоопарка // Научные исследования в зоологических парках, вып.22, с.69-80. Москва, Московский зоопарк.
- Ильченко О.Г., 1989 Опыт лабораторного содержания *Gerbillus perpallidus*./ В сб. «Песчанки – важнейшие грызуны аридной зоны СССР. Материалы 3 Всесоюзного Совещания., Ташкент, 1989. с.94-96
- Панов Е.Н., 1978 Механизмы коммуникации у птиц. М. «Наука», 304 с.
- Панов Е.Н., Павлова Е.Ю., 2005 Сравнительный анализ сигнального поведения лебедей. Сообщение 1. Сравнительная характеристика моторных компонент поведения. // Научные исследования в зоологических парках, вып.18, с.129-160. Москва, Московский зоопарк.
- Попов С.В., Ильченко О.Г., 1983 – Годовой отчет по теме «Разработка методов экспонирования, содержания и изучение поведения грызунов в условиях зоопарка». Рукопись.
- Altmann J., 1974 Observational study of behavior: sampling methods. Behaviour 49(3,4) 227-265.
- Byers, J. A. 1977. Terrain preferences in the play behavior of Siberian ibex kids (*Capra ibex sibirica*). Z. Tierpsychol. 45: 199-209.
- Caro, T. M., Roper, R., Young, M., and Dank, G. R. 1979. Inter-observer reliability. Behaviour 69:303-15.
- Crockett C.M., 1996 Date collection in the Zoo settings, emphasising behavior In Wild Animals in Captivity 1996, Ed. by D.G.Kleiman, M.E.Allen, K.V.Thompson, S.Lumpkin, University Chicago Press, Chicago.545-565
- Dunbar, R. I. M. 1976. Some aspects of research design and their implications in the observational study of behavior. Behaviour 58:78-98.
- Fitch, H. 1986. Birth observations of lion-tailed macaques. Paper presented at Second Lion-Tailed Macaque Symposium, Woodland Park Zoo, Seattle.
- Freeman, H. 1983. Behavior in adult pairs of captive snow leopards (*Panthera uncia*). Zoo Biol. 2:1-22.
- Griffin, B., Adams, R. 1983. A parametric model for estimating prevalence, incidence, and mean bout duration from point sampling. Am.J. Primatol. 4:261-71.
- Hinde, R. A. 1973. On the design of check sheets. Primates 14: 393-406.
- Ketchum, M. H. 1985. Activity patterns and enclosure utilization in the snow leopard, *Panthera uncia*. Master's thesis, Teaching Biology, Department of Biology, University of Washington.
- Kleiman, D. G. 1983 Ethology and reproduction of captive giant pandas (*Ailuropoda melanoleuca*). Z. Tierpsychol. 62:1 -46.
- Kraemer, H. C, Alexander, B., Clark, C, Busse, C, and Riss, D. 1977. Empirical choice of sampling procedures for optimal research design in the longitudinal study of primate behavior. Primates 18:825-33.
- Macedonia, J. M. 1987. Effects of housing differences upon activity budgets in captive sifakas (*Propithecus verreauxi*). Zoo Biol. 6:55-67.
- Martin, P., and Bateson, P. 1993. Measuring behaviour: An introductory guide. 2d ed. Cambridge: Cambridge University Press.
- Nash, L. T., and Chilton, S.-M. 1986. Space or novelty?: Effects of altered cage size on Galago behavior. Am. J. Primatol. 10 37-49.
- Rails, K., Lundrigan, B., and Kranz, K. 1983. Variability of behavioural data recorded by volunteer observers. Int. Zoo Yrbk. 12: 244-49.

- Sackett, G. P. 1978. Measurement in observational research. In *Observing behavior*, vol. 2, Data collection and analysis methods, ed. G. P. Sackett, 25-43. Baltimore: University Park Press.
- Sheskin D., 2000 *Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures/* by David J. Sheskin. 2nd ed.
- Sokal, R. R., Rohlf, F. J. 1969. *Biometry*. San Francisco and New York: W. H. Freeman.
- Stanley, VI. E., Aspey, W. P. 1984. An ethometric analysis in a zoological garden: Modification of ungulate behavior by the visual presence of a predator. *Zoo Biol.* 3:89-109.
- Tabachnick, G. G., Fidell, L. S. 1989. *Using multivariate statistics*. New York: Harper and Row.
- Tasse, J. 1986. Maternal and paternal care in the rock cavy, *Kerodon rupestris*, a South American hystricomorph rodent. *Zoo Biol./.* 3:89-109.
- Traylor-Hoitzer, K., Fritz, P. 1985. Utilization of space by adult and juvenile groups of captive chimpanzees (*Pan troglodytes*). *Zoo Biol.* 4:115-27.
- Young R., 1998 *Measuring animal behaviour*. In Field D.A. (Ed.) 1998 ABWAK Guidelines for environmental enrichment. Bristol. Top Copy. 249-262

# Методические рекомендации по изучению звукового поведения животных

© ГУК «Московский зоологический парк» 2008

*Володин И.А., Володина Е.В. (2008) Руководство по исследованиям в зоопарках: Методические рекомендации по изучению звукового поведения животных.* Московский зоопарк, Москва.

**И.А. Володин, Е.В. Володина**

Отдел научных исследований Московского зоопарка, МГУ им. М.В. Ломоносова

## Введение

При повседневном общении с животными в зоопарке мы наблюдаем много форм поведения: движения, крики, различные социальные взаимодействия, сон и т. д. Практическая польза изучения поведения животных в неволе очевидна - это важнейший источник информации о намерениях, состоянии здоровья, физиологическом состоянии, способности к размножению и состоянии психики животного. До сих пор наиболее часто используемыми в практике содержания и разведения животных были подходы, основанные на анализе двигательного поведения (например, Попов, Вахрушева, 1993). Однако акустическое поведение животных с точки зрения получения сведений о животных не менее информативно, чем двигательное. Информация, полученная на основе двигательного поведения, и та, которую можно почерпнуть в результате анализа криков, может касаться как одних и тех же, так и разных аспектов состояния животных. Эти разные подходы к анализу поведения животных дополняют и обогащают друг друга. Примером комплексного применения различных подходов может служить программа Американской Ассоциации Зоологических Парков и Аквариумов по сохранению гепарда (Grisham, 1989; Grisham, Lindburg, 1989).

Однако изучение вокального поведения животных требует знания определенных технических приемов записи звуков животных и умения обращаться со специальной звукозаписывающей и звукоанализирующей аппаратурой. Вместе с тем, на сегодняшний день на русском языке не существует ни одного пособия по практическим приемам записи и анализа акустических сигналов животных. Из-за отсутствия такой информации область биоакустических исследований неоправданно представляется слишком узкоспециализированной и недоступной широкому кругу исследователей без профессиональной подготовки. Эта статья поможет исследователям, сотрудникам зоопарков, студентам и натуралистам, начинающим работать со звуками животных, разобраться в этой проблеме.

В настоящей статье мы не будем специально останавливаться на таких вопросах, как физическая структура звуковых колебаний и акустические свойства среды, устройство звукозаписывающей и звукоанализирующей аппаратуры, строение и функционирование голосового и слухового аппаратов и методы изучения эхолокации у животных. Все эти вопросы достаточно подробно освещены как в научной, так и популярной литературе (Биоакустика, 1975; Курсков, 1978; Богословская, Солнцева, 1979; Сергеев, 1980; Згут, 1982; Мариковский, 1983; Никольский, 1984; Константинов, Мовчан, 1985; Морозов, 1987; и др.). Основная цель настоящих рекомендаций - описать методические подходы, применяемые на каждом этапе проведения биоакустического исследования в условиях

неволи, начиная от сбора материала и до классификации вокализаций. В краткой вводной части мы сопоставим вокальное поведение животных и человека.

## **Основные сведения о вокальном поведении животных**

### ***Сходство и различие вокального поведения человека и млекопитающих.***

Вокальное поведение млекопитающих соответствует той части вокального поведения человека, которая называется невербальным, или неречевым, вокальным поведением. У человека невербальные вокализации включают, к примеру, смех, плач, стоны, вздохи и крики боли. У животных все вокализации - невербальные. За все вокализации млекопитающих и только за невербальные вокализации человека отвечают одни и те же группы подкорковых структур головного мозга. За речь человека отвечают речевые центры коры полушарий головного мозга (Jurgens, 1988; Ploog, 1992). У млекопитающих ничего подобного речевым центрам человека в коре полушарий головного мозга нет, стало быть, нет и звуков, соответствующих речевым звукам человека (Володина, Володин, 2001).

### ***Чем определяется структура звуков животных и человека и их многообразие.***

Структура звуков животных определяется строением их вокального аппарата. У всех наземных позвоночных животных вокальный аппарат состоит из легких, голосового источника и вокального тракта. Легкие обеспечивают поток воздуха. Голосовой источник (нижняя гортань или сирикс у птиц и верхняя гортань или ларинкс у всех остальных позвоночных) преобразует энергию воздушного потока в звуковую. К примеру, в гортани млекопитающих воздух с усилием продувается через щель между натянутыми голосовыми связками (тоненькими мышцами), которые при этом начинают вибрировать. Созданный таким образом звук до своего выхода во внешнюю среду проходит через полости вокального тракта - глотку, ротовую и носовую полости (и трахею у птиц), которые могут значительно модифицировать его структуру. Этот механизм может усложняться вибрацией, обеспечиваемой мышцами, не участвующими в продукции звука. Иногда голосовые связки не вибрируют, и звук получается при прохождении воздушной струи через сужения вокального тракта (Фант, 1964; Володина, Володин, 2001).

Структура невербальных вокализаций человека определяется теми же процессами, что и структура криков животных. Однако при продукции людьми звуков речи значительно большую роль, чем у животных, играет артикуляция (движения рта), в которой участвуют язык, небо, зубы и губы (Fitch, 2000).

### ***В каких ситуациях животные обычно кричат.***

Крики млекопитающих сопровождают брачное поведение, поведение заботы о потомстве, агонистическое (агрессивное и защитное), а также комфортное поведение. Помимо этого, животное может кричать от боли и неудовлетворенного желания (состояние фрустрации). Все это - так называемые вокализации вторичной вокальной системы. Общим у этих вокализаций является то, что каждая из них связана с каким-либо из целой гаммы оттенков внутреннего состояния, испытываемого животным в момент крика. Они управляются из задних отделов лимбической системы головного мозга. Подавляющее большинство криков, издаваемых млекопитающими, относится к этой группе (Jurgens, Ploog, 1970, 1981; Володина, Володин, 2001).

Намного менее распространены в вокальных репертуарах млекопитающих вокализации, не связанные с испытываемым в момент крика внутренним состоянием. Это - так называемые вокализации первичной вокальной системы. Эти вокализации управляются из переднего отдела лимбической системы мозга. Только звуковые реакции, относящиеся к первичной вокальной системе, можно закрепить с помощью подкрепления в качестве ответа на условный стимул (Jurgens, 1988).

Так, собаку можно легко приучить лаять по команде за пищевое подкрепление, но невозможно приучить кошку мурлыкать по команде, если при этом она не испытывает комфортного состояния. Лай у собак имеет двойное представительство - и в первичной, и

во вторичной вокальной системах, а мурлыканье кошек - только во вторичной. Лай, представленный в первичной вокальной системе, может быть закреплен в качестве вокального ответа на команду, и он не будет связан с испытываемым собакой в момент лая внутренним состоянием.

***Как возникли вокализации животных, и какую информацию они передают.***

Звуки животных возникли как побочный эффект дыхания в результате прохождения воздуха через дыхательный тракт и первоначально “не означали” ровным счетом ничего и не выполняли никакой определенной “функции”. Они возникали просто потому, что животное дышало. Когда животное испытывало разные эмоции, его дыхание менялось различным образом, а вместе с дыханием менялись и издаваемые звуки.

Кричащее животное не стремится передать информацию о своем состоянии, но тот, кто слышит крик, способен ее расшифровать. Те животные, которые могли делать это лучше других и использовать в своих целях скрытую в криках информацию, получали эволюционное преимущество. Однако как только слушатели стали использовать крики, издающие их животные стали модифицировать свои крики таким образом, чтобы повлиять на слушающих в своих целях (к примеру, привлечь половых партнеров или отпугнуть возможных соперников) (Owings, Morton, 1998). Эта разница в интересах слушающих и кричащих является основой эволюции коммуникации животных.

Таким образом, в криках животных отражается их внутреннее состояние и по структуре вокализаций можно судить о его изменениях. Кроме того, в процессе эволюции некоторые вокализации приобрели узко специальную функцию для передачи определенных сообщений, например, сигнал предупреждения об опасности у грызунов (Никольский, 1984).

**Сбор материала.**

***Оборудование для записи звуков.***

Оборудование, необходимое для записи сигналов животных, включает в себя переносной магнитофон и микрофон. В последние годы в связи с прогрессом в области цифровой записи звука появились гораздо более удобные переносные цифровые рекордеры с записью на карты памяти, которые практически вытеснили из употребления классические ленточные и кассетные магнитофоны. В отличие от магнитофонов, цифровые рекордеры сразу преобразуют звуки в звуковые файлы и накапливают их на сменных носителях, что освобождает исследователя от необходимости оцифровывать собранный материал. Кроме того, цифровые рекордеры полностью лишены движущихся частей, что значительно повышает их надежность. Очевидно, что в ближайшие годы появятся новые образцы оборудования для записи, к примеру, компактные рекордеры с записью на встроенный жесткий диск. Ниже перечислены требования к аппаратуре, которые достаточны для решения широкого круга задач.

Основные требования к цифровому рекордеру - возможность ручной регулировки уровня записи, запись звуков в несжатом формате (файлы с расширением \*.wav), компактность и экономичность. Все современные цифровые рекордеры обеспечивают качественную запись звуков в широком диапазоне частот, как минимум до 24 кГц. Рабочий диапазон частот цифрового рекордера соответствует половине максимального значения частоты дискретизации, т.е. при частоте дискретизации 48 кГц рекордер записывает звуки в диапазоне до 24 кГц, при частоте дискретизации 96 кГц - до 48 кГц и т.д. Однако удвоение частоты дискретизации приводит к удвоению объема звукового файла. Поэтому перед началом записи необходимо выбрать рабочий диапазон частот рекордера (частоту дискретизации) в соответствии с максимально возможными частотами звуков изучаемого вида животных.

Совершенно недопустимо использование при записи автоматической регулировки уровня (АРУЗ), поскольку в этом случае рекордер самостоятельно подстраивается под самые громкие звуки (которые часто являются шумовыми или даже не принадлежащими

животному, к примеру, шум транспорта), сглаживает различия между отдельными частями звука, и выравнивает по интенсивности всю запись. Также, только запись звуков в несжатом формате позволяет в дальнейшем проводить анализ их структуры, поскольку программы для анализа звуков не работают с компрессированными звуковыми файлами (файлы с расширением \*.mp3 и аналогичные). Очень удобна функция буфера записи (пререкординга), встречающаяся на некоторых моделях, которая позволяет записать звуки, прозвучавшие за несколько секунд до включения записи. Желательно использовать рекордеры, имеющие профессиональные акустические разъемы для подключения микрофонов (XLR), поскольку они обеспечивают надежную фиксацию и низкий уровень шума. Немаловажной деталью является чисто механическая надежность переключателей на панели управления, способных выдержать постоянную смену режимов работы, вес рекордера и количество потребляемой им энергии. В настоящее время для записи вне помещений можно использовать следующие модели рекордеров: Samson Zoom-H4; Marantz PMD-660; Marantz PMD-671; Tascam HD-P2; Fostex FR-2. При работе в помещении запись звуков можно осуществлять непосредственно на компьютер с быстродействующей звуковой картой, используя программы с возможностью записи звуков в реальном времени (Sound Forge, Avisoft Recorder).

Микрофоны по своему устройству подразделяются на динамические и конденсаторные. Первые более просты конструктивно, и потому дешевле и надежнее в работе; вторые имеют более высокие частотные характеристики. Верхняя граница номинального диапазона частот используемого микрофона (т.е. частотного диапазона, в пределах которого микрофон минимально искажает записываемые звуки) должна быть не ниже 15 - 20 кГц. Желательно применять высокочувствительные микрофоны, "улавливающие" даже относительно тихие звуки (чувствительность на частоте 1 кГц не менее 10 мВ/Па), хотя для записи с близкого расстояния возможно использование микрофонов с чувствительностью около 2 мВ/Па. Направленность микрофона также оказывает существенное влияние на качество записи, однако чем выше направленность микрофона, тем выше его цена. Ниже приведен список относительно недорогих микрофонов в порядке возрастания их чувствительности и направленности: Sennheiser-e845 (динамический); AKG-C1000S; Audiotechnica AT-835B; Sennheiser K6-ME-66 и Sennheiser K6-ME-67.

### ***Проведение записи.***

Во всех случаях перед началом работы необходимо подобрать режим записи, включающий выбор расстояния до животного, уровня записи и места расположения оператора. Сделанная пробная запись тут же прослушивается для контроля имеющихся помех, поскольку микрофон, в отличие от человеческого уха, не выделяет избирательно значимые звуки из акустического фона и одинаково хорошо записывает как полезные сигналы, так и шумы. При значительных различиях в интенсивности записываемых звуков режимы для тихих и громких сигналов подбираются отдельно.

Перед началом записи надиктовывается место, дата и время начала записи. Во время записи исследователь отслеживает поведение животного, и по необходимости комментирует его, стараясь говорить в промежутках между криками (удобно также использовать стереофоническую запись, где на один канал производится запись криков животного, а на другой - запись комментария). Комментарий также должен включать сведения о всех переменах режима записи (уровня, расстояния до животного, его ориентации по отношению к микрофону, местоположения наблюдателя). В случае, когда кричат одновременно несколько животных или запись очень зашумлена, следует каждый значимый крик маркировать голосом (к примеру, при переключке двух животных, словами "первый, второй, первый, первый, второй..." и т.д.). Если комментарий по ходу записи невозможен, тогда его делают сразу после ее окончания.

Если необходимо качественно записать серии, состоящие из звуков, сильно различающихся по громкости, надо последовательно сделать две записи. Сначала

придется пожертвовать тихими звуками, записав громкие с низким уровнем записи, а затем - громкими, записав тихие с превышением уровня записи. В первом случае тихих звуков будет не слышно совсем, а во втором - тихие будут записаны нормально, а громкие - с искажениями.

Некоторое зашумление звуков при записи неизбежно, однако надо стремиться свести их к минимуму. Поскольку микрофон прекрасно записывает даже очень слабые механические колебания, для исключения помех надо избегать прикосновений микрофона к любым предметам (решеткам, веткам, траве). Пальцы, держащие микрофон, должны быть неподвижны. Микрофонный шнур не должен волочиться по земле и задевать за всякие предметы. Даже при записи сигналов в помещении необходимо пользоваться ветрозащитой (специальной поролоновой насадкой, которой комплектуется любой качественный микрофон). Запись в помещении дает сильное искажение структуры звуков (особенно их длительности) за счет возникновения эхо при отражении от стен помещения, поэтому проведение записей в открытых вольерах предпочтительнее. Однако в ветреную погоду без крайней нужды на открытом воздухе запись лучше не производить (искажения неизбежны), если же это необходимо, микрофон следует загораживать от порывов ветра хотя бы собственным телом.

Элементы питания надо хранить отдельно от магнитофона и конденсаторного микрофона и вставлять непосредственно перед работой. Это позволит избежать порчи аппаратуры при вытекании электролита из выработавших свой ресурс батареек. При проведении записи при минусовых температурах элементы питания могут разряжаться очень быстро; в таких случаях следует ограничивать время звукозаписи или пользоваться выносным блоком питания, который можно держать за пазухой. Если рекордер небольшого размера, его также можно спрятать под одежду, повесив на шею, так чтобы снаружи находился только выносной микрофон на шнуре.

Отправляясь записывать крики, всегда берите с собой запасной комплект свежих батареек или аккумуляторов и дополнительные карты памяти. Всегда существует вероятность, что в самый интересный момент произойдет сбой записи на карту, подведут батарейки, хорошо знакомое животное неожиданно начнет издавать совершенно новые звуки или просто произойдет что-то необычное.

#### ***Хранение записей.***

Звуковые файлы с записями звуков животных переносят с карт памяти на компьютер. Файлы переименовывают и сортируют по директориям, соответствующим видам животных. Подробные данные о режиме и условиях записи со всеми примечаниями заносят в специальный дневник сбора материала (бумажный или электронный) в тот же день, когда она произведена. Полный паспорт записи включает следующие сведения: название звукового файла; дата и время записи; вид животного; пол; возраст; может быть, кличка; характер звуков и ситуация, в которой они издавались; уровень записи и расстояние до животного; место записи; погода; имя автора записи. Для лучшей сохранности звуковых файлов их копии желательно хранить также на других компьютерах или внешних носителях (внешних дисках, DVD и CD).

### **Приборная обработка записей вокализации.**

#### ***Приборы для анализа вокализаций.***

В отличие от двигательного поведения, где различия между отдельными демонстрациями оцениваются "на глаз" и анализ структуры двигательных демонстраций очень трудоемок (Golani, 1976, 1992), методы структурного анализа звуков уже давно разработаны и широко применяются в биоакустических исследованиях (Owren, Linker, 1995; Owren, Vernacki, 1998). Применение количественных измерений параметров звуков существенно повышает разрешающую способность, объективность и точность исследований. До 1990-х годов для получения "портретов" звуков традиционно использовали осциллографы и аналоговые спектрографы. Широкое распространение

компьютеров и разработка программного обеспечения для спектрографического анализа звуков позволило значительно повысить эффективность работы. Звуковые колебания представляют собой волновой процесс, а любую временную функцию можно преобразовать в частотно-временной спектр с помощью преобразования Фурье (Owgen, Linker, 1995). Преобразование Фурье позволяет очень сильно упростить "картину" звукового поведения, и, что самое главное, позволяет измерить параметры каждого звука

Компьютерные спектрографические программы предоставляют много вариантов режимов для обработки звуков, позволяют манипулировать звуком, представляя любые его характеристики в наиболее удобной для анализа форме. Они также позволяют отфильтровывать самые громкие частотные составляющие звука и убирать шумы, не совпадающие по частоте с анализируемым звуком. С помощью специальных курсоров можно с высокой точностью измерять частотно-временные и амплитудные параметры звука в любой его точке и автоматически переносить измерения в базы данных. Режим "реального времени" позволяет просматривать спектрограмму звука на экране дисплея одновременно с проигрыванием ее на магнитофоне.

Некоторые спектрографические программы, имеющие весь необходимый набор опций для анализа звуков, можно бесплатно скачать в Интернете: Avisoft-Light ([www.avisoft.com](http://www.avisoft.com)); Praat ([www.praat.org](http://www.praat.org)); Syrinx ([www.syrinxpc.com](http://www.syrinxpc.com)). Профессиональные спектрографические программы, распространяемые за деньги, такие как Avisoft SASLAB Pro и Canary, наряду с обычными функциями имеют встроенные синтезаторы звуков, возможности полуавтоматического измерения параметров звуков, встроенные статистические модули и т.д.

***Изображения звуков: осциллограмма, спектрограмма и энергетический спектр.***

Звук может быть представлен в виде осциллограммы, спектрограммы и энергетического спектра, которые затем можно описывать и сравнивать друг с другом с использованием объективных параметров времени, частоты и амплитуды.

На рисунке 1 представлены одна над другой осциллограмма (вверху) и спектрограмма (внизу) трех криков шиншиллы (*Chinchilla laniger*) при беспокойстве, выполненные с помощью компьютерного сонографа. Осциллограмма представляет собой развертку изменений амплитуды колебаний звуковой волны во времени. Поскольку осциллограмма - это непосредственное графическое изображение волнового процесса, амплитудные колебания направлены в обе стороны от оси времени (оси абсцисс). Чем тише звук, тем ниже амплитуда звуковых колебаний и тем ближе она к нулевой отметке; чем громче звуковой сигнал, тем больше высота амплитудных пиков в обе стороны от нулевой оси. Осциллограмма позволяет очень точно измерять длительности звуковых посылок и интервалы между ними, а также оценивать относительную громкость разных участков звукового сигнала.

Спектрограмма представляет собой развертку частоты звукового сигнала во времени и используется для анализа частотного спектра вокализаций (Рис. 1). По оси абсцисс на рисунке отложено время, по оси ординат - частота. Если в сигнале присутствуют звуковые колебания определенной частоты, то на спектрограмме они изображаются в виде зачерненных участков. Причем чем выше относительная громкость данного частотного участка (т.е., чем выше его энергия, выражающаяся в величине амплитуды звуковых колебаний), тем интенсивней его зачернение.



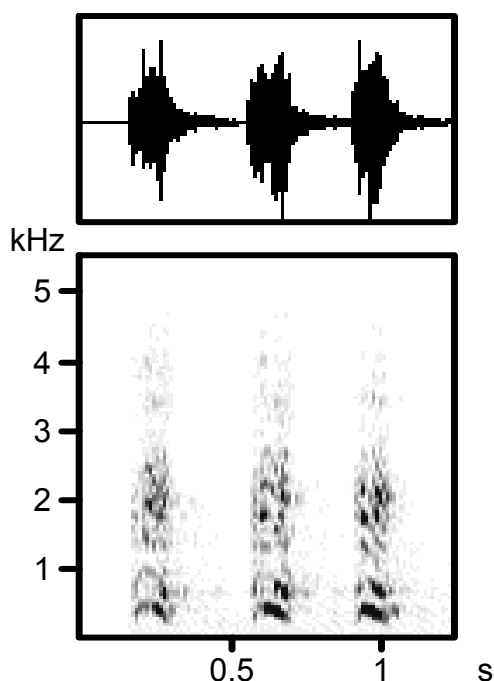


Рисунок 1. Осциллограмма (вверху) и спектрограмма (внизу) трех криков шиншиллы при беспокойстве. Анализируемый частотный диапазон - 5,5 кГц (ось ординат); длительность анализируемого временного окна - 1,25 с (ось абсцисс).

Энергетический спектр представляет собой зависимость частоты от энергии звука. Энергетический спектр позволяет оценить распределение энергии в пределах всего звука в целом (Рис. 2). Кроме того, режим моментальных энергетических срезов позволяет оценивать перераспределение энергии между частотами на протяжении звука (Рис. 3).

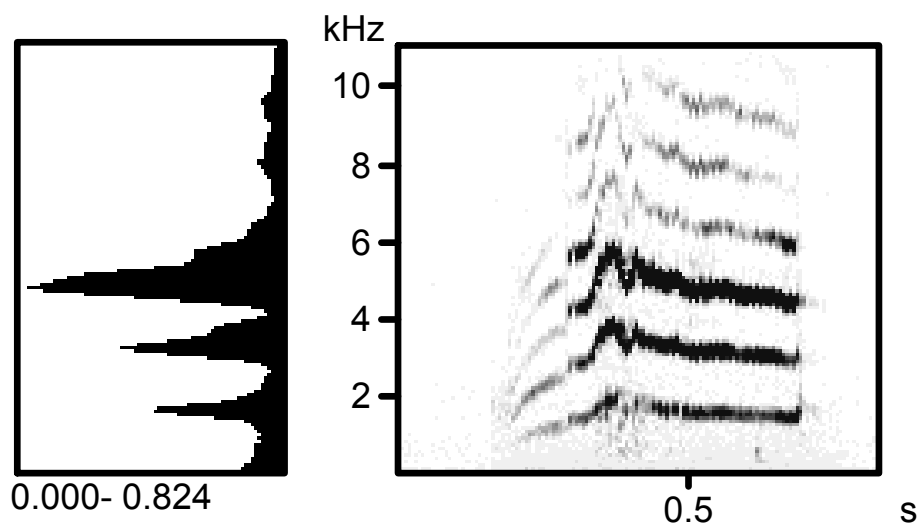


Рисунок 2. Частотно-модулированный писк тушканчика-прыгуна (*Allactaga sibirica*) при беспокойстве со стороны человека. Слева от спектрограммы - суммарный энергетический спектр всего временного окна. Градация интенсивности разных частей сигнала приведена относительно участка максимальной громкости. Видно, что частоте максимальной энергии сигнала соответствует область частот около 5000 Гц; второй пик интенсивности приходится на частотную область 3400 - 3600 Гц.

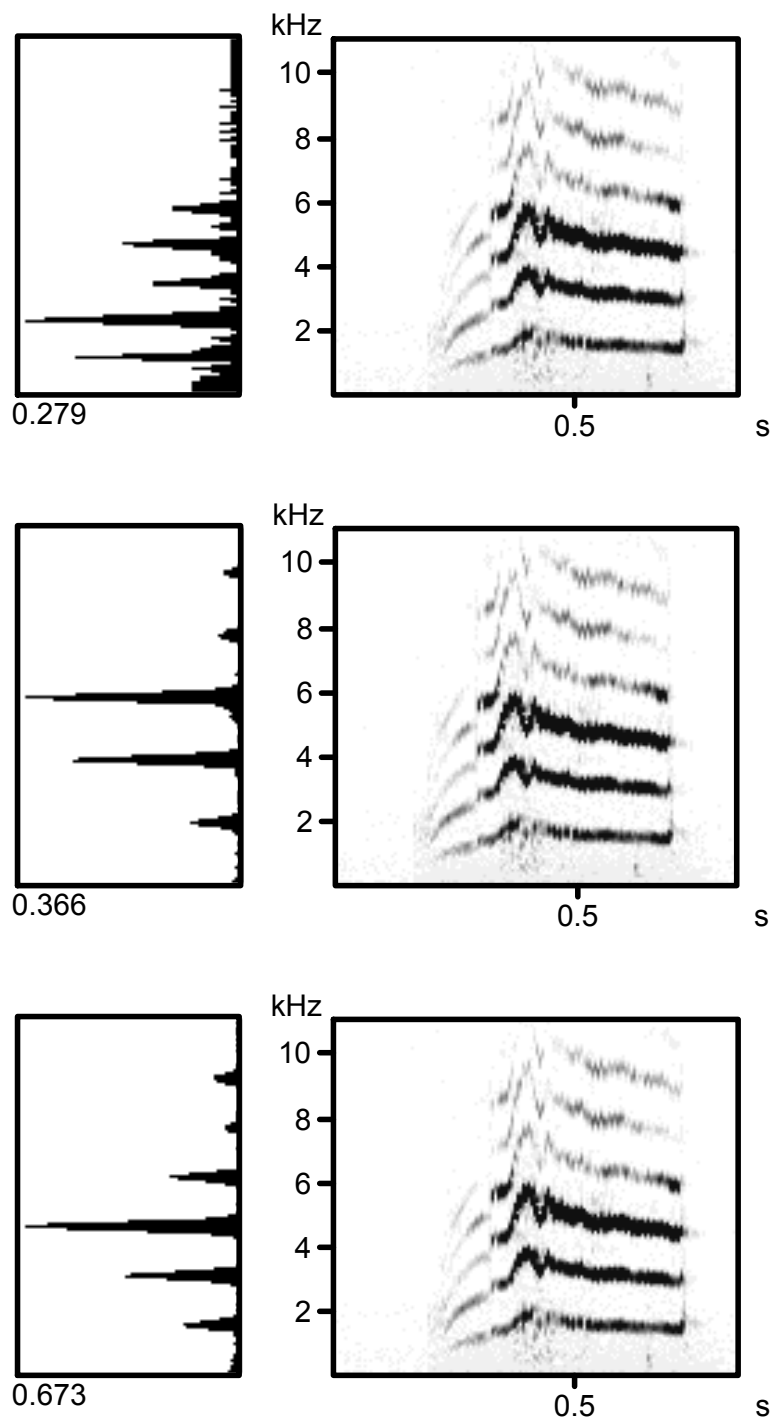


Рисунок 3. Частотно-модулированный писк тушканчика-прыгуна при беспокойстве со стороны человека. Распределение энергии в зависимости от частоты: моментальные энергетические срезы в точках спектрограммы, удаленных на 0,279 с, 0,366 с и 0,673 с от начала временного окна. Перемещая курсор, можно оценивать перераспределение энергии между частотами на протяжении звука.

***Параметры, используемые для описания вокализаций.***

Параметры, используемые для описания вокализаций, можно подразделить на три группы - временные, частотные и энергетические. Частота измеряется в Герцах (1 Гц - это одно колебание звуковой волны в 1 с, 1000 Гц = 1 кГц); временная структура (длительности, периоды, интервалы, паузы и т.п.) - в секундах; энергетические параметры (интенсивность звуков) - в дециБелах (дБ). Важно, что энергия звука - величина всегда

относительная. За ноль принимается самый интенсивный пик в анализируемом временном окне, а остальные рассчитываются относительно него в отрицательную сторону (Рис. 2, 3).

В отличие от линейно изменяющихся характеристик частоты и времени, энергетические показатели имеют логарифмическую зависимость от интенсивности звука, поскольку при росте интенсивности звуковых колебаний (т.е. величины переносимой ими энергии) в геометрической прогрессии субъективно ощущаемая громкость возрастает приблизительно в арифметической прогрессии. ДециБелл – это логарифм интенсивности звука, поэтому десятикратное увеличение амплитуды приводит к 100-кратному увеличению интенсивности и 10-кратному увеличению значения в дБ

### Способы звукопродукции и структурные типы звуков.

Звуки, производимые животными, делятся на инструментальные (к примеру, стук клюва дятла о дерево) и звуки, издаваемые при помощи вокального аппарата. У млекопитающих и птиц описано три способа вокальной продукции звуков: фонация, вибрация и турбулентность. Структура звуков во многом зависит от способа звукопродукции. Временные и энергетические параметры могут быть измерены в звуках любой структуры, тогда как частотные параметры - только в тональных звуках.

*Фонация* - это продукция звуков с помощью самоподдерживающихся колебаний голосовых связок (млекопитающие) или сирингиальных мембран (птицы). Частота колебаний голосовых связок или сирингиальных мембран соответствует основной частоте звука. Звук, возникающий из пульсов воздуха, прошедших голосовой источник, имеет гармоническую (тональную) структуру, что означает, что его спектр содержит пики энергии не только основной частоты, но и кратных множителей этой частоты - гармоник (Рис. 4). Тональные звуки издаются только на выдохе (Фант, 1964).

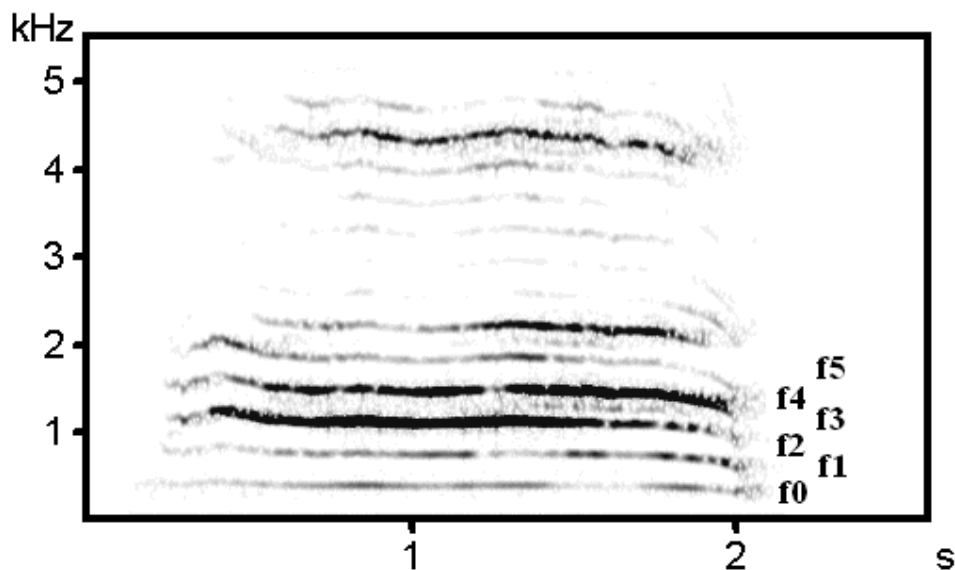


Рисунок 4. Вой дымчатого леопарда - пример тональной гармонической вокализации.  $f_0$  - основная частота сигнала (нулевая гармоника),  $f_1$  - первая гармоника,  $f_2$  - вторая гармоника и т.д. Видно перераспределение энергии между гармониками на протяжении сигнала: в начале сигнала доминантной является вторая гармоника, в конце - третья.

Примером тональной вокализации является вой дымчатого леопарда (*Neofelis nebulosa*). Спектрограмма этого звука имеет вид нескольких дугообразных полос, расположенных одна над другой (Рис. 4). Нижняя из этих полос (в частотной области 300 Гц) является основной частотой или нулевой гармоникой звука, и традиционно обозначается  $f_0$ . Изменение натяжения и длины вибрирующей части голосовых связок, а также скорости потока воздуха из легких может значительно изменять основную частоту.

Гармоники основной частоты нумеруются снизу вверх (первая -  $f_1$ , вторая -  $f_2$  и т.д.). Частоты всех гармоник кратны основной частоте, т. е. отношение частоты любой из гармоник к основной частоте представляет собой целое число. Гармоника, несущая максимум энергии (наиболее затемненная на спектрограмме), называется доминантной.

Специфическая характеристика тональной вокализации - форма частотной модуляции, которая отражает изменение частотных характеристик сигнала во времени. Для описания наиболее типичных тональных вокализаций колоколообразной формы, к которым, к примеру, относятся некоторые оборонительные крики большой песчанки (*Rhombomys opimus*) (Рис. 5), обычно используют следующие частотные параметры: максимум основной частоты ( $f_0$  макс); минимум основной частоты ( $f_0$  мин, в данном звуке совпадающий с  $f_0$  кон); начальная основная частота ( $f_0$  нач) - значение основной частоты в начале звука; конечная основная частота ( $f_0$  кон) - значение основной частоты в конце звука. Разность между максимумом и минимумом основной частоты называется глубиной частотной модуляции. Поскольку гармоники имеют некоторую ширину, все измерения проводятся либо по середине частотной полосы, либо каким-либо другим образом по выбору исследователя, но по возможности единообразно для всех сигналов. Временные параметры, наиболее часто используемые для описания тональных вокализаций типичной колоколообразной формы, включают общую длительность вокализации, длительность набора частоты и длительность падения частоты. Среди энергетических параметров обычно измеряют доминантную частоту звука - частоту, на которой сосредоточен максимум энергии звука ( $f$  дом) и три квартили энергетического спектра, на которые приходится 25% ( $q_{25}$  - нижняя квартиль), 50% ( $q_{50}$  - средняя квартиль) и 75% ( $q_{75}$  - верхняя квартиль) энергии звука (Рис. 5).

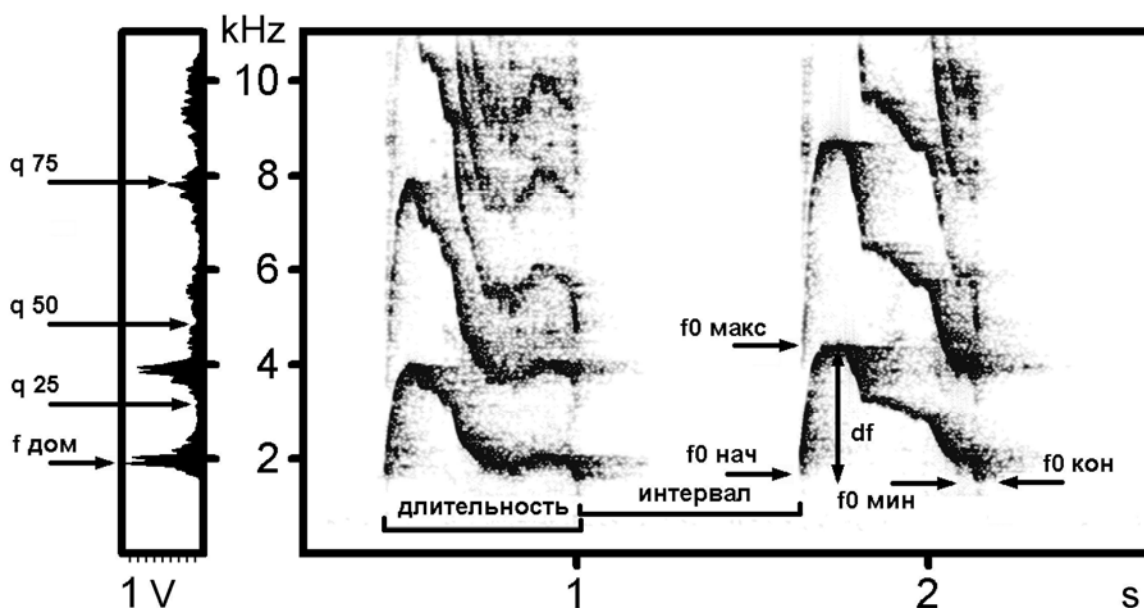


Рисунок 5. Спектрограмма двух оборонительных звуков большой песчанки и энергетический спектр левого из них показывают структурные параметры, применяемые для описания тональных гармонических вокализаций:  $f_0$  макс - максимум основной частоты;  $f_0$  мин - минимум основной частоты;  $f_0$  нач - начальная основная частота;  $f_0$  кон - конечная основная частота;  $df$  - глубина частотной модуляции звука; длительность - длительность звука; интервал - интервал между звуками;  $f$  дом - доминантная частота;  $q_{25}$ ,  $q_{50}$ ,  $q_{75}$  - нижняя, средняя и верхняя энергетические квартили соответственно.

Картину тональной гармонической вокализации могут сильно усложнять различные нелинейные феномены: субгармоники, детерминированный хаос, сайдебанды, бифонации и частотные скачки. Подробное описание структуры и встречаемости

нелинейных феноменов в звуках млекопитающих приведено в более ранних исследованиях (Володин и др., 2005а; Володин, Володина, 2006а). Нелинейные феномены очень характерны для скулений домашних собак (*Canis familiaris*), мяуканья кошек, криков гусей и журавлей и плача младенцев.

**Вибрация.** Этот способ звукопродукции описан только для млекопитающих (Frazer Sissom et al., 1991; Peters, 2002). Голосовые связки не вибрируют, а ритмически смыкаются, полностью перекрывая голосовую щель. Мускулатура самих связок никак не участвует в этом процессе, они расслаблены и управляются окружающими мышцами. При смыкании связок голосовая щель на короткое время перекрывается полностью. Это происходит не чаще примерно двадцати пяти раз в секунду и постоянно на протяжении обеих фаз дыхания, и вдоха, и выдоха. Классический пример вибрации - мурлыканье кошек (Рис. 6).

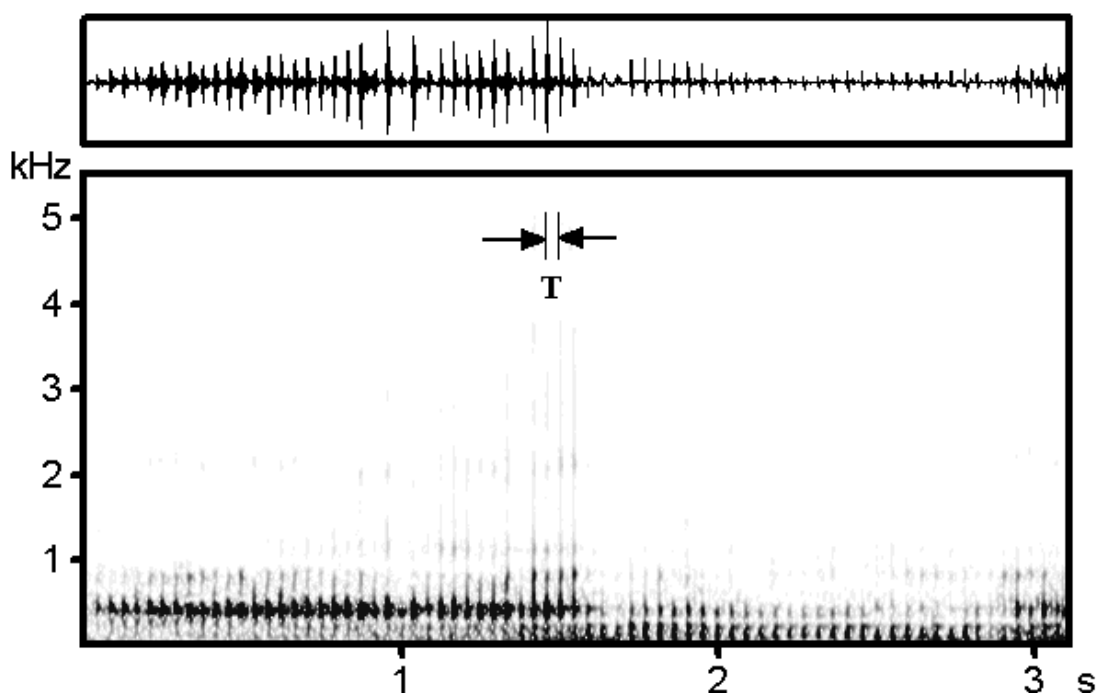


Рисунок 6. Спектрограмма и осциллограмма ритмически-импульсной вокализации - мурлыканья гепарда (*Acinonyx jubatus*); T - период пульсации

Звуки, получившиеся в результате вибрации, представляют собой длительные серии импульсов. Для описания спектрограмм таких вокализаций можно использовать следующие частотно-временные параметры (Рис. 6): период пульсации (T), представляющий собой временной промежуток от начала одного импульса до начала последующего, либо частоту пульсации ( $1/T$ ) и общую длительность вокализации, а также любые энергетические параметры звука.

**Турбулентность.** При этом способе звукопродукции звуки образуются из завихрений воздуха при прохождении его под давлением через узкую щель или при обтекании поверхностей. Голосовые связки (у млекопитающих) и сиренгиальные мембраны (у птиц) не работают. Турбулентность приводит к появлению двух вариантов звуков, связанных рядом переходов - турбулентного шума и истинного свиста.

Турбулентный шум (шумовая вокализация) на спектрограмме выглядит как сплошное неупорядоченное зачернение. Звуки возникают в результате резких слышимых выдохов - шипений. Шипения очень широко распространены среди позвоночных. Интенсивность таких звуков обычно низкая. Частотный спектр шумовых сигналов практически недифференцирован, поэтому для их описания можно использовать только

параметры, отражающие распределение энергии в спектре сигнала и общую длительность звука (Рис. 7).

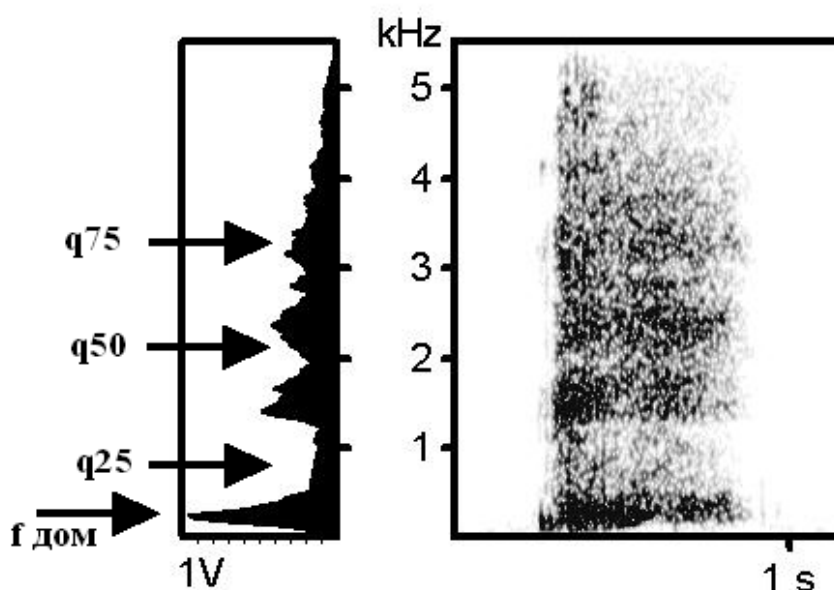


Рисунок 7. Спектрограмма и энергетический спектр шипения дальневосточного леопарда (*Panthera pardus orientalis*) показывают структурные параметры, применяемые для описания шумовых вокализаций:  $f_{дом}$  - доминантная частота;  $q_{25}$ ,  $q_{50}$ ,  $q_{75}$  - нижняя, средняя и верхняя энергетические квантили соответственно.

Истинный свист представляет собой вариант упорядоченной турбулентности. Отличительным признаком спектрограммы такого звука является единственная частотная полоса, без каких бы то ни было вышележащих гармоник (Рис. 8). Резкий пронзительный свист человека издается именно этим способом. Также, с помощью истинного свиста вероятно производятся высокочастотные скуления домашних собак и красных волков (*Canis lupus*) (Volodin, Volodina, 2002; Володин, Володина, 2006а, 2006б; Володин и др., 2007). На спектрограмме истинного свиста можно измерить тот же набор параметров, что и на спектрограмме тонального звука.

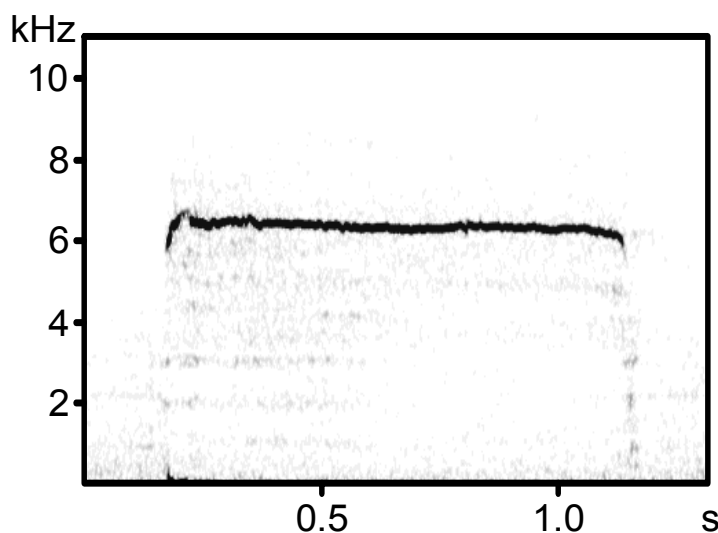


Рисунок 8. Спектрограмма высокочастотного скуления домашней собаки, пример вокализации механизм звукопродукции которой - истинный свист.

Многие виды животных способны совмещать два механизма звукопродукции, что приводит к появлению звуков сложной структуры. К примеру, если объединить фонацию с вибрацией, то на выходе получится прерывистый тональный сигнал. Именно таким образом производится трещание и бульканье гепарда (Рис. 9) и пульсирующие звуки сумчатых (Frazer Sissom et al., 1991; Володина, 2000; Володин, Володина, 2002). Совмещение в одном звуке фонации и турбулентности (истинного свиста) приводит к появлению бифонических (двухголосых) писко-вяков красного волка и скулений домашней собаки (Рис. 10) (Володин и др., 2001, 2005а, 2007).

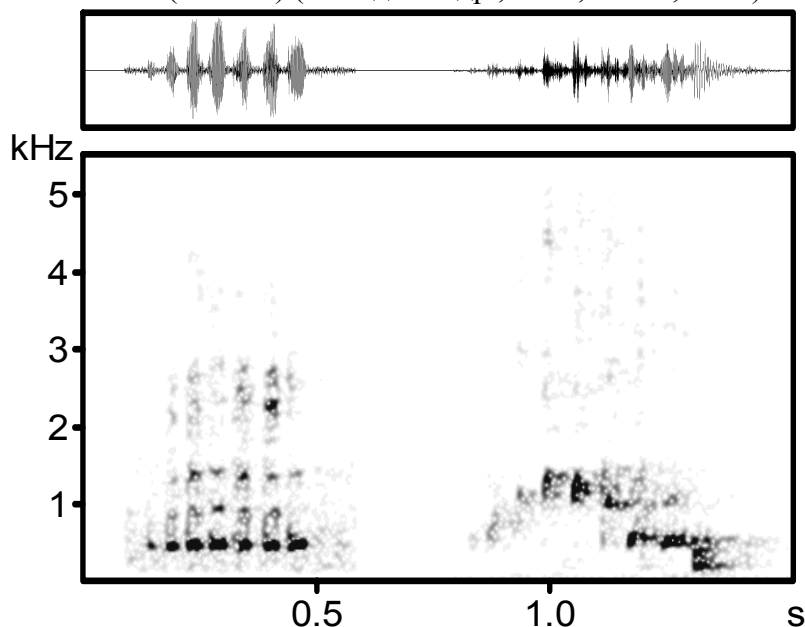


Рисунок 9. Спектрограмма и осциллограмма трещания (слева) и бульканья (справа) гепарда, пример совмещения двух механизмов звукопродукции - фонации и вибрации.

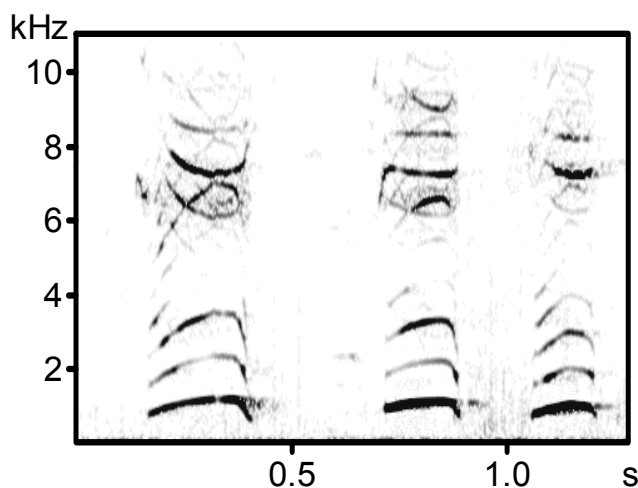


Рисунок 10. Спектрограмма трех бифонических контактных криков красного волка, пример совмещения двух механизмов звукопродукции - фонации и истинного свиста.

### **Классификация вокализаций по структуре и по функции.**

С описания вокального репертуара обычно начинается любая работа по изучению акустического поведения вида. Такие исследования часто проводят в зоопарках, потому

что в неволе намного легче записать звуки и проследить сопровождающее их поведение. Для описания вокальных репертуаров млекопитающих и птиц применяют различные классификационные схемы, но во всех случаях при описании вокального репертуара надо четко представлять, когда описываешь структуру, а когда - функциональное значение вокализации, и не смешивать эти два различных подхода. Однако если применять функциональные и структурные подходы последовательно, они прекрасно дополняют друг друга.

При классификации по функциональному значению основное внимание обращают на связь звуков с определенным типом поведения. Так, например, можно выделить в отдельные категории звуки, сопровождающие комфортное, агрессивное, умиротворяющее, половое, материнское поведение и т.д. Примером такого подхода является описание вокального репертуара большой песчанки (Гольцман и др., 1977).

При классификации по структуре принимают во внимание только физические параметры вокализаций. В этом случае вокализации подразделяют на классы, например, тональные и шумовые, а затем более подробно классифицируют по структуре внутри каждого класса. Степень дробности классификации задает сам исследователь в зависимости от стоящей перед ним задачи, и число вокальных типов, на которые подразделяют репертуар, может варьировать очень широко - от нескольких единиц до нескольких десятков (Володина, 2000; Володин и др., 2001; Klenova et al., 2007a).

При классификации вокализаций по структуре типы звуков обычно не могут быть жестко разделены между собой, так как почти между всеми вокальными формами встречаются промежуточные варианты. Таким образом, разные типы вокализаций, с одной стороны, представляют собой дискретные единицы, а, с другой, все входящие в них вокализации, благодаря переходным формам, связаны в один или несколько структурных континуумов. Пример описания последовательности шагов при классификации вокализаций по структуре приведен в работе Юргенса (Jurgens, 1982).

## Заключение

После появления и широкого распространения компьютеров и способов цифровой обработки данных методы сбора, описания и анализа звуков животных совершили гигантский рывок вперед. С каждым годом компьютеры, цифровые рекордеры и программы для анализа звуков становятся все доступнее. Благодаря этому все большее число людей, работающих с животными в неволе, получают возможность использовать на практике различные биоакустические методы наряду с другими, ставшими уже традиционными подходами.

Возможности применения биоакустических методов при содержании и разведении животных весьма широки. В настоящее время диапазон применения биоакустических методов включает идентификацию вида или подвида по голосовым реакциям (Володина, Володин, 1995), оценку репродуктивного состояния (Володина, Володин, 1996; Володина, 2000), определение пола у птиц без внешнего полового диморфизма (Володин и др., 2003, 2005б; Кленова и др., 2004; Bourgeois et al., 2007), акустическую стимуляцию брачного поведения и размножения (Тихонов и др., 1988), оценку текущего эмоционального состояния и социального статуса животных (Володина, 2000; Володина, Володин, 2001; McCowan, Rommelspacher, 2006) и другие чрезвычайно актуальные для зоопарков практические задачи. В зоопарках и питомниках разрабатываются и апробируются методы долговременного бесконтактного акустического мониторинга индивидуально опознаваемых особей и пар редких видов птиц, таких как краснозобая казарка (*Branta ruficollis*) и японский журавль (*Grus japonensis*) (Володин и др., 2005в; Volodin et al., 2006; Klenova et al., 2007б).

Кроме того, зоопарк часто выступает как база для проведения фундаментальных биоакустических исследований, таких как описание вокальных репертуаров редких видов животных, онтогенез вокального поведения, изучение географической изменчивости



криков, исследование таксономического родства между видами на основании структуры вокализаций, исследование коммуникативного поведения, изучение индивидуальной специфичности криков, анализ связей между структурой вокализаций и характеристиками внутреннего состояния животных (обзор - Володина, Володин, 1995).

В связи с этим, в последнее время значительное число исследовательских и учебных работ, проводимых в зоопарках, связано со сбором и анализом звуков животных. В Московском зоопарке (<http://www.moscowzoo.ru/get.asp?id=C92> ) и зоопарке Вены, Австрия (<http://www.mammal-communication-lab.at> ), созданы специализированные лаборатории, занимающиеся изучением акустического поведения животных. Можно ожидать, что в ближайшем будущем число исследований звукового поведения животных в неволе будет только увеличиваться.

Приведенные в этой статье сведения достаточны для того, чтобы начинающий исследователь мог самостоятельно сделать запись интересующих его звуков животных, определить их структуру, выделить ключевые параметры и применить полученные данные в соответствии со стоящей перед ним задачей. Надеемся, что эта статья будет полезна специалистам, которые будут применять биоакустические подходы наряду с другими биотехническими приемами, используемыми при содержании и разведении животных в неволе, а также руководителям студенческих практик и юннатских кружков и всем, кто собирается вести биоакустические исследования.

## Литература

- Биоакустика (под ред. В. Д. Ильичева), 1975. М.: Высшая школа. 257 с.
- Богословская Л.С., Солнцева Г.Н., 1979. Слуховая система млекопитающих. М.: Наука. 240 с.
- Володин И.А., Володина Е.В., 2002. Непрерывная вокализация во время вдоха и выдоха у большого полосатого куスクуса, *Dactylopsila trivirgata* (Marsupialia, Petauridae) // Зоол. журнал. т. 81(12). с. 1526-1529.
- Володин И.А., Володина Е.В., 2006а. Скромное очарование нелинейностей. О скулении собак, голосе Высоцкого, алтайском пении и не только // Природа. № 2. с. 26-32.
- Володин И.А., Володина Е.В., 2006б. Вокальное поведение домашней собаки: механизмы, функции и эволюция / Проблемы исследований домашней собаки. Материалы совещания (Шубкина А.В. отв. ред.). М.: ИПЭЭ им. А.Н. Северцова РАН. с. 43-52.
- Володин И.А., Володина Е.В., Исаева И.В., 2001. Вокальный репертуар красного волка, *Cuon alpinus* (Carnivora, Canidae) в неволе // Зоол. журнал. т. 80(10). с. 1252-1267.
- Володин И.А., Володина Е.В., Кленова А.В., 2003. Безошибочное определение пола по громким свистовым крикам у мономорфных белолицых свистящих уток *Dendrocygna viduata* // Научные исследования в зоологический парках. вып. 16. с. 90-100.
- Володин И.А., Володина Е.В., Кленова А.В., 2005в. Звук вместо отлова – определение пола и индивидуальной принадлежности птиц по их крикам // Зоокультура и биологические ресурсы. Матер. науч.-практич. конф. М.: Т-во научных изданий КМК. с. 161-164.
- Володин И.А., Володина Е.В., Матросова В.А., Холодова М.В., 2005б. Определение пола кубинских свистящих уток *Dendrocygna arborea* по ответам на трансляцию видовых криков // Научные исследования в зоологических парках. вып. 18. с. 105-112.
- Володин И.А., Володина Е.В., Филатова О.А., 2005а. Структурные особенности, встречаемость и функциональное значение нелинейных феноменов в звуках наземных млекопитающих // Журнал общей биологии. т. 66(4). с. 346-362.
- Володин И.А., Володина Е.В., Филатова О.А., 2007. Нелинейные феномены, определяющие высокую структурную изменчивость скулений домашней собаки

- Canis familiaris* (Carnivora, Canidae) // Бюллетень МОИП, отд. биол. т. 112(4). с. 11-17.
- Володина Е.В., 2000. Вокальный репертуар гепарда *Acinonyx jubatus* (Carnivora, Felidae) в неволе: структура звуков и поиск возможностей для оценки внутреннего состояния у взрослых животных // Зоол. журнал. т. 79(7). с. 833-844.
- Володина Е.В., Володин И.А., 1995. Биоакустические исследования в зоопарках - возможности и перспективы // Научные исследования в зоологических парках. вып. 5. с. 222-246.
- Володина Е.В., Володин И.А., 1996. Вокализации, сопровождающие репродуктивное поведение у редких видов кошачьих (Felidae) // Научные исследования в зоологических парках. вып. 6. с. 142-184.
- Володина Е.В., Володин И.А., 2001. Вокальные индикаторы эмоционального состояния у млекопитающих // Успехи современной биологии. т. 121(2). с. 180-189.
- Гольцман М.Е., Наумов Н.П., Никольский А.А., Овсянников Н.Г., Пасхина Н.М., Смирин В.М., 1977. Социальное поведение большой песчанки (*Rhombomys opimus* Licht.) / Поведение млекопитающих. М.: Наука. с. 5-69.
- Згут М.А., 1982. Мой друг магнитофон. М.: Радио и связь. 224 с.
- Кленова А.В., Володин И.А., Володина Е.В., Холодова М.В., Нестеренко О.Н., 2004. Индивидуальные и половые различия в криках птенцов японского журавля (*Grus japonensis*) // Научные исследования в зоологических парках. вып. 17. с. 103-118.
- Константинов А.И., Мовчан В.Н., 1985. Звуки в жизни зверей. Л.: Изд-во Ленинградского университета. 304 с.
- Курсков А.Н., 1978. Рукокрылые охотники. М.: Лесная промышленность. 136 с.
- Мариковский П.И., 1983. С магнитофоном в природу. Алма-Ата: Наука. 128 с.
- Морозов В.П., 1987. Занимательная биоакустика. М.: Знание. 208 с.
- Никольский А.А., 1984. Звуковые сигналы млекопитающих в эволюционном процессе. М.: Наука. 197 с.
- Попов С.В., Вахрушева Г.В., 1993. Этологические исследования в зоопарках и проблема поведенческой адаптации животных к условиям неволи // Научные исследования в зоологических парках, вып. 3, с. 171-192.
- Сергеев Б.Ф., 1980. Живые локаторы океана. Л.: Гидрометеиздат. 151 с.
- Тихонов А.В., Моренков Э.Д., Фокин С.Ю., 1988. Поведение и биоакустика птиц. М.: Изд-во МГУ. 200 с.
- Фант Г., 1964. Акустическая теория речеобразования. М.: Наука. 284 с.
- Bourgeois K., Cure C., Legrand J., Gomez-Diaz E., Vidal E., Aubin T., Mathevon N., 2007. Morphological versus acoustic analysis: what is the most efficient method for sexing yelkouan shearwaters *Puffinus yelkouan*? // J. Ornithol. v. 148. p. 261-269.
- Fitch W.T., 2000. The evolution of speech: a comparative review // Trends in Cognitive Sciences. v. 4(7). p. 258-267.
- Frazer Sissom D.E., Rice D.A., Peters G., 1991. How cats purr // J. Zool. v. 221(1). p. 67-78.
- Golani I., 1976. Homeostatic motor processes in mammalian interactions: a choreography of display / Perspectives in Ethology, v. 2 (Bateson P.P.G, Klopfer P.H., eds.). N.Y.: Plenum Press. p. 69-134.
- Golani I., 1992. A mobility gradient in the organization of vertebrate movement: the perception of movement through symbolic language // Behav. and Brain Sci. v. 15. p. 249-308.
- Grisham J., 1989. Cheetah husbandry. AAZPA Species Survival Plan Program. Materials of Propagation Group.
- Grisham J., Lindburg D.G., 1989. Cheetah Master Plan. AAZPA Species Survival Plan Program. Materials of Propagation Group.
- Jurgens U., 1982. A neuroethological approach to the classification in the squirrel monkey / Primate communication (Snowdon C.T., Brown C.H., Petersen R.M., eds.). Cambridge: Cambridge Univ. Press. p. 50-62.

- Jurgens U., 1988. Central control of monkey calls / Primate vocal communication (Todt D., Goedeeking P., Symmers D., eds.). Berlin: Springer-Verlag. p. 162-167.
- Jurgens U., Ploog D., 1970. Cerebral representations of vocalization in squirrel monkey // *Experimental Brain Research*. v. 10(5). p. 532-554.
- Jurgens U., Ploog D., 1981. On the neural control of mammalian vocalization // *Trends NeuroSciences*. v. 4(6). p. 135-137.
- Klenova A.V., Volodin I.A., Volodina E.V., 2007a. The vocal development of the red-crowned crane *Grus japonensis* // *Ornithological Science*. v. 6(2). p. 107-119.
- Klenova A.V., Volodin I.A., Volodina E.V., 2007b. Duet structure provides information about pair identity in the red-crowned crane (*Grus japonensis*) // *Journal of Ethology*. DOI: 10.1007/s10164-007-0063-y
- McCowan B., Rommeck I., 2006. Bioacoustic monitoring of aggression in group-housed rhesus macaques // *Journal of Applied Animal Welfare Science*. v. 9(4). p. 261-268.
- Owings D.H., Morton E.S., 1998. *Animal vocal communication: a new approach*. Cambridge: Cambridge Univ. Press. 284 p.
- Owren M.J., Bernacki R.H., 1998. Applying linear predictive coding (LPC) to frequency-spectrum analysis of animal acoustic signals / *Animal acoustic communication: Sound analysis and research methods* (Hopp S.L., Owren M.J., Evans C.S., eds.). New York: Springer-Verlag. p. 129-161.
- Owren M.J., Linker C.D., 1995. Some analysis techniques that may be useful to acoustic primatologists / *Current topics in primate vocal communication* (Zimmermann E., Newman J., Jurgens U., eds.). New York: Plenum Press. p. 1-27.
- Peters G., 2002. Purring and similar vocalizations in mammals // *Mammal Rev*. v. 32(4). p. 245-271.
- Ploog D., 1992. The evolution of vocal communication / *Nonverbal vocal communication* (Papousek H., Jurgens U., Papousek M., eds.) Cambridge: Cambridge Univ. Press. p. 6-30.
- Volodin I.A., Klenova A.V., Volodina E.V., 2006. Modelling bioacoustical monitoring through years with captive population of the red-breasted goose // *Казарка, Бюллетень Рабочей группы по гусеобразным северной Евразии*. т. 11. с. 100-120.
- Volodin I.A., Volodina E.V., 2002. Biphonation as a prominent feature of the dhole *Cuon alpinus* sounds // *Bioacoustics*. v. 13(2). p. 105-120.

# Руководство по сбору данных для научных исследований в зоопарках

© British and Irish Association of Zoos and Aquariums (Formerly The Federation of Zoological Gardens of Great Britain and Ireland) 2004

BIAZA. (2000) *Zoo Research Guidelines: Research Sampling Guidelines for Zoos*.

First published 2002

ISSN 1479-5647

Подготовлено Группой по исследованиям BIAZA

Перевод: С.В. Попов

Данное руководство предназначено для сотрудников зоопарков, ученых и студентов, планирующих исследования, объектом которых являются животные зоопарков. Текст был прочитан представителями Министерства внутренних дел Великобритании и одобрен Комиссией BIAZA по сохранению видов и содержанию животных. Шрифт, выделенный курсивом, соответствует терминологии, принятой Министерством внутренних дел. Документ будет регулярно пересматриваться и по необходимости обновляться.

Руководство предназначено для оказания помощи сотрудникам зоопарков, ученым и студентам, планирующим проведение исследований на зоопарковских животных. Хотя представители Министерства внутренних дел ознакомились с предлагаемым руководством, каждый инспектор имеет право самостоятельно интерпретировать положения законодательства, принятых Министерством. Мы не включили сюда *регулируемые процедуры*, для осуществления которых требуется специальная лицензия Министерства внутренних дел, и не рекомендуем использовать подобные процедуры в зоопарковских исследованиях.

Группа по исследованиям BIAZA будет рада и в дальнейшем предоставлять свою поддержку специалистам и проводить консультации по вопросам, связанным с научными исследованиями.

«Закон о животных» («Научные процедуры»), изданный Министерством внутренних дел в 1986 году, регулирует “любую экспериментальную или иную научную процедуру, применяемую к защищаемым животным, которая может нанести долговременный ущерб здоровью животных или стать причиной боли, страданий и дистресса”.

*Защищаемое животное* – это любое живое позвоночное, кроме человека. Данное определение относится к млекопитающим, птицам и рептилиям на любой стадии развития после половины срока беременности или инкубации, а к рыбам и амфибиям – начиная с момента перехода к самостоятельному питанию. Если в течение процедуры (или курса процедур), выполняемой в научных целях, объекты исследования достигают указанного возраста, то такое исследование подпадает под действие соответствующих положений. Аналогично, если воздействию, причиняющему боль и страдания, вызывающему дистресс или наносящему ущерб здоровью, подвергаются эмбрионы или неполовозрелые формы, достигающие возраста защищаемых в период проведения процедуры, то такое воздействие подпадает под определение регулируемого независимо от эффекта, который оно оказывает на родительских особей. Следует отметить, что все головоногие также должны рассматриваться как защищаемые животные, несмотря на то, что в настоящее время в «Закон о животных» («Научные процедуры») 1986 года включен лишь вид *Octopus vulgaris*.

*Смерть* определяется как необратимая остановка кровообращения или разрушение мозга, которое не является полным у животных, подвергнутых децеребрации.

*Регулируемая процедура* – это любое экспериментальное или иное научное воздействие, которое может быть причиной боли, страданий, дистресса или нарушения здоровья защищаемого животного. Указанные термины включают смерть, болезнь, ранения, психологический или физиологический стресс, существенный дискомфорт или любое нарушение нормального здоровья, наступающее немедленно или по прошествии времени. Действие остается регулируемым и в том случае, если его повреждающий результат смягчается или предотвращается применением анестетических или седативных препаратов, ограничивающих или притупляющих негативные ощущения животного, а также если оно проводится посредством децеребрации или с помощью других процедур, обеспечивающих нечувствительность животного.

Кольцевание, таврение или иные процедуры мечения животных, проводящиеся единственно с целью обеспечения возможности последующей идентификации особей, не являются регулируемыми действиями, если они вызывают лишь кратковременную боль или дистресс и не наносят долгосрочного ущерба здоровью животных. Процедуры, выполняемые в ветеринарных, сельскохозяйственных или зоотехнических целях, не являются регулируемыми действиями, если они приносят животным пользу. Например, взятие крови и образцов тканей в диагностических целях или инъекции считаются ветеринарными процедурами, если проводятся в интересах животного. Некоторые необходимые для содержания животных манипуляции, которые могут вызывать у животных болевые ощущения – такие, например, как кастрация – не являются регулируемыми действиями, за исключением ситуаций, когда такие процедуры входят в научное исследование.

Существуют две категории сбора данных:

1. Сбор данных в ходе наблюдений;
2. Сбор образцов.

### **1. Сбор данных посредством наблюдений**

Простое наблюдение за ситуацией:

Допускается наблюдение за ситуациями, разрешенными «Законом о лицензировании зоопарков», а также внесение в ситуацию изменений, не противоречащих положениям «Закона о лицензировании зоопарков» и не сопряженных с проведением регулируемой процедуры, и последующее наблюдение за эффектами, произведенными такими изменениями. Примерами могут служить изменения, относящиеся к субстратам, оформлению вольер, рациону, режиму освещения, элементам обогащения среды, поведенческому тренингу и повседневным процедурам. Примером ситуации, включающей проведение регулируемых процедур, может быть изучение факторов, влияющих на степень агрессивности животных, с применением манипуляций, которые могут привести к возрастанию вероятности агрессивных контактов. Таким образом, сбор данных посредством наблюдений, связанный со значительной вероятностью возникновения таких эффектов, как боль, стресс, страдания и длительное ухудшение здоровья, включает в себя проведение действий, подпадающих под определение регулируемых процедур. Аналогично, для внесения изменений в рацион, в результате которых животное лишается важнейших пищевых компонентов, требуется получение лицензии Министерства внутренних дел Великобритании.

### **2. Сбор образцов**

- a. Сбор образцов от трупов животных;
- b. Сбор образцов от живых животных.

### ***Сбор образцов от трупов животных***

Вскрытие необходимо или желательно в большинстве случаев смерти зоопарковских животных, а участие патологоанатома требуется для сбора образцов тканей и органов. Некоторые животные, например, приматы, могут быть подвержены заболеваниям, опасным для человека, поэтому взятие образцов от трупов таких животных требует осторожности.

### ***Сбор образцов от живых животных***

Некоторые биологические материалы могут быть получены в ходе текущих ветеринарных и зоотехнических процедур. Для проведения подобных процедур необходимо иметь четкие, обоснованные доказательства того, что образцы материала будут собраны ради здоровья и благополучия конкретного животного или группы особей, членом которой оно является. В первую очередь, следует получить согласие владельца животного.

Согласно правилам, установленным Министерством внутренних дел, обездвиживание животного может рассматриваться как неоправданное создание стрессовой ситуации. К типам обездвиживания, попадающим в категорию регулируемых процедур, – в случае, если соответствующие действия проводятся в научных целях, – относятся применение химических препаратов (например, в случае анестезии) или метаболических ящиков. Пример взятия биологического материала одновременно с проведением ветеринарных процедур – сбор образцов крови для последующего анализа и оценки состояния здоровья животного. Лучше всего, если это делает штатный ветеринар, поскольку квалификация персонала и цели взятия анализов не должны вызывать никаких сомнений. Эти цели определяют и типы процедур сбора и хранения образцов крови – например, центрифугирование для получения плазмы и хранение образцов при температуре  $-80^{\circ}\text{C}$ .

Объем/тип образцов должен соответствовать ветеринарным задачам, так чтобы лишь небольшая доля (не более 10% от всего объема, собранного для ветеринарных целей) была использована для решения научных (т.е. вторичных) задач. Взятие образцов должно проводиться сроки, заранее установленные для выполнения конкретной ветеринарной задачи, и эти сроки не должны меняться в угоду вторичным научным целям.

Согласно упомянутым критериям, волосы (с нечувствительных частей тела животного) и перья (но не маховые) можно собирать, например, для определения пола у птиц, но нельзя выдергивать перья для генетических исследований. Образцы кожи могут быть взяты, например, при пробивании ушей в процессе мечения, но для выбора такого способа мечения должны быть серьезные основания, в качестве которых не должна выступать возможность получить образцы для научных исследований. Следует отметить, что амфибии и рыбы могут испытать стресс или получить повреждение кожи, когда их берут в руки, что вызывает опасность возникновения у них грибковых инфекций при взятии кожных мазков. При малейших сомнениях обращайтесь за рекомендациями в Министерство внутренних дел Великобритании.

10 февраля 2002

# Планирование исследований и наблюдения за поведением

© British and Irish Association of Zoos and Aquariums (Formerly The Federation of Zoological Gardens of Great Britain and Ireland) 2003

*Wehnelt, S., Hosie, C., Plowman, A., and A Feistner (2003) Zoo Research Guidelines: Project Planning and Behavioural Observations* BIAZA, London

First published 2003

ISSN 1479-5647

**Stephanie Wehnelt<sup>1</sup>, Charlotte Hosie<sup>2</sup>, Amy Plowman<sup>3</sup>, Anna Feistner<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> North of England Zoological Society, Chester Zoo, Upton, Chester CH2 1LH, UK;

<sup>2</sup> Chester College, Department of Biological Sciences, Parkgate Road, Chester CH1 4BJ, UK;

<sup>3</sup> Paignton Zoo Environmental Park, Totnes Road, Paignton, Devon TQ4 7EU, UK;

<sup>4</sup> Durrell Wildlife Conservation Trust, Les Augres Manor, Trinity, Jersey JE3 5BP, British Isles

**Благодарим за важные замечания:**

**Richard Brown, Geoff Hosey, Filippo Aureli, Colleen Schaffner**

*Перевод: С.В. Попов*

Научные исследования – это основа для понимания того, что такое зоопарковские животные и как они взаимодействуют со своим окружением. Благодаря серьезным исследованиям мы можем оценить эффективность методов ухода за животными, улучшить условия содержания, повысить благополучие особей, добиться размножения и т.п. Зоопарковские исследования могут также внести вклад в сохранение животных *in situ*. Возможность беспрепятственно наблюдать животных в зоопарке может быть использована для хорошей подготовки специалистов, занимающихся полевыми исследованиями. Кроме того, зоопарки предоставляют молодым ученым и другим заинтересованным лицам прекрасные возможности для освоения различных методов исследований.

Настоящее руководство должно прояснить последовательность действий, которые обычно требуются для разработки и осуществления исследовательского проекта в зоопарке. Обсуждаются специфические зоопарковские ограничения в работе, которые могут отличаться от ограничений лабораторного или полевого исследования. Рекомендации, представленные в руководстве, предназначены для оказания начинающим зоопарковским исследователям помощи в разработке и проведении исследовательских проектов, отвечающих требованиям к качеству и содержанию работ подобного рода.

Первый выпуск серии рекомендаций, входящих в общее «Руководство по исследованиям в зоопарках», относится к планированию научных исследований и включает в себя разделы, соответствующие последовательным шагам осуществления проекта: 1. Формулировка вопроса исследования; 2. Планирование исследования; 3. Обработка и интерпретация результатов. Пожалуйста, примите во внимание тот факт, что эти шаги могут носить циклический характер и влиять друг на друга, так что вопросы планирования эксперимента и обработки данных мы будем рассматривать совместно. Советуем сначала прочесть все разделы, и лишь после этого обращаться к перекрестным ссылкам. Последний пятый раздел содержит обширный список полезной литературы и определяет ключевые публикации для каждой стадии проекта.

## 1. Формулировка вопроса исследования и начальная целесообразность

- Определите, на какой вопрос (или какие вопросы) вы собираетесь ответить и с какими видами животных хотите работать. Проконсультируйтесь со своим руководителем, чтобы убедиться в том, что ваш замысел подходит для зоопарка, – возможно для этого вам придется ознакомиться с аналогичными работами по данной теме. Следующий шаг – анализ литературы как по объекту, так и по проблеме исследования. Легче всего найти научные публикации по интересующему вас вопросу с помощью электронных баз данных, таких, как «Web of Science». Полезным может оказаться поиск в Интернете и знакомство с предыдущими научными отчетами, которые можно найти в зоопарковской библиотеке или получить от координатора зоопарковских научных исследований. Однако, к данным, полученным из Интернета, надо относиться с осторожностью. Предшествующие проекты также могут оказаться недостоверными или неточными из-за недостаточно активного участия в них сотрудников зоопарка или слабого контроля. Критически пользуйтесь неопубликованными результатами, решая каждый раз, насколько надежна такая информация. Старайтесь не брать за образцы невнятные проекты, если сами не можете внести в них существенных положительных изменений. Не делайте свой проект слишком похожим на предыдущие исследования, иначе вас могут обвинить в плагиате. В сомнительных случаях посоветуйтесь с руководителем своего проекта.

**Пример:** Предположим, вас интересует влияние количества посетителей на поведение группы макак. Вам необходимо провести поиск литературы по ключевым словам «поведение макак» как «в природе», так и «в неволе», и, кроме того, по словосочетанию «влияние посетителей на зоопарковских животных/приматов». Вы можете внести специфическую направленность в свой проект, измеряя уровни шума или регистрируя возрастную структуру посетителей.

- Прежде чем предлагать проект зоопарку, обсудите его со своим научным руководителем. Возможно, ваш руководитель, зоопарковская библиотека или координатор исследований в зоопарке смогут ознакомить вас со списком желательных и возможных в данном зоопарке исследований. Убедитесь в том, что ваши намерения совпадают с рекомендациями и требованиями к проектам и что для проведения запрашиваемого проекта будут обеспечены все необходимые условия. Например, достаточно ли будет описательной статистики или понадобится статистическое тестирование альтернативных гипотез?

- Если для объяснения своих поведенческих наблюдений вы предполагаете учитывать физиологические показатели, вам необходимо знать законодательства по зоопарковским и диким животным, регулирующие инвазивные процедуры взятия образцов. Группа по исследованиям BIAZA выпустила «Руководство по сбору данных для научных исследований в зоопарках», в котором содержится информация о том, какие образцы от животных можно брать без получения лицензии на проведение «регулируемой процедуры» (см. раздел 5.). Большинство зоопарков не имеет таких лицензия (*в Великобритании они выдаются Министерством внутренних дел страны – прим. переводчика*). Дополнительную информацию об этических аспектах исследований, проводимых на животных, вы можете найти в литературе, список которой приведен в разделе 5. В сомнительных случаях консультируйтесь с координатором исследований в конкретном зоопарке.

- Выясните, какая процедура регистрации исследовательских проектов принята в выбранном вами зоопарке. Начните с обсуждения данного вопроса со своим руководителем, у которого могут быть регистрационные формы или информационные брошюры. Если такой информации нет, свяжитесь с зоопарковским координатором исследований. Бывает полезно,



а часто и необходимо, иметь распечатанное резюме проекта, которое можно показать руководителю или сотрудникам зоопарка.

- Определите животных, которые будут объектом вашего исследования, и выясните структуру их группы. Запросите в зоопарке идентификационные карточки на животных или копию отчета по таксону для выбранных видов. Отчет по таксону содержит информацию о возрасте, поле, родителях и т.д. каждой особи. Посмотрите предшествующие отчеты по таксону, в которые включены интересующие вас особи (запросите их у координатора исследований или в зоопарковской библиотеке). Предыдущие отчеты могут содержать не только информацию об этих животных, но и схемы вольер, в которых они содержались. Проверьте, возможно ли надежно идентифицировать животных. Для вашего исследования может потребоваться подразделить популяцию на группы по полу или по возрасту.

- Определите основные вопросы исследования прежде, чем начать сбор данных. Имеются ли у вас определенные гипотезы, основанные на изучении литературных данных? Вы должны обосновать цели вашего проекта, используя изученные литературные данные.

## **2. Разработка планов эксперимента**

### **Практические аспекты и ответственность**

- Подумайте, какие типы исследовательских проектов подходят для зоопарков. Например, инвазивные исследования, требующие получения лицензий Министерства внутренних дел, возможны в лаборатории, но неприемлемы для зоопарка. По этическим соображениям вам вряд ли удастся собирать материал, требующий отделения животных от группы (например, для опытов по индивидуальному кормлению), отловов или анестезии особей.

- Обсудите со своим руководителем, а при необходимости и с координатором исследований в зоопарке, насколько выполнимы ваши планы. Проект должен согласовываться с режимом работы зоопарка (время кормления животных, работа киперов) и не должен причинять неудобств киперам или животным. Выясните распорядок работы персонала с животными, являющимися объектом ваших исследований, и имейте в виду, что вам, возможно, не удастся наблюдать на ними в определенные периоды дня (например, когда зоопарк закрыт для посетителей или когда животные находятся в местах, где посетители не могут их увидеть). Получив предварительное предложение о вашем проекте, зоопарк сможет предоставить вам информацию обо всех возможных проблемах.

- Всегда соблюдайте договоренности с персоналом зоопарка (например, о внесении в вольеру предметов для обогащения среды) и организуйте свою работу так, чтобы вы гарантированно появлялись в зоопарке в оговоренное время. Обязательно информируйте кипера и/или координатора исследований о любых изменениях, которые вы собираетесь внести в планы ваших исследований.

### **2.2. Замысел эксперимента**

- Пожалуйста, помните, что применение любого статистического теста тесно связано с замыслом эксперимента и способом сбора данных. Прочтите разделы 2 и 3, чтобы связать одно с другим. При малейших сомнениях необходимо детально проработать литературу (смотри раздел 5.) и/или проконсультироваться со своим научным руководителем.

- Определите, какие переменные в вашем эксперименте будут независимыми, а какие зависимыми. Независимая переменная – это фактор, который вы изучаете. Зависимая

переменная – это то, что вы реально измеряете. Вы можете манипулировать независимой переменной как непосредственно, так и косвенно.

**Пример:** Независимыми переменными могут быть элементы обогащения среды (непосредственно контролируемые вами) или количество посетителей (косвенный показатель, поскольку вы не можете на него влиять). В качестве зависимых переменных могут выступать местоположение животного в вольере или частоты и длительности проявления конкретных форм поведения.

- Если ваш проект предполагает детальные наблюдения за поведением, вам потребуется этограмма. Этограмма представляет собой детальный перечень объективно описанных, взаимоисключающих форм поведения, которые вы регистрируете, чтобы получить ответ на свои вопросы, оценивая частоту, длительность или латентный период соответствующих форм поведения. Изучение литературы (например, см. раздел 5.) об этих видах животных или предварительные наблюдения помогут определить элементы этограммы.

- Внимательно отслеживайте условия сбора данных – какое из происходящих в это время событий может влиять на интересующий вас феномен? Исключите влияние как можно большего числа сопутствующих воздействий, так чтобы в качестве независимой переменной, действующей на интересующий вас показатель, выступал единственный фактор. Те дополнительные факторы, которые не удастся исключить, необходимо как можно тщательнее контролировать и обсуждать в отчете их возможное воздействие на результаты исследования (см. раздел 3.).

**Пример:** Активность животных может снижаться при увеличении количества посетителей, но не связано ли это с повышением температуры в солнечные летние дни?

### 2.3. Выбор методов сбора данных

- То, какие данные вы собираете, определяется вашей гипотезой. Необходимо так выбирать измеряемые переменные, чтобы результаты измерений могли наилучшим образом ответить на вопросы исследования. Старайтесь не использовать данных, не имеющих прямого отношения к тестированию вашей гипотезы.

**Пример:** Вместо того, чтобы собирать данные обо всем, что делает данное животное, или обо всем, что происходит в группе, вы можете сконцентрироваться на том, в каких частях вольеры находится животное и какие формы поведения оно проявляет в каждом из этих мест. Если вы исследуете эффект влияния конкретного средства обогащения среды, то можно сосредоточиться на элементах поведения, связанных именно с этим средством обогащения (например, поиск пищи и питание), или на изменениях в бюджете времени, но нет необходимости собирать детальные данные, например, о социальном поведении.

- Обдумайте, когда собирать данные. Придется учитывать время дня, количество посетителей, температуру, погоду, период размножения и т.д. (смотри также раздел 2.2. о сопутствующих переменных). Организуйте сбор данных таким образом, чтобы у вас было достаточно времени для ответа на вопрос исследования и оставалось дополнительное время на решение проблем, которые могут возникнуть в процессе работы. При интерпретации результатов краткосрочного проекта не забудьте, что ваши выводы о поведении животных нельзя аппроксимировать на другие периоды года (см. раздел 3!).

- Продумайте вопрос о том, как/когда/как часто и т.п. фиксировать данные, так, чтобы быть уверенным, что вы используете наиболее подходящий метод, для получения ответа на вопрос исследования. Это необходимо для того, чтобы определить, годятся ли ваши данные для статистического анализа, так что проверьте, запланировали ли вы такой анализ.

(См. раздел 5.0 для ссылок на работы о сборе данных и методах их статистической обработки.)

**Пример:** Вы можете наблюдать за фокальным животным, за несколькими животными из группы или сканировать поведение всех членов группы. Методы регистрации включают ad lib, фокальную и сканирующую регистрации поведения. Регистрация может быть непрерывной, мгновенной, частотной, и т.п.

- Количество наблюдений, которые вам необходимо провести, зависит от того, сколько животных доступно для наблюдений, сколько различных экспериментальных условий вы собираетесь сравнивать и какие статистические тесты собираетесь использовать, а также от того, насколько выражены эффекты воздействия выбранной вами независимой переменной. Вам необходимо решить, какими будут промежутки времени между регистрациями (помимо других факторов, это зависит от длительности наблюдаемого поведения) и как вы будете избегать предвзятости при выборе объекта для регистрации. Важно тщательно учитывать все эти замечания, чтобы избежать ошибок при интерпретации результатов наблюдений и/или в ходе статистического анализа. Если некоторые из животных более активны или лучше видны, то его поведение может регистрироваться чаще, (и его представленность в вашей выборке будет завышена) вместо того, чтобы собирать данные по всем животным равномерно.

**Пример:** Чтобы избежать искажений, выбирайте объект регистрации случайным образом или в соответствии с заранее установленным порядком, а не концентрируйте внимание на животном, проявляющем в настоящий момент наиболее интересное поведение. Не исключено, что в результате вы получите большое число таких регистраций поведения, как «не активен» или «не виден», но даже если вам, как наблюдателю, это кажется менее интересным, подобные данные являются надежными.

- После составления плана сбора данных, крайне важно провести пилотное исследование (предварительные наблюдения), благодаря которому вы сможете заранее устранить проблемы, относящиеся к структуре вашего проекта или к методам регистрации. Кроме того, пилотное исследование позволит вам реалистически оценить общую длительность сбора данных в рамках проекта и соответственно спланировать время (учитывая необходимость в наличии запаса времени для решения неожиданных проблем!).

### **3. Анализ данных и интерпретация результатов**

- Если вы предполагаете проводить вероятностный анализ, то до начала сбора данных вам следует решить, какими тестами вы будете пользоваться (как обсуждалось в разделе 2.). Такая практика обеспечит корректность формата сбора данных и избавит вас от сомнений по поводу правомерности использования выбранного вами теста для оценки результатов. Выбирая статистический тест, изучите пособия по статистике, особенно те, что специально предназначены для зоопарков или для полевых исследований (смотри раздел 5.). Необходимо проверить, имеют ли ваши данные нормальное распределение, поскольку от этого зависит, какие из критериев – параметрические или непараметрические – можно использовать. Параметрические критерии обычно обладают большей мощностью, но эти критерии годятся только для нормально распределенных данных (помимо этого, такие критерии имеют и другие ограничения). Если распределение данных отличается от нормального, а трансформации нежелательны или не дают эффекта, то можно подобрать сходные непараметрические критерии. Имейте в виду, что не всегда целесообразно использовать статистическое тестирование гипотез. Описательные статистики и графическое представление данных могут оказаться более приемлемыми, чем попытки обработать данные неподходящими тестами, получая неверные результаты и делая ошибочные выводы.

- Как и на предыдущей стадии исследования, чрезвычайно полезен предварительный анализ какой-то части данных до того, как будет получен основной материал. Это позволит понять, требуется ли внести какие-либо изменения в методы сбора данных. Таким образом, при планировании работы нужно выделить время на предварительные наблюдения и анализ их результатов.

- Для зоопарковских проектов типичны некоторые статистические проблемы (например, псевдорепликация или ошибочное объединение данных), обычно порождаемые недостаточным размером выборок, неверным выбором режима регистраций и т.п. (смотри также раздел 2.3). Пособия по статистике и анализ работ, выполненных ранее по сходной тематике (смотри раздел 5.), помогут предотвратить возникновение подобных проблем. Так, например, существуют различные методы коррекции данных, хотя лучший способ избежать проблем – тщательно продумывать схему исследования.

- Интерпретируя полученные результаты, вновь тщательно обдумайте весь ход исследования и постарайтесь выявить неоднородные или не имеющие отношения к проблеме переменные. Не появились ли в ходе сбора материала новые факторы (например, новое животное в коллекции, новый способ кормления, резкие изменения погоды)? Каким образом каждый из этих факторов и все они вместе могли повлиять на результаты? Это необходимо подвергнуть серьезному рассмотрению, поскольку иногда влияние подобных факторов оказывается сильнее, чем действие вашей независимой переменной. Обдумайте значение полученных результатов в приложении к наблюдаемым животным (при проведении исследования в зоопарке), а также возможность использования этих результатов в практике работы в других зоопарках или в природных условиях.

#### **4. Отчет по проекту**

- Безусловно, форма отчета зависит от требований вашего института, но, кроме того, вы должны сдать, по крайней мере, одну копию отчета в зоопарк. Выясните, должны ли вы представить отчет в зоопарк лично – и, если да, то кому (обычно координатору исследования) – или отчет должен быть отправлен в зоопарк вашим институтом. Без письменного отчета результаты исследования будут не доступны сотрудникам зоопарка, а это значит, что ваша работа не принесет никакой пользы животным. Еще до начала исследования согласуйте с зоопарковским координатором вопрос о праве собственности на всю полученную в ходе работы информацию. Некоторые зоопарки требуют предоставления им электронных копий полученных данных по окончании проекта. Тщательно выполняйте все условия, чтобы поддерживать сотрудничество и добрые отношения между зоопарками и институтами.

- Хороший отчет должен содержать информацию, которая позволит другим исследователям повторить вашу работу с другими животными или в других условиях. В отчете нужно дать обоснование работы. Он должен содержать детальное описание использованных методов, в частности, информацию о точных датах сбора материала, количестве часов наблюдений, методах регистрации поведения и общей схеме исследования. Представьте четкую информацию о полученных результатах (включая результаты статистических тестов) и предложите свою интерпретацию этих результатов в свете теоретической основы исследования. Для зоопарка часто бывает полезно, если исследователь приводит в отчете практические рекомендации по улучшению условий содержания животных, основанные на результатах проведенного исследования.

## 5. Полезная литература

### Исследования в зоопарках – основы и специфика

#### Основные публикации:

- Crockett, CM (1996) Data collection in the zoo setting emphasising behavior. In: Mammals in Captivity; Principles and Techniques, Kleiman, DG, Allen, ME, Thompson, KV and Lumpkin, S (eds). University of Chicago Press, Chicago, pp.545-565.
- BIAZA Research Group (2002) Research Sampling Guidelines for Zoos. BIAZA, London.

#### Другие полезные публикации, касающиеся организации зоопарковских исследований:

- ASAB (2001) Guidelines for the treatment of animals in behavioural research and teaching. *Animal Behaviour* 61: 271-275.
- Benirschke, K (1996) The need for multidisciplinary research units in zoos. In: Mammals in Captivity; Principles and Techniques, Kleiman, DG, Allen, ME, Thompson, KV and Lumpkin, S (eds). University of Chicago Press, Chicago, pp.537-544.
- Bostock, S St C (1993) Zoos and Animal Rights. Routledge, London. (see chapter on 'Science in Zoos')
- Burghardt, GM (1996) Introduction: Research and welfare in animal exhibit facilities. In *The Well-being of Animals in Zoo and Aquarium Sponsored Research*, Burghardt, GM, Bielitski, JT, Boyce, JR and Schaeffer, DO (eds), Scientists Center for Animal Welfare, Greenbelt, pp. 1-3.
- Feistner, ATC and Price, EC (2000) Working together for conservation: A win-win strategy for zoos and universities. In *Proceedings of the 2nd Annual Symposium on Zoo Research*, Plowman, AB (ed.), BIAZA, London, pp. 23-30.
- Fitzroy Hardy, D (1996) Current research activities in zoos. In: Mammals in Captivity; Principles and Techniques, Kleiman, DG, Allen, ME, Thompson, KV and Lumpkin, S (eds). University of Chicago Press, Chicago, pp.531-536.
- Fouts, R (1995) Science in zoos: arrogance of knowledge versus humility of ignorance. In *Ethics on the Ark: Zoos, Animal Welfare and Wildlife Conservation*, Norton, BG, Hutchins, M, Stevens, EE and Maple, TL (eds) (1995) Smithsonian Institution Press, London, pp.277-285.
- Hutchins, M (1988) On the design of zoo research programs. *International Zoo Yearbook* 27: 9-18.
- Hutchins, M, Dresser, B and Wemmer, C (1995) Ethical considerations in zoo and aquarium research. In *Ethics on the Ark: Zoos, Animal Welfare and Wildlife Conservation*, Norton, BG, Hutchins, M, Stevens, EE and Maple, TL (eds) (1995) Smithsonian Institution Press, London, pp.253-276.
- Hutchins, M, Paul, E and Bowdoin, JM (1996) Contributions of zoo and aquarium research to wildlife conservation and science. In *The Well-being of Animals in Zoo and Aquarium Sponsored Research*, Burghardt, GM, Bielitski, JT, Boyce, JR and Schaeffer, DO (eds), Scientists Center for Animal Welfare, Greenbelt, pp. 23-39.
- IUDZG/CBSG(IUCN/SSC) (1993) *The World Zoo Conservation Strategy; The Role of the Zoos and Aquaria of the World in Global Conservation*. Chicago Zoological Society, Chicago.
- Kleiman, DG (1992) Behavior research in zoos: past, present, and future. *Zoo Biology* 11: 301-312.
- Kleiman, DG (1995) Criteria for the evaluation of zoo research projects. *Zoo Biology* 4: 93-98.
- Kleiman, DG (1996) Special research strategies for zoos and aquariums and design of research programs. In *The Well-being of Animals in Zoo and Aquarium Sponsored Research*, Burghardt, GM, Bielitski, JT, Boyce, JR and Schaeffer, DO (eds), Scientists Center for Animal Welfare, Greenbelt, pp. 15-22.
- Kleiman, DG, Allen, ME, Thompson, KV and Lumpkin, S (eds) (1996) *Wild Mammals in Captivity; Principles and Techniques*. University of Chicago Press, Chicago.

- Lindburg, DG (1993) Curators and applied science. *Zoo Biology* 12: 317-319.
- Mellen, JD (1994) Survey and interzoo studies used to address husbandry problems in some zoo vertebrates. *Zoo Biology* 13: 459-470.
- Norton, BG, Hutchins, M, Stevens, EE and Maple, TL (eds) (1995) *Ethics on the Ark: Zoos, Animal Welfare and Wildlife Conservation*. Smithsonian Institution Press, London.
- O'Connell, M (2000) Threats to waterbirds and wetlands: Implications for conservation, inventory and research. *Wildfowl* 51: 1-15.
- Robinson, MH (1998) Enriching the lives of zoo animals: Where research can be fundamental. *Animal Welfare* 7: 151-175.
- Ryder, OA (1995) Zoological parks and the conservation of biological diversity: Linking ex situ and in situ conservation efforts. *Journal of Environment and Development* 4(2): 105-120.
- Ryder, OA and Feistner, ATC (1995) Research in zoos: A growth area in conservation. *Biodiversity and Conservation* 4(6): 671-677.
- Stoinski, TS, Lukas, KE and Maple, TL (1998) A survey of research in North American zoos and aquariums. *Zoo Biology* 17: 167-180.
- Thompson, SD (1993) Zoo research and conservation: Beyond sperm and eggs toward the science of animal management. *Zoo Biology* 12: 155-159.
- Wemmer, C, Rodden, M and Pickett, C (1997) Publication trends in zoo biology: A brief analysis of the first 15 years. *Zoo Biology* 16: 3-8.

### **Планирование исследований**

**Основные публикации:** Публикации, перечисленные в данном разделе, помогут обеспечить хорошее начало вашего исследования; содержание двух первых публикаций отражено в их названиях, остальные представляют важную информацию о том, как планировать поведенческие наблюдения, разрабатывать этограммы, определять способ сбора данных и т.д. (см. также специальные ссылки в разделах 5.3 и 5.4).

- Adams, DC and Anthony, CD (1996) Using randomisation techniques to analyse behavioural data. *Animal Behaviour* 51: 733-738.
- Bart, J, Fligner, MA and Notz, WI (1998) *Sampling and Statistical Methods for Behavioural Ecologists*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Dytham, C (1999) *Choosing and Using Statistics – A Biologists Guide*. Blackwell Science Ltd. Oxford.
- Martin, P and Bateson, P (1993) *Measuring Behaviour. An Introductory Guide, Second Edition*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Crockett, CM (1996) Data collection in the zoo setting emphasising behavior. In: *Mammals in Captivity; Principles and Techniques*, Kleiman, DG, Allen, ME, Thompson, KV and Lumpkin, S (eds). University of Chicago Press, Chicago, pp.545-565.
- Saudargas, RA and Drummer, LC (1996) Single subject (small N) research designs and zoo research. *Zoo Biology* 15: 173-181.
- Still, AW (1982) On the number of subjects used in animal behaviour experiments. *Animal Behaviour* 30: 873-880.

### **Другие полезные источники, касающиеся планирования экспериментов и статистической обработки данных:**

- Crawley, MJ (1993) *GLIM for Ecologists*. Blackwell Scientific, Oxford.
- Grafen, A (2002) *Modern Statistics for the Life Sciences*. Oxford University Press, Oxford.
- Hurlbert, SH (1984) Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological monographs* 54(2): 87-211.
- Little, RJA (1987) *Statistical Analysis with Missing Data*. Wiley, New York.

- Machlis, L, Dodd, PWD and Fentress, JC (1985) The pooling fallacy: Problems arising when individuals contribute more than one observation to the data set. *Zeitschrift fur Tierpsychologie* 68: 201-214.
- McConway, K (1992) The number of subjects in animal behaviour experiments: is Still still right? In *Ethics in research on animal behaviour: readings from Animal Behaviour*, Dawkins MS and Gosling M (eds), Academic Press for the Association for the Study of Animal Behaviour and the Animal Behaviour Society, London.
- Medawar, PB (1981) *Advice to a Young Scientist*. Pan Books, London.
- Miller, S (1984) *Experimental Design and Statistics*. Second Edition. Methuen, London.
- Sutherland, WJ (2000) *The Conservation Handbook: Research, Management and Policy*. Blackwell Science Ltd, Oxford.
- Sutherland, WJ (ed.) (2000) *Ecological Census Techniques, a Handbook*. Cambridge University Press, Cambridge.

### **Принципы наблюдения за поведением**

В разделе рассматриваются принципы, лежащие в основе поведенческих наблюдений, и то, как наблюдения используются для ответа на конкретные вопросы. (См. также раздел 5.4.)

#### **Основные публикации:**

- Altmann, J (1974) Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour* 49: 227-267.
- Dunbar, RIM (1976) Some aspects of research design and their implications in the observational study of behaviour. *Behaviour* 58: 78-98.
- BIAZA Research Group (2002) *Research Sampling Guidelines for Zoos*. BIAZA, London.
- Martin, P and Bateson, P (1993) *Measuring Behaviour; An Introductory Guide* Second Edition. Cambridge University Press, Cambridge.
- Saudargas, RA and Drummer, LC (1996) Single subject (small N) research designs and zoo research. *Zoo Biology* 15: 173-181.

#### **Другие полезные источники, касающиеся принципов этологических наблюдений:**

- ASAB (2001) Guidelines for the treatment of animals in behavioural research and teaching. *Animal Behaviour* 61: 271-275.
- Bostock, S St C (1993) *Zoos and Animal Rights*. Routledge, London. (see chapter on 'Science in Zoos')
- Harcourt, AH (1978) Activity periods and patterns of social interaction: a neglected problem. *Behaviour* 66: 121-135.
- Hutchins, M (1988) On the design of zoo research programs. *International Zoo Yearbook* 27: 9-18.
- Hutchins, M, Dresser, B and Wemmer, C (1995) Ethical considerations in zoo and aquarium research. In *Ethics on the Ark: Zoos, Animal Welfare and Wildlife Conservation*, Norton, BG, Hutchins, M, Stevens, EE and Maple, TL (eds) (1995) Smithsonian Institution Press, London, pp.253-276.
- Kleiman, DG (1992) Behavior research in zoos: past, present, and future. *Zoo Biology* 11: 301-312.
- Lehner, PN (1987) Design and execution of animal behavior research: An overview. *Journal of Animal Science* 65: 1213-1219.
- Lindburg, DG and Fitch-Snyder, H (1994) Use of behavior to evaluate reproductive problems in captive mammals. *Zoo Biology* 13: 433-445.
- Thiemann, S and Kraemer, HC (1984) Sources of behavioral variance: implications for sample size decisions. *American Journal of Primatology* 7: 367-375.
- Tinbergen, N (1963) On aims and methods of ethology. *Zeitschrift fur Tierpsychologie* 20: 410-433.

### **Наблюдения за поведением животных**

В этом разделе описаны методы поведенческих наблюдений и рассмотрены связанные с этим проблемы. Представленные в публикациях вопросы крайне важны, поскольку качество огромного числа проводимых в зоопарках проектов зависит от надежности и точности данных, полученных в ходе поведенческих наблюдений. (См. также раздел 5.3.)

#### **Основные публикации:**

- Altmann, J (1974) Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour* 49: 227-267.
- Bernstein, IS (1991) An empirical comparison of focal and ad libitum scoring with commentary on instantaneous scans, all-occurrences and one-zero techniques. *Animal Behaviour* 42: 721-728.
- Dunbar, RIM (1976) Some aspects of research design and their implications in the observational study of behaviour. *Behaviour* 58: 78-98.
- Martin, P and Bateson, P (1993) *Measuring Behaviour; An Introductory Guide* Second Edition. Cambridge University Press, Cambridge.
- Saudargas, RA and Drummer, LC (1996) Single subject (small N) research designs and zoo research. *Zoo Biology* 15: 173-181.

#### **Другие полезные публикации, касающиеся техники проведения поведенческих наблюдений:**

- Caro, TM, Roper, R, Young, M and Dank, GR (1979) Inter-observer reliability. *Behaviour* 69: 303-315.
- Chow, IA and Rosenblum, LA (1977) A statistical investigation of the time-sampling methods in studying primate behavior. *Primates* 18: 555-563.
- Harcourt, AH (1978) Activity periods and patterns of social interaction: a neglected problem. *Behaviour* 66: 121-135.
- Hinde, RA (1973) On the design of check-sheets. *Primates* 14: 393-406.
- Kraemer, HC (1979) One-zero sampling in the study of primate behaviour. *Primates* 20: 237-244.
- Lindburg, DG and Fitch-Snyder, H (1994) Use of behavior to evaluate reproductive problems in captive mammals. *Zoo Biology* 13: 433-445.
- Rhine, RJ and Ender, PB (1983) Comparability of methods used in the sampling of primate behavior. *American Journal of Primatology* 5: 1-15.
- Rhine, RJ and Flanigan, M (1978) An empirical comparison of one-zero, focal animal and instantaneous methods of sampling spontaneous primate behavior. *Primates* 19: 353-361.
- Rhine, RJ and Linville, AK (1980) Properties of one-zero scores in observational studies of primate social behavior: the effect of assumptions on empirical analyses. *Primates* 21: 111-122.
- Thiemann, S and Kraemer, HC (1984) Sources of behavioral variance: implications for sample size decisions. *American Journal of Primatology* 7: 367-375.
- Tinbergen, N (1963) On aims and methods of ethology. *Zeitschrift fur Tierpsychologie* 20: 410-433.
- Tyler, S (1979) Time-sampling: A matter of convention. *Animal Behaviour* 27: 801-810.



# Статистические методы обработки данных для решения типичных зоопарковских задач

© British and Irish Association of Zoos and Aquariums 2006

*Plowman, A.B. (ed)(2006) Zoo Research Guidelines: Statistics for typical zoo datasets.*

BIAZA, London.

First published 2006

ISSN 1479-5647

Под редакцией Dr Amy Plowman

Paignton Zoo Environmental Park, Totnes Road, Paignton, Devon TQ4 7EU, U.K.

## **Авторы:**

Prof Graeme Ruxton

Institute of Biomedical and Life Sciences, Graham Kerr Building, University of Glasgow, Glasgow G12 8QQ

Dr Nick Colegrave

Institute of Evolutionary Biology, School of Biological Sciences, University of Edinburgh, King's Buildings, West Mains Road, Edinburgh EH9 3JT

Dr Juergen Engel

Zoolution, Olchinger Str. 60, 82178 Puchheim, Germany.

Dr Nicola Marples

Department of Zoology, Trinity College, Dublin 2, Ireland.

Dr Vicky Melfi

Paignton Zoo Environmental Park, Totnes Road, Paignton, Devon TQ4 7EU, U.K.

Dr Stephanie Wehnelt,

Zoo Schmiding, Schmidingerstr. 5, A-4631 Krenglbach, Austria.

Dr Sue Dow

Bristol Zoo Gardens, Clifton, Bristol BS8 3HA, U.K.

Dr Christine Caldwell

Department of Psychology, University of Stirling, Stirling FK9 4LA, Scotland

Dr Sheila Pankhurst

Department of Life Sciences, Anglia Ruskin University, Cambridge CB1 1PT, U.K.

Dr Hannah Buchanan-Smith

Department of Psychology, University of Stirling, Stirling FK9 4LA, Scotland.

Heidi Mitchell

Marwell Zoological Park, Colden Common, Winchester, Hampshire SO21 1JH, U.K.

## **Благодарности**

Это руководство – результат работы семинара, организованного BIAZA группой по исследованиям и проводившегося в Эдинбургском зоопарке в июле 2004 года. Все авторы были участниками этого семинара, Rob Thomas, Charlie Nevison и Colleen Schaffner также участвовали в семинаре и мы благодарны им за их выдающийся вклад в подготовку этого Руководства. Особая благодарность Робу Томасу за организацию семинара, а также фирме Minitab, которая спонсировала работу семинара.

*Перевод: С.В. Попов*

## 1. Вступление

*A.B. Plowman*

### 1.1 Зачем нужно это руководство?

Задачи этой книги – дать зоопарковским исследователям, особенно студентам, ясное руководство, позволяющее выбрать наиболее подходящие статистические методы для тех данных, которые обычно собирают в условиях зоопарка. Следуя этим рекомендациям исследователи могут быть уверены, что они пользуются корректно выбранными, валидными и мощными методами статистического анализа. Главное внимание в руководстве уделено типичным для зоопарковских исследований трудностям, возможным решениям этих трудностей и советам как представить результаты анализа и как их интерпретировать с точки зрения возможности или невозможности определенного заключения. С помощью этого руководства мы надеемся не только повысить качество зоопарковских исследований, но и сделать более приемлемыми для рецензируемых журналов статьи, написанные на зоопарковском материале.

### 1.2 Почему необходимо это руководство?

Несмотря на длительную историю и впечатляющий размах зоопарковских исследований по всему миру (*см. de Waal and van Roosemalen, 1979*) многие ученые из других областей не склонны рассматривать зоопарковские исследования, как заслуживающую внимания научную активность. Для обоснования этого обычно утверждается, что животные в условиях зоопарка «не естественны» и что серьезный статистический анализ этих данных невозможен. Первую из этих причин действительно должны иметь в виду все исследователи. Однако, при современном развитии методов содержания, а также конструкциях «природных» экспозиций и формировании естественных социальных групп, большинство современных зоопарков дают чрезвычайно удобные возможности для исследований, заполняющие брешь между высоко контролируруемыми, но часто крайне далекими от природы лабораторными условиями и совершенно естественными, но крайне трудными для исследователя природными условиями. Вторая причина, как мы надеемся, будет снята при помощи этого руководства, которое демонстрирует, что применение валидных и мощных статистических тестов возможно в типичных зоопарковских ситуациях, даже при исследованиях единственного животного. Однако даже мощная статистика не может справиться с низкой биологической валидностью исследований на маленьком количестве особей (*смотри раздел 2.4*), но эта проблема обычна и для многих полевых исследований (*смотри Bart et al., 1998*), а настоящее руководство также предлагает пути преодоления и этого затруднения.

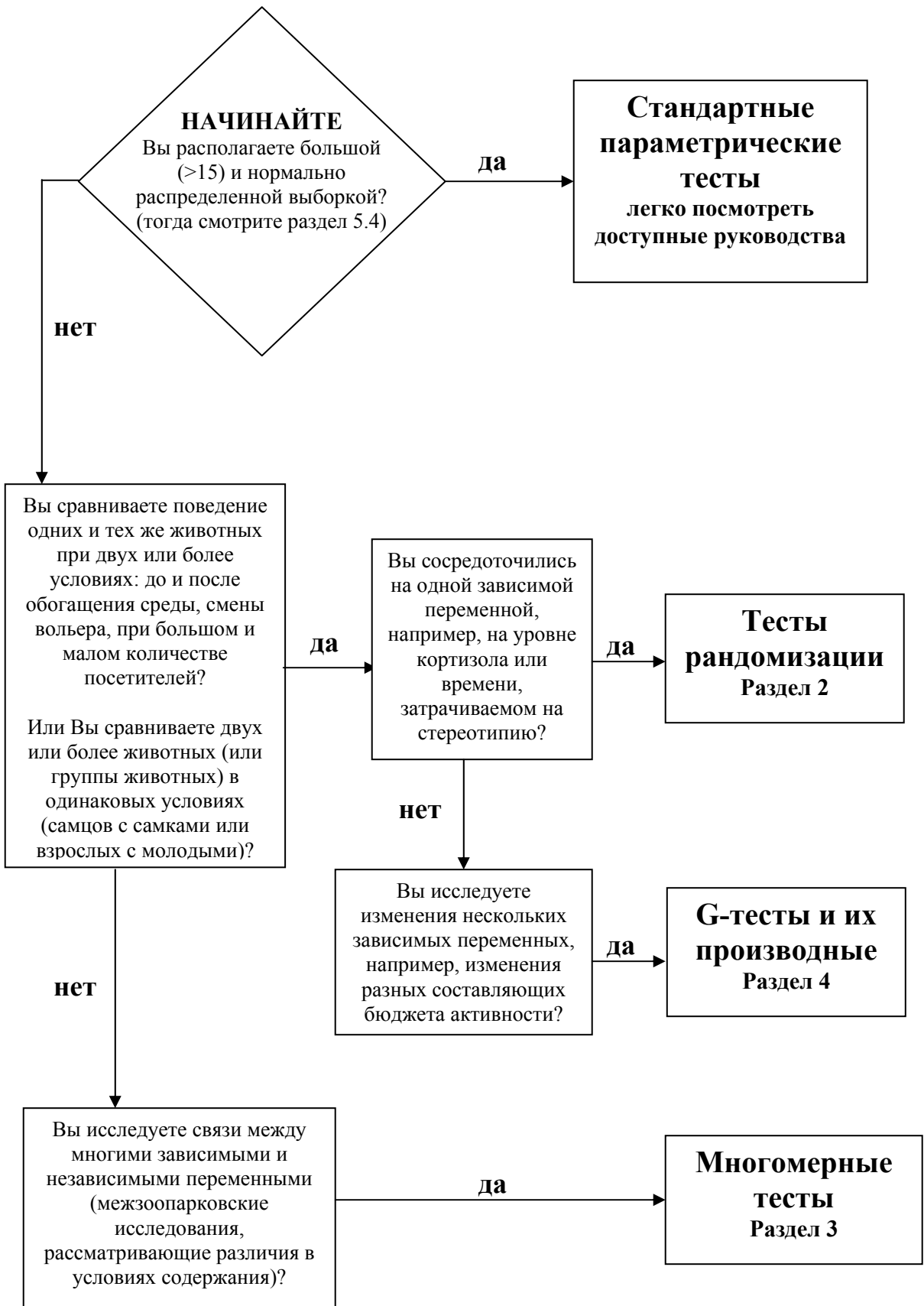
В прошлом сообщество зоопарковских исследователей не способствовало избавлению от репутации пренебрегающих статистикой и проводящих исследования с низкой валидностью. Обычные статистические трудности (маленькие выборки, недостаточная независимость измерений, ненормальные распределения) преодолевались различными исследователями при помощи разных, более или менее приемлемых приемов. Почти в каждой публикации зоопарковских исследований можно обнаружить оригинальную статистическую процедуру, примененную к однотипным зоопарковским данным. Таким образом не удивительно, что многие исследователи считают невозможным разобраться что там правильно, а что нет. Мы надеемся, что в дополнение к выбору наиболее подходящих методов статистического анализа это руководство будет способствовать распространению наилучших способов обработки типичных зоопарковских материалов и представления результатов работы.

Общее согласие и стандартизация используемых методов только пойдет на пользу всем зоопарковским исследователям, повышая нашу уверенность и компетентность, улучшая качество наших исследований и расширяя объем наших работ в широкой среде научного сообщества.

### **1.3 Как пользоваться этим руководством?**

Принципиально важно чтобы соответствующие разделы руководства были прочитаны ДО ТОГО, как вы начнете исследование, поскольку то, какие тесты вы решите использовать, существеннейшим образом определяет методы сбора данных.

Главы 2, 3, и 4 этого руководства содержат информацию о тестах, рекомендуемых для различных ситуаций, обычно встречающихся в зоопарковских исследованиях. Приведенная ниже схема предлагает исследователям простой способ подобрать подходящий раздел для своего случая. Пятый раздел будет полезен для всех исследователей, поскольку он содержит общие, независимые от применяемых тестов, рекомендации по проведению наблюдений и советы как избежать типичных статистических просчетов.



## 2. Тесты рандомизации

*N. Colegrave, J. Engel and A.B. Plowman*

### 2.1 Проблема

Обычная проблема зоопарковских исследований, то, что из-за практических или этических ограничений они бывают основаны на ограниченном количестве измерений. Например, в зоопарках может быть ограничено число животных, на которых предполагается проверить определенную гипотезу, или число отдельных вольер, в которых можно содержать животных во время исследования. При межзоопарковских исследованиях результаты отдельных зоопарков часто рассматриваются как независимые данные, что создает очевидные трудности для сбора достаточно больших массивов данных. Исследования с небольшими выборками данных сталкиваются с тремя специфическими проблемами:

- Во-первых, при небольших выборках трудно быть уверенным, что ваши данные соответствуют требованиям конкретного теста. Например, большинство параметрических статистических тестов предполагают, что выборка данных сделана из нормально распределенной генеральной совокупности. Имея выборку из восьми проб, определить соблюдается ли это условие невозможно.

- Во-вторых, исследования на небольших выборках обычно имеют чрезвычайно низкую статистическую силу и, из-за резкого падения мощности параметрических критериев при нарушении граничных допущений, такие критерии оказываются чрезвычайно неэффективным инструментом для извлечения максимальной информации из наших данных.

- В третьих, несмотря на все усилия часто бывает трудно или невозможно организовать в зоопарке сбор материала в точном соответствии с предписаниями из книг по статистике. Вместо этого данные часто собирают тогда, когда это удобнее, что приводит к очевидным проблемам.

Для решения этих проблем обычно предлагают использовать непараметрические тесты. Однако, несмотря на свою популярность, эти тесты тоже не свободны от допущений и часто имеют низкую статистическую силу, а также другие ограничения (например, применить более сложные схемы анализа, включая многомерные факторы или ковариацию может оказаться невозможно или по крайней мере очень трудно). Итак, требуются альтернативные тесты, способные преодолеть эти проблемы.

### 2.2 Решение

Тесты рандомизации дают сильную альтернативу стандартным статистическим процедурам и мы верим, что они окажутся полезны при решении описанных выше проблем зоопарковских исследований (Edgington, 1995; Mundry, 1999; Todman and Dugard, 2001). Тестируя гипотезы обычно вычисляют значение  $P$  - вероятность получения результата, равного или более точного, чем реально наблюдаемый в исследовании при допущении справедливости нулевой гипотезы. Тогда, как большинство известных параметрических и непараметрических тестов вычисляют значение  $P$  на основе теоретической вероятности распределения соответствующей статистики (например, стандартное нормальное распределение или  $\chi^2$ -распределение), тесты рандомизации непосредственно создают распределение данных. Это достигается путем пересчета или перегруппировки полученных данных чтобы непосредственно определить вероятность того, что экспериментальные данные дадут достоверные различия не меньше наблюдаемых. В очень маленьких исследованиях (таких, например, как использованное Фишером в 1935 году для разработки этой процедуры исследование того, как дама пьет чай) возможно подсчитать все возможные перестановки данных и оценить размер величины, известной как «истинная  $P$ ». Для более крупных выборок это не реально, но современный рост мощности компьютеров позволяет этим тестам быть практически точными. Компьютер генерирует огромное число случайных сочетаний наблюдаемых данных, что позволяет оценить величину  $P$ . Поскольку эти тесты не связаны с

определенным распределением, они значительно более мощны, чем параметрические и непараметрические тесты в условиях, когда распределение данных неизвестно. Теоретически могут быть разработаны тесты рандомизации, эквивалентные любому стандартному статистическому тесту. Хотя тесты рандомизации сложнее для программирования, но для большинства анализов, обычно применяемых в зоопарковских исследованиях, приемлемые тесты рандомизации имеются во многих пакетах статистических программ (смотри раздел 2.6). Более того, процедура рандомизации может быть разработана для проведения конкретного исследования (включая любые детали способа регистрации) реально улучшая эту процедуру по сравнению с «вымышленным» планом. Таким образом существенно сокращаются трудности нестандартного анализа данных. Еще одно преимущество тестов рандомизации по сравнению с другими непараметрическими тестами, то, что здесь используются реальные значения данных, а не их ранги. Это увеличивает мощность тестов и позволяет при необходимости обрабатывать данные в ручную.

### 2.2.1 Основные принципы тестов рандомизации

Основные принципы, общие для всех тестов рандомизации и других статистических тестов, будут проиллюстрированы на простом примере тестирования достоверности различий между двумя средними. Это эквивалент t-теста Стьюдента или U-теста Манн-Уитни для двух независимых переменных A и B. Итак, допустим мы хотим проверить гипотезу, что новый режим кормления повышает скорость роста птенцов пингвинов в нашей пингвиньей вольере по сравнению со стандартной диетой. Мы кормили восемь случайно выбранных птенцов новым рационом, а других восемь контрольной диетой и фиксировали изменения веса каждого птенца. Первый шаг нашего анализа – определить средние изменения веса для восьми экспериментальных и для контрольных пингвинов. Для оценки наблюдаемых различий мы вычтем средние контрольных изменений из средних экспериментальных изменений. Затем начнем процедуру рандомизации. Возьмем наши 16 результатов и случайным образом разделим их на две половины, что даст нам случайную выборку (но основанную на реальных экспериментальных данных). Далее, как и для реальных данных подсчитаем и запишем различия в привесе. Затем повторим всю процедуру для второй случайной выборки. Многократно (1000 раз) повторим эту процедуру (желательно на компьютере) (всего возможно 12870 перестановок этих данных). Затем мы можем подсчитать вероятность получения наблюдавшихся в эксперименте различий между группами (одностороннее значение P), как долю выборок с таким значением от всех случайных выборок. В примере 2.1 детально разбирается ситуация с еще меньшим размером выборки.

#### Пример 2.1

Выборка (наблюдения):

A	B
3	10
4	12
5	

Различия средних:  $4 - 11 = -7$

Все возможные перестановки:

A1	B1	A2	B2	A3	B3	A4	B4	A5	B5	A6	B6	A7	B7	A8	B8	A9	B9	A10	B10
3	10	3	5	3	5	3	4	3	4	4	3	4	3	5	3	4	3	3	4
4	12	4	12	4	10	5	12	5	10	5	12	5	10	10	4	10	5	10	5
5		10		12		10		12		10		12		12		12		12	

Средние каждой выборки:

4	11	5,67	8,5	6,33	7,5	6	8	6,67	7	6,33	7,5	7	6,5	9	3,5	8,67	4	8,33	4,5
---	----	------	-----	------	-----	---	---	------	---	------	-----	---	-----	---	-----	------	---	------	-----

Различия средних Ax и Bx:

-7		-2,83		-1,17		-2		-0,33		-1,17		0,5		5,5		4,67		3,83	
----	--	-------	--	-------	--	----	--	-------	--	-------	--	-----	--	-----	--	------	--	------	--

Различия средних равны или меньше, чем высчитанное и наблюдаемых данных (-7 встречается только однажды из десяти сочетаний). Одностороннее  $P = 1/10 = 0.1$

Такую же процедуру можно использовать и для более сложных анализов, хотя в каждом конкретном случае необходимо тщательно обдумывать способ рандомизации и возможные интерпретации значения Р. В следующем разделе мы рассмотрим наиболее распространенные в зоопарковских исследованиях варианты анализа с руководством по их применению и подходящими тестами. Для более детального обсуждения мы отсылаем читателя к специальной литературе, указанной в разделе 6 (Todman and Dugard, 2001).

### 2.3 Использование тестов рандомизации для анализа единичных случаев и малых выборок в зоопарковских условиях

#### 2.3.1 АВ схема для единичных случаев

Этот раздел касается исследований, сравнивающих две ситуации (фон и результат воздействия) когда однократное, необратимое и сложно повторяемое воздействие, оказано на одну особь (или группу, если единица регистрации - группа). Обычный зоопарковский пример – изучение эффекта, оказанного на поведение животного переводом в новое помещение. В исследованиях такого рода день воздействия необходимо выбирать случайным образом. В идеале это достигается настоящим случайным выбором одного из возможных дней, т.е. выбором такого дня путем жеребьевки. Чаще зоопарки выбирают дату перевода, исходя из соображений практического удобства. Однако, если решение основано не на состоянии животного (определенная стадия эстрального цикла или фаза сезона размножения), а на практических соображениях администрации (когда на месте все необходимые сотрудники), то с точки зрения животного это случайный выбор, не искажающий результаты. После того, как выбран день воздействия собирают данные в течение нескольких дней до и нескольких дней после воздействия. Различия между дневными средними любых измерявшихся переменных до и после воздействия можно затем сравнить так же, как в приведенном выше примере, рандомизируя данные и вычисляя различия средних.

#### Пример 2.2

На проведение исследования было отведено 13 дней, решили обеспечить как минимум 2 дня сбора данных до и после воздействия. День воздействия можно определить случайным образом, как любой день от 3-го до 11-го включительно – в данном случае это день 6. При ре-рандомизации данные собранные в 1 и 2 дни и 12 и 13 дни остаются на постоянном месте.

Выборка (наблюдения):

**A:** 4 3 3 4 5

**B:** 9 11 10 8 9 12 10 12

Различия средних:  $3,8 - 10,125 = -6,325$

Все возможные перестановки, рандомизация проведена только для дат между 3 и 11 днем включительно:

A1	B1	A2	B2	A3	B3	A4	B4	A5	B5	A6	B6	A7	B7	A8	B8	A9	B9	A10	B10
4	9	4	10	4	12	4	9	4	8	4	10	4	11	4	5	4	4	4	3
3	11	3	12	3	10	3	12	3	9	3	8	3	10	3	9	3	5	3	4
3	10	3		3	12	3	10	3	12	3	9	3	8	3	11	3	9		5
4	8	4		4		4	12	4	10	4	12	4	9	4	10		11		9
5	9	5		5		5		5	12	5	10	5	12	5	8		10		11
	12	9		9		9		9		9	12	9	10		9		8		10
	10	11		11		11		11		11			12		12		9		8
	12	10		10		10		10		10					10		12		9
		8		8		8									12		10		12
		9		9													12		10
		12																	12

Средние каждой выборки:

33,8 10,125 | 7,09 11 | 6,6 11,3 | 6,3 10,75 | 6,125 10,2 | 5,57 0,17 | 4,67 10,28 | 3,5 9,55 | 3,33 9 | 3,5 8,45 |

Различия средних Ax и Bx:

- 6,325 | - 3,91 | - 4,7 | - 4,45 | - 4,075 | - 4,6 | - 5,61 | - 6,05 | - 5,67 | - 4,95 |

Различия средних равны или меньше, чем высчитанное из наблюдаемых данных (-6,325) только однажды из десяти сочетаний). Одностороннее  $P = 1/10 = 0.1$

Основываясь на наших знаниях о животном и о повседневной изменчивости измеряемой переменной обычно бывает можно определить минимально достаточное число дней наблюдений до и после воздействия. Например, если всего на исследование отпущено 60 дней можно определить, что необходимо собирать данные по меньшей мере 7 дней до и 7 дней после воздействия. Следовательно, день воздействия можно определить случайным образом, как любой день от 8-го до 53-го включительно. Процедура рандомизации должна соответствовать экспериментальной процедуре, следовательно, перестановки ре-рандомизации должны охватывать тот же период между днями 8-53, данные собранные в 1-7 и 54-60 дни остаются на постоянном месте. Пример 2.2 показывает как это делается с применением очень короткого анализа.

Как можно заметить из примеров 2.1 и 2.2, в подобных коротких исследованиях невозможно оценить величину  $P < 0.1$  поскольку данные позволяют проделать только 10 перестановок. Чтобы получить в результате  $P = 0.05$  необходимо не менее 20 перестановок. Следовательно, в примере 2.2 необходимо планировать эксперимент таким образом, чтобы было не менее 20 возможных дат воздействия (смотри также раздел 2.3.9 ниже).

### **2.3.2 АВАВ схема для единичных случаев**

Этот раздел касается случаев, когда одинаковое воздействие многократно оказывают на одну особь (или на одну группу, если единица анализа – группа). В качестве типичного зоопарковского примера можно привести использования для обогащения среды одного предмета, который в какие-то дни вносят, а в какие-то убирают. В таких исследованиях дни с воздействием **A** (фон) и с воздействием **B** (обогащение) должны быть случайно распределены в течение периода работы. И снова, если распределение нельзя сделать действительно случайным, то достаточно, чтобы выбор дней для обогащения не был никак связан с состоянием животного. Различия средних любых измеряемых переменных между ситуацией **A** и ситуацией **B** анализируются в точности так же, как было показано выше в примере 2.1. Используя эту схему анализа исследователь должен понимать, что наряду с различиями между условиями **A** и **B** на результат может влиять эффект обучения (привыкания).

### **2.3.3 ABCDABCD схема для единичных случаев**

Этот раздел касается случаев, когда различные воздействия многократно оказывают на одну особь (или на одну группу, если единица анализа – группа). В частности, эта схема применима если различные способы обогащения среды для одного животного применялись по отдельности во многих случаях. Снова дни, когда осуществляется каждое воздействие, в идеале, должны быть случайным образом распределены в течение периода работы. Наибольшее различие между двумя любыми средними подсчитывается после ре-рандомизации всех данных по всем воздействиям. Если получены заметные различия, то можно применить *post hoc*-тесты для парного сравнения (смотри ниже).

### **2.3.4 Любая из приведенных выше схем для малого числа повторов**

Если нет необходимости оценивать эффект экспериментального воздействия для каждого животного отдельно, то любую из приведенных выше схем анализа можно применить к небольшому числу ( $< 15$ ) особей (или групп, если, воздействие оказывают на группу), но воздействие должно быть во всех случаях строго одинаковым. Однако, анализ немного отличается, поскольку теперь нам требуются тесты, подобные тестам для повторных измерений (парный *t*-test, ANOVA для повторных измерений или критерий Фридмана), а не *t*-тест, однофакторный ANOVA или критерий Крускала-Уолеса. Подсчитываются не различия средних, а остаточная сумма квадратов (RSS). Данные подвергаются ре-рандомизации по воздействиям но эти же данные сохраняют в рамках объектов (особей или групп). Пересчитывают RSS, а величину  $P$  рассчитывают на основе числа случаев, когда RSS для



рандомизированных данных равно или больше, чем RSS для реально наблюдавшихся данных.

Смотри раздел 2.3.7 для получения информации о том, как анализировать особей по отдельности и как получить суммарную для группы величину  $P$ .

### 2.3.5 Оппортунистическая схема

Этот раздел относится к исследованиям эффектов неконтролируемых событий, так что эффекты воздействий невозможно правильно рандомизировать. В качестве типичного зоопарковского примера можно привести исследование влияния на животных большого числа посетителей. Воздействием в данном случае будет «мало посетителей» и «много посетителей» (аналогично схеме АВАВ) или «мало посетителей», «среднее количество посетителей» и «много посетителей» (аналогично схеме АВСАВС). В этих случаях анализ проводится в точности так же, как было описано выше, но при обсуждении надо признать недостаток спланированной рандомизации реализаций воздействий. Сходным образом ограничены возможности интерпретации, как и в любом не экспериментальном исследовании с возможными эффектами неконтролируемых переменных. Во многих случаях в зоопарках это не главная проблема поскольку применяемое воздействие случайно в отношении животного и исследователя и поэтому не может служить источником серьезных ошибок. Однако, несомненно надо следить за тем, чтобы другие переменные, такие, как время дня, были бы выровнены или рандомизированы в отношении изучаемого воздействия, т.е. что нет ситуации, когда все случаи «мало посетителей» были утром, а все «много посетителей» - днем.

### 2.3.6 Post-hoc тесты

Если в ситуации, когда действуют более двух факторов обнаружен достоверный эффект, то можно применить post-hoc тесты чтобы выявить эффект отдельных факторов. Логика этих попарных сравнений снова связана с соответствующими тестами рандомизации. Следует соблюдать осторожность, не слишком преувеличивая требования к  $\alpha$  (достоверности), многократно повторяя тестирование одних и тех же данных (про возможные решения проблемы повторных тестов см. раздел 5.3).

### 2.3.7 Тесты «склеивания»

Часто приходится решать проявляется ли эффект воздействия на каждого члена группы в отдельности, например, если известно, что представители различных половозрастных классов могут реагировать по разному и при этом оказывать определяющее влияние на общегрупповой эффект (или если группы повторяют эффект который оказывают на каждую из них по отдельности и который перекрывает общегрупповой эффект). В этом случае для каждой особи по отдельности можно применить тесты рандомизации, как это было описано ранее. Затем можно применить тест «склеивания» для значений  $P$  чтобы получить значение  $P$  для целой группы.

В литературе описано несколько тестов «склеивания». Один из наиболее известных – это преобразование Фишера, при котором  $\chi^2$ -распределение используется для того, чтобы на основании нескольких вероятностей, полученных в результате тестирования генеральной гипотезы несколькими независимыми тестами вывести один, более мощный тест этой гипотезы (смотри Sokal and Rohlf, 1994, p. 794).

Если  $P_i$  – это значение  $P$  при тестировании  $i$ -ого индивидуума, тогда в качестве первого шага необходимо подсчитать

$$-2 * \sum_{i=1}^n (\ln P_i)$$

Результаты такого суммирования можно затем поместить в таблицу  $\chi$  с 2 степенями свободы (где  $n$  – число комбинируемых тестов), чтобы получить тест для суммирующей гипотезы.

Другая процедура, не требующая одинакового размера выборок и совпадающих значений  $P$  описана в примере 2.3.

---

### Пример 2.3

В этой процедуре при помощи биномиального распределения объединяются несколько значений  $P$  на данном уровне значимости  $\alpha$ :

$$P(X \geq k) = \sum_{x=k}^n \binom{n}{x} \cdot \alpha^x \cdot (1-\alpha)^{n-x}$$

где  $k$  – количество достоверных значений  $P$  (из общего их числа  $n$ ). Если результирующая  $P$  не больше  $\alpha$ , тогда общий результат признается достоверным при выбранном уровне значимости  $\alpha$ .

Для примера рассмотрим следующий опыт. Для того, чтобы определить, влияет ли искусственный термитник на количество комфортного поведения в группе из шести зебр каждое животное наблюдали несколько раз в вольере с термитником и в вольере без него. Две выборки для каждой зебры сравнивали, используя тест рандомизации. В результате были получены шесть различных значений  $P$ :

$P = 0.013$  для особи А

$P = 0.042$  для особи В

$P = 0.088$  для особи С

$P = 0.153$  для особи D

$P = 0.197$  для особи E

$P = 0.460$  для особи F.

Только у двух первых зебр А и В количество комфортного поведения достоверно возросло (используемый уровень достоверности  $\alpha = 0.05$ ). Чтобы определить, имеются ли достоверные различия в поведении группы в целом с использованием приведенной выше формулы рассчитывается обобщенное значение  $P$ .

В первой части исследования достоверными оказались два из шести значений  $P$ . Следовательно,  $k = 2$ ,  $n = 6$  и  $\alpha = 0.05$ .

$$P = \sum_{x=2}^6 \binom{6}{x} \cdot 0.05^x \cdot 0.95^{6-x}$$

$$P = \left[ \frac{6!}{2!(6-2)!} \cdot 0.05^2 \cdot 0.95^{6-2} \right] + \left[ \frac{6!}{3!(6-3)!} \cdot 0.05^3 \cdot 0.95^{6-3} \right] + \dots + \left[ \frac{6!}{6!(6-6)!} \cdot 0.05^6 \cdot 0.95^{6-6} \right]$$

$$P = 0.03054398 + 0.00214344 + 0.00008461 + 0.00000178 + 0.00000002$$

$$P = 0.03277383$$

Вычисления показывают, что искусственный термитник оказал достоверное влияние на комфортное поведение группы в целом, поскольку  $0.0328 \leq 0.05$ .

---

### 2.3.8 Корреляция / Регрессия

Иногда исследователю требуется обнаружить не различия выборок, а связь или зависимость между переменными. Например: влияет ли данный витамин на уровень активности или каков характер связи между числом членов группы и количеством социальных взаимодействий? В этих случаях можно применить специальные тесты рандомизации для вычисления вероятностей ошибки коэффициентов корреляции или регрессионного анализа (описаны, например, в Manly, 1997). На самом деле изданные таблицы достоверности коэффициентов Спирмена получены в результате пермутации данных.

### 2.3.9 Выбор правильного числа рандомизаций

Различие между строгими (пермутационными) тестами и тестами рандомизации в том, что строгие тесты используют все возможные перестановки данных, тогда как тесты

рандомизации используют лишь некое подмножество. Для сложных схем анализа или для больших объемов данных тесты рандомизации предпочтительнее строгих тестов, т.к. позволяют экономить компьютерное время без существенной потери точности. Формула для вычисления максимального числа рандомизаций зависит от применяемого теста. Например, при анализе строгими тестами двух связанных выборок размера  $N$  число пермутаций будет  $2^N$ . Это означает, что для выборки из 20 значений возможно более миллиона пермутаций. Две

независимые выборки размеров  $M$  и  $N$  потребуют  $\binom{M+N}{N} = \frac{(M+N)!}{N!M!}$  пермутаций для строгих тестов. Это значит, что, например, для выборок  $M=12$  и  $N=11$  также возможно более миллиона пермутаций. Если рассчитать все пермутации невозможно, то для оценки истинного значения  $P$  используют часть из них – некое подмножество. Чем оно больше, тем лучше. Некоторые авторы рекомендуют брать от 5000 до 10000 рандомизированных псевдовыборок, особенно если уровень значимости  $\alpha$  меньше 0.05 (см. Onghena and May, 1995).

#### 2.4 Ограничения тестов рандомизации

Читатель может решить, что рандомизация – совершенно необходимая для статистических тестов процедура. Однако, несмотря на нашу уверенность в мощных возможностях рандомизации для проведения типичных зоопарковских исследований, эти тесты не свободны от допущений (см. Adams, Anthony, 1996; Todman, Dugard, 2001; Ewen *et al.*, 2003). Как и в других случаях применения статистики исследователь должен быть осведомлен об ограничениях метода и соответствующим образом интерпретировать результаты. Ниже мы приводим некоторые теоретические и практические ограничения, которые необходимо учитывать.

##### 2.4.1 Специфические ограничения тестов рандомизации

###### i) Выбор критерия

Большинство статистических руководств, разбирающих тесты рандомизации используют одинаковые статистические показатели для одинаковых тестов, например различия выборочных средних для проверки различий «истинных» значений. Некоторые критерии были признаны «эквивалентными». Это означает, что они дают идентичные значения  $P$  при работе с одинаковыми данными; например остаточная сумма квадратов -  $RSS$  и сумма наблюдений в одной выборке считаются такими эквивалентными тестами. К сожалению не все тесты дают одинаковые результаты. Можно обнаружить достоверные различия между выборками, используя один тест (напр. различия между средними значениями) и вообще не обнаружить никаких различий, используя другой тест (напр. сравнение медиан). Для проверки гипотез, касающихся двух независимых выборок, существует множество различных тестов, которые можно использовать при рандомизации: различия средних, различия медиан, различия средних отклонений, различия сумм,  $RSS$ , сумма наблюдаемых значений в одной выборке, Манн-Уитни  $U$ , Вилкоксон  $W$  и т. д. Одно из существенных преимуществ тестов рандомизации то, что они принуждают исследователя четко обдумывать, какие тесты и критерии наиболее приемлемы в данной ситуации. Хотя значение средней не лучший способ описать характер перекоса распределения, вызванного выпадающим значением, но средняя часто используется, возможно потому, что значения этого критерия колеблются вокруг нуля. Это облегчает вычисление значения двустороннего  $P$ , по сравнению с другими статистиками, когда надежно вычислить значение двустороннего  $P$  практически невозможно. На важный вопрос, каким критерием воспользоваться нет простого ответа и лучше проконсультироваться с профессиональным статистиком. Однако,

возможности выбора несколько ограничены, поскольку многие подходящие тесты (такие, как различия медиан) в настоящий момент полностью отсутствуют в программном обеспечении.

ii) Доступность программного обеспечения для тестов рандомизации

Хотя для большого числа стандартных тестов программное обеспечение доступно (см. раздел 2.6), но для многих, более сложных схем исследования вероятно придется составлять оригинальные программы, что может оказаться пугающей перспективой. Как отмечалось ранее, в существующих компьютерных программах доступны лишь несколько тестов.

**2.4.2 Ограничения, общие с другими тестами**

i) Различная изменчивость

Трудности при сравнении средних значений выборок, взятых из популяций с разной изменчивостью давно известны, как “ Проблема Бехренса-Фишера”. Если тестируемая гипотеза касается различий среднего большинства параметрических и непараметрических критериев (напр. t-тест или Манн-Уитни U тест) предполагают равную степень изменчивости в популяциях, откуда взяты сравниваемые выборки (Hayes, 2000; Kasuya, 2001). Тесты рандомизации также основаны на таком предположении, поскольку нулевая гипотеза предполагает, что выборки получены из одной популяции, что неверно, если степени изменчивости различаются. Найти идеальное решение этой проблемы непросто. Во-первых в типичных зоопарковских исследованиях с маленькими выборками бывает очень сложно определить совпадают или различаются степени изменчивости. Тесты рандомизации могут работать при несопадающих уровнях изменчивости (Manly, 1997), но при маленьких выборках их мощность будет крайне низкой. Во многих случаях резонно сделать допущение о сходстве изменчивости, основываясь на биологических соображениях и оценке данных. Если это невозможно, то существует несколько способов справиться с ситуацией, но ни один из этих способов не идеален:

- Manly (1995) исследовал шесть различных тестов рандомизации на их способность сравнивать средние из выборок с разной изменчивостью. Он обнаружил, что один из тестов превосходит остальные. К сожалению этого теста нет ни в одном из основных статистических пакетов, и даже этот тест не решает проблему полностью.

- Можно применить любую из известных трансформаций, минимизирующих различия в вариабельности, и затем использовать рандомизацию, сознавая, что некоторые необходимые условия были нарушены. Разумеется нужно осторожно относиться к полученным таким образом значениям P, а полученные результаты могут быть сложны для интерпретации.

- Можно попытаться таким образом сформулировать гипотезу, что интерес станут представлять любые различия между выборками (независимо от того, будут ли это форма, изменчивость и/или значения распределения) в этом случае проблема снимается. Например, двусторонняя экспериментальная/альтернативная гипотеза будет не:

H1: Самцы и самки морских львов различаются по тому сколько в среднем времени они проводят с новыми пищевыми объектами, а:

H1: Самцы и самки морских львов различаются по времени, которое они проводят с новыми пищевыми объектами. Однако невозможно определить характер различий (значение, изменчивость, перекося, эксцесс).

К сожалению в настоящее время статистические пакеты, способные осуществлять подобный анализ, труднодоступны.

ii) Автокорреляция данных

Когда проводятся повторяющиеся наблюдения за одним и тем же объектом, то данные могут автокоррелировать во времени, это тем более вероятно, чем короче интервал между наблюдениями. См. раздел 5.1 по поводу того, как избежать автокорреляции данных.

### iii) Биологическая (внешняя) валидность

Хотя тесты рандомизации позволяют получить достоверные значения статистических критериев на основе единичных наблюдений или маленьких выборок, это не решает проблемы низкой внешней валидности результатов. Например, при исследовании обогащения среды для одного льва было установлено, что он тратит на питание достоверно больше времени в дни с обогащением, чем в дни без обогащения. Если эксперимент был корректно задуман и проведен (как это описано в данном случае), то есть хорошие основания для вывода о том, что в случае с этим конкретным львом обогащение среды послужило причиной увеличения времени, затрачиваемого на питание. Нет оснований делать заключение, что обогащение увеличивает время, затрачиваемое на питание вообще у всех львов в неволе. Однако, при условии, что этот лев и условия его содержания ни чем существенно не выделяются, есть основания утверждать, что, обогащение может оказать сходное воздействие и на других львов в неволе, и это стоило бы проверить в будущих исследованиях.

### 2.5 Представление результатов

Тесты рандомизации все еще сравнительно редко появляются в биологических статьях. Поэтому особенно важно приводить все необходимые детали применения тестов и соответствующие ссылки. В качестве общего правила, как и в других случаях, вы должны давать достаточно информации, чтобы любой читатель статьи смог повторить ваши расчеты. В случае тестов рандомизации это означает, что должна быть приведена информация о том, какие статистики подсчитывали (различия средних, RSS), какие данные подвергались пермутации по каким условиям и сколько было проведено пермутаций, в особенности были ли проведены все возможные пермутации (строгий тест) или только часть из них (тест рандомизации).

---

#### Пример 2.4

Приведенный выше пример с обогащением среды для льва можно изложить следующим образом:

Для выявления различий среднесуточной продолжительности пищевого поведения в дни с обогащением среды и без обогащения провели рандомизацию. 5000 псевдовыборок были получены путем рандомизации всех данных о суточной продолжительности питания по обоим условиям. Различия в среднесуточной длительности питания в дни с обогащением и без обогащения были равны наблюдаемому значению (12,5) или превышали его в 15 из 5000 пермутаций (доля = 0.003). Следовательно, наблюдаемые различия в продолжительности питания между днями с обогащением среды и без него статистически значимы ( $P < 0.01$ ; двусторонний тест).

---

### 2.6 Программное обеспечение для тестов рандомизации

Мы сознаем невозможность представить полный перечень программ, позволяющих реализовать тесты рандомизации. Мы хотели бы только упомянуть наиболее известные примеры.

- SPSS имеет опцию “Exact Test” включающую все непараметрические тесты. Выбор этой опции означает, что SPSS будет выполнять строгие пермутационные тесты вместо аналоговых непараметрических тестов, использующих функцию асимптотического приближения. Другая опция, обозначенная “Monte Carlo” позволяет пользователю проводить рандомизацию с заданным числом пермутаций. Однако, невозможно ни вычислить максимально возможное для данного случая число пермутаций, ни получить используемую в данном случае формулу для определения числа пермутаций. В результате корректно изложить используемую статистическую процедуру оказывается затруднительно.

- StatXact это вероятно на сегодняшний день наиболее подходящий статистический пакет для проведения тестов рандомизации. Он содержит различные тесты для одной, двух

или  $k$  выборок, таблицы случайных вероятностей и другие полезные значения  $P$  как для выборочных распределений, так и для распределений на основе полной пермутации.

- RT выполняет тесты для одной и двух выборок, ANOVA, вычисляет регрессию, и делает еще несколько тестов, используя рандомизацию.

- PopTools это бесплатное приложение к Microsoft Excel, которое позволяет проводить много тестов рандомизации. Его можно загрузить с адреса <http://www.cse.csiro.au/poptools/>

- Todman and Dugard выпустили CD со своей книгой (Todman and Dugard, 2001; см. список литературы), где содержатся макросы для Microsoft Excel, Minitab, и SPSS позволяющие выполнять многие тесты рандомизации. К сожалению строгие тесты, даже для небольших выборок, здесь недоступны. Помимо этого, мы обнаружили, что один из макросов для Excel с этого CD дает неправильные результаты.

- SsS статистический пакет, доступный из Zoolution. Среди прочих он содержит различные тесты пермутации и рандомизации для двух связанных или независимых выборок. Однако в настоящее время этот пакет доступен лишь в Германии.

### 3. Многомерные тесты

*V.A. Melfi, N. Marples and G.D. Ruxton*

#### 3.1 Проблема

Многие зоопарковские исследования, особенно исследования в которых участвуют несколько зоопарков, (обзор Mellen, 1994), пытаются выявить эффект воздействия многих независимых переменных, напр. *смертность*, Carlstead *et al.*, 1999a; *индивидуальные особенности*, Carlstead *et al.*, 1999b; *игровое поведение*, Spijkerman *et al.*, 1996; *уровень активности*, Perkins *et al.*, 1992. Анализ эффекта нескольких, действующих одновременно, переменных требует применения методов многомерной статистики и может оказаться очень сложным.

##### 3.1.1 Обзор межзоопарковских исследований

Сравнение животных из разных зоопарков может стать неоценимым источником информации о том, как различные независимые переменные (НП), например факторы внешней среды или индивидуальные особенности влияют на поведение и биологию животных (зависимые переменные – ЗП). Главное преимущество исследований такого рода – возможность использовать уже имеющиеся межзоопарковские (или межгрупповые) различия в независимых переменных для решения как теоретических, так и прикладных задач. Кроме того, исследования с участием нескольких зоопарков могут позволить увеличить размеры выборки, например при разработке методов обогащения среды, но в этом случае различия между зоопарками – скорее ограничение, чем достоинство. Для сбора данных в межзоопарковских исследованиях можно применять разные методы; 1) наблюдения за поведением как нормальных животных (Mellen, 1993; Melfi, 2001) так и животных, подвергнувшихся экспериментальному воздействию, например, стандартному обогащению среды или контакту с новым объектом, 2) исторические записи, например использование данных из широко распространенных зоопарковских баз данных ARKS или SPARKS (Pickering *et al.*, 1992), 3) анкетирование сотрудников или посетителей (Carlstead *et al.*, 1999a), 4) сбор биологических образцов, служащих источником информации, например, определение содержания кортизола в фекалиях (Shepherdson *et al.*, 2004; см. Smith, 2004) и 5) исследование различных рационов.

##### 3.1.2 Основные проблемы, которые возникают при попытке использовать методы многомерной статистики для обработки ваших данных

- Имеется много переменных, которые невозможно контролировать (или даже определить), как в этом случае выбрать переменные для измерений?

- Эффект складывается из действия нескольких взаимовлияющих переменных, как интерпретировать это взаимовлияние?
- При рассмотрении животных, входящих в одну группу, невозможно обеспечить достаточную социальную независимость.
- В многофакторном анализе используются только параметрические тесты, но в большинстве случаев способы сбора данных не позволяют выдерживать граничные условия этих тестов (см. раздел 5.4)
- Многократное тестирование одних и тех же данных повышает риск ошибок I рода (см. раздел 5.3)

### 3.2 Обычные ошибки

Наиболее обычная ошибка – игнорирование вышеприведенных проблем и, как следствие, слабое понимание достоверности результатов исследования. Однако и противоположная крайность ведет к ошибкам, когда сложность этих проблем переоценивают и из-за их неразрешимости вообще отказываются от исследования или используют лишь часть данных, теряя важную для интерпретации результатов информацию.

### 3.3 Решения

#### 3.3.1 Выбор переменных и контролируемость переменных

- Четко ответьте на вопросы: на что направлено исследование, какие гипотезы и данные какого рода потребуются.
- Характер данных определяет какие независимые переменные (НП) предварительно ассоциируются с интересующими вас зависимыми переменными (ЗП) (см. ниже пример 3.1). Продумайте значения каких НП существенно изменяются между исследуемыми вами группами, так как это облегчит измерения и, возможно, определение различий ваших ЗП. Например, на бюджет активности животных влияют многие факторы, но, поскольку размер вольера и социальный состав групп наиболее сильно различаются в разных зоопарках, эти НП необходимо включить в анализ по определению.
- Пилотное исследование может помочь вам «заточить» вопросы исследования так, что потребуется рассматривать меньшее количество, а то и вовсе одну НП. Кроме того, пилотное исследование и предварительный анализ данных могут потребоваться для определения дополнительных переменных, которые необходимо учитывать, помимо таких очевидных, как время суток или эффект сезона (см. ниже пример 3.2).

---

#### Пример 3.1 Выбор переменных

Mellen (1991) изучала влияние многих НП *напр.* окружающая среда, социальный состав и индивидуальные особенности, предположительно влияющих на успех размножения (ЗП), измеряемый как число выводков, произведенных мелкими экзотическими кошками в зоопарках за сезон размножения. Данные собирали по 20 видам (134 особям) в восьми зоопарках. Для каждого животного фиксировали значения 11 НП, таких как, возраст, пол, размер вольера, ветеринарные процедуры, и затем подсчитывали успех размножения. ЗП оценивали для каждой репродуктивной пары; каждого самца оценивали через показатели каждой из его самок-партнерш и, аналогично, каждую самку оценивали через показатели каждого из ее самцов. В некоторых случаях особь имела более одного полового партнера, что порождало проблему независимости данных (см. раздел 5.2). Кроме того, для самок оказалось больше данных, чем для самцов (N=78 и N=76 соответственно) из-за смерти одного самца и потери информации по другому.

Наличие многочисленных НП и единственной ЗП позволяло подвергнуть данные мультирегрессионному анализу. Имелись некоторые, оговоренные в статье, случаи нарушения независимости данных, но успешно проведенный анализ показал, что такие НП, как количество ветеринарных вмешательств и стиль работы кипера (уровень взаимодействий кипер-животное) позволяют достоверно предсказывать успех размножения экзотических кошек.

---

#### Пример 3.2 Контролируемые переменные

Melfi и Marples (2004) изучали влияние условий содержания (НП) на время, затрачиваемое на питание (ЗП) сулавесскими черными хохлатыми макаками (*Macaca nigra*). Под наблюдением находились восемь различных групп. Прежде чем применить мультирегрессионный анализ, использовали предварительный и

дизруптивный анализы. Предварительные результаты указывали на то, что поло-возрастные классы сулавесских макаков достоверно влияют на время, затрачиваемое на кормежку (Melfi & Feistner, 2002). Это подтвердил двухфакторный ANOVA, проведенный на данных из многих зоопарков, когда поло-возрастная категория и зоопарк были фиксированными факторами (оба фактора достоверно влияли на время кормления). Поскольку авторов интересовал только эффект условий содержания, им пришлось контролировать различия в социальном составе групп *напр.* группа, где больше взрослых самцов, тратит на отдых больше времени, чем группа с большим количеством детенышей. Это было достигнуто применением мультивариантного регрессионного анализа; данные были взвешены по шести поло-возрастным классам с помощью пакета SPSS (смотри Руководство по SPSS).

---

### **3.3.2 Взаимодействие независимых переменных**

НЗ переменные иногда могут влиять друг на друга, например, вероятно, что большая по размеру вольера одновременно является и более сложной средой обитания, поэтому сложность и размер вольера не могут рассматриваться, как независимые. Зная о возможности взаимовлияния НЗ, вы соответствующим образом их выбираете и интерпретируете (см. ниже).

#### **3.3.2 Независимость от социальных факторов**

Животные, которые содержатся вместе, могут влиять на поведение друг друга. Например, если есть доминант, то возможности есть для субдоминантов ограничены. С другой стороны, многие животные проявляют «социальное облегчение», когда проявление определенных форм поведения одним из членов группы облегчает проявление таких же форм другими членами группы. Смотри раздел 5.2 о том, как минимизировать эффект отсутствия независимости животных, входящих в одну группу.

#### **3.3.3 Не нормально распределенные данные**

Данные по поведению часто сложны для применения параметрической статистики, требующей чтобы данные были нормально распределены (см. раздел 5.4 как поступать в таких случаях). В случае многомерного анализа отсутствует альтернативная возможность использовать непараметрическую статистику и лучше применить анализ с ограничениями, чем вообще отказаться от статистического анализа. Однако совершенно необходимо четко понимать каким образом ваши данные не соответствуют требованиям статистик, насколько устойчивы статистики к этим нарушениям и что необходима предельная осторожность при интерпретации полученных таким образом результатов.

#### **3.3.4 Множественное тестирование**

Многомерный анализ также, как и любой другой анализ, может включать множественное тестирование. Смотри раздел 5.3 чтобы разобраться что делать при множественном анализе одних и тех же данных.

## **3.4 Что делать?**

### **3.4.1 Какие из многомерных статистик вам пригодны и какие из них вы выберете?**

Важно понимать, данные какого типа вы собираете (непрерывные, дискретные, интервалы, дихотомические - смотри определения в стандартных учебниках) и сколько НП и ЗП у вас имеется. Используя информацию о типе имеющихся у вас данных и о вопросах, которые вы пытаетесь решить (как выше, в разделе 3.3.1), вы можете с помощью Таблицы 3.1 определить, какие методы многомерного анализа приложимы к вашим данным. Все перечисленные тесты имеются в основных статистических пакетах.



Таблица 3.1: Выбор многомерных статистических методов (из Tabachnick & Fidell, 1996, с изменениями, с разрешения HarperCollins College Publishing).

Вопрос исследования	Число (род) ЗП	Число (род) НП	Ковариация	Стратегия анализа	Цель анализа
Степень зависимости	Одна, непрерывная	Одна, непрерывная		Двух факторная регрессия	Создает линейную комбинацию НП, позволяющую наилучшим образом предсказывать ЗП.
		Несколько, непрерывных	Нет	Множественная регрессия)	
	Несколько, непрерывных	Несколько, непрерывных	Некоторая	Пошаговая множественная регрессия	
	Нет	Несколько дискретных		Каноническая регрессия	Линейная комбинация ЗП, максимально коррелирующая с линейной комбинацией НП.
				Многофакторный частотный анализ	Создает логлинейную комбинацию НП, позволяющую наилучшим образом предсказывать частоты категорий
Значимость межгрупповых различий	Одна, непрерывная	Одна дискретная	Нет	Однофакторный дисперсионный анализ или тест Стьюдента	Определить достоверность межгрупповых различий
			Некоторая	Однофакторный анализ ковариации	
		Несколько дискретных	Нет	Факториальный дисперсионный анализ	
			Некоторая	Факторный ANCOVA	
	Несколько, непрерывных	Одна, дискретная	Нет	Однофакторный MANOVA или тест Хотеллинга $T^2$	Создает линейную комбинацию ЗП, позволяющей максимизировать среднегрупповые различия
			Некоторая	Однофакторный MANCOVA	
		Несколько дискретных	Нет	Факторный MANOVA	
			Некоторая	Факторный MANCOVA	
Одна, непрерывная	Несколько, одна дискретная в рамках Ss		Профильный анализ повторных измерений	Создает линейную комбинацию ЗП, максимизирующей межгрупповые различия и различия между значениями НП	
Несколько, непрерывных/соразмерные	Несколько, непрерывных/соразмерные		Профильный анализ		
Одна, непрерывная	Несколько, одна дискретная в рамках Ss		Двойной многофакторный профильный анализ		
Предсказание принадлежности и к группе	Одна, дискретная	Несколько, непрерывных	Нет	Однофакторная дискриминантная функция	Создает линейную комбинацию НП, максимизирующей межгрупповые различия
			Некоторая	Последовательная однофакторная дискриминантная функция	
		Несколько дискретных		Многофакторный частотный анализ	Создает логлинейную комбинацию НП оптимально предсказывающей ЗП
		Несколько, непрерывных и/или дискретных	Нет	Логистическая регрессия	Создает линейную комбинацию логарифмов вероятности принадлежности к одной группе
	Некоторая		Последовательная логистическая регрессия		
Несколько дискретных	Несколько, непрерывных	Нет	Факториальная дискриминантная функция	Создает линейную комбинацию НП, максимизирующей межгрупповые различия (DVs)	
		Некоторая	Последовательная факториальная дискриминантная функция		
Структура	Множественная, непрерывно наблюдаемая	Множественная, латентная		Факторный анализ (теоретический)	Создает линейную комбинацию наблюдавшихся переменных, позволяющей представить скрытые переменные
	Множественная, латентная	Множественная, непрерывно наблюдаемая		Главные компоненты (эмпирический)	
	Множественная, непрерывно наблюдаемая и/или латентная	Множественная, непрерывно наблюдаемая и/или латентная			Моделирование структурного уравнения

### 3.5 Как интерпретировать и представить результаты

#### 3.5.1 Интерпретация результатов

а) Ограничения корреляции: Любой тест, основанный на значимости коэффициентов корреляции имеет внутренние ограничения, которые необходимо иметь в виду, интерпретируя результаты. Корреляция между НП и ЗП не обязательно говорит о причинной связи между ними, поскольку вторая НП, не включенная в анализ, может обуславливать как ЗП, так и первую НП. Другими словами, то, что помещение в вольер соломы связано с увеличением времени кормежки, не обязательно означает, что солома заставляет животное дольше есть. Возможно, в эти же дни добавляли и другую пищу, или изменялись какие-то другие условия содержания.

Другая проблема в том, что сила корреляции не обязательно отражает ее значимость, поскольку вероятность обнаружения достоверной связи возрастает с размером выборки. Спринтол (1987) предложил набор определений для интерпретации силы коэффициентов корреляции, в котором признается, что некоторые достоверные корреляции столь слабы, что могут не иметь биологического смысла.

#### Пример 3.3 Ограничения корреляции

В исследовании Wilson (1982) показано, что сложность вольеры в большей степени, чем её размер, определяет поведение горилл (*Gorilla gorilla*) и орангутанов (*Pongo pygmaeus*). Однако, когда через 10 лет Perkins (1992) повторил это исследование, оказалось, что размер и сложность вольер тесно взаимосвязаны и, следовательно, воздействуют на поведение вместе. Противоречия между этими двумя исследованиями можно объяснить огромными изменениями в содержании приматов в зоопарках. В отличие от прошлой ситуации, сложность и размеры новых вольер увеличивались параллельно. Это несоответствие выявило ограничение использования результатов, основанных на корреляциях (*напр.* множественной регрессии). Поскольку только на основании корреляций невозможно достоверно установить причинные связи между ЗП и НП, предлагается использовать корреляции, как основу для планирования исследований, в которых связи между ЗП и конкретной НП изучаются экспериментально.

б) Взаимодействия между переменными: важно понимать, как каждая из переменных в вашем анализе взаимодействует с другими (интеркорреляция), а также как они могут совместно воздействовать на ЗП.

#### Пример 3.4 Взаимодействия между переменными

Melfi (2001) исследовал влияние большого числа внешних факторов (НП) на кормовое поведение (ЗП) содержащихся в зоопарке Сулавесских макаков; это исследование иллюстрирует некоторые ограничения, имеющие место при взаимодействии переменных.

Многие НП показали достоверные корреляционные связи с ЗП (Табл. 3.2). Однако, интерпретировать полученные результаты в терминах причинно-следственных связей было затруднено поскольку многие из НП также достоверно коррелировали друг с другом (Табл. 3.2).

Таблица 3.2 Коэффициенты корреляции между несколькими внешними факторами (НП) и кормовым поведением (ЗП) сулавесских хохлатых макаков (\*\* -  $P < 0.01$ , \*\*\* -  $P < 0.001$ ).

НП	ЗП - Кормление	Кора	Размер Группы	Площадь на зверя	Общая площадь пола	Количество субстрата
Кора	0.53***	-	-	-	-	-
Размер группы	0.25**	-0.05	-	-	-	-
Площадь на зверя	0.26**	0.57***	0.52***	-	-	-
Общая площадь пола	0.30**	0.48***	0.7***		-	-
Количество субстрата	0.40***	0.93***	-0.05		0.60***	-

Различные комбинации НП включали в мультирегрессионные модели, из которых выбирали наилучшую для предсказания кормового поведения. Предсказательная сила модели отражена в  $R^2$ , коэффициенте детерминации, показывающим какая часть изменчивости времени кормления описывается моделью (чтобы избежать завышения  $R^2$  из-за большого числа НП рекомендуется уточненный  $R^2$ , смотри Tabachnick & Fidell, 1996). В первой модели (Табл. 3.3) три НП (размер группы, площадь на зверя и кора) достоверно предсказывали 45% наблюдавшейся изменчивости кормового поведения ( $R^2 = 0.45$ ,  $F_{3/85} = 23.22$ ,  $P < 0.001$ ). Коэффициенты  $\beta$  (показывающие вклад в модель каждой из НП) для всех трех НП были достоверны,

это значит, что каждая из них пригодна для независимых предсказаний кормового поведения и согласно этим предсказаниям длительность кормежки возрастает вместе с *размером группы* и с присутствием *кору*, но уменьшается с ростом *площади на зверя*. Как коэффициент  $\beta$ , так и частный коэффициент корреляции (частный  $r$ ) для *площади на зверя* показывают, что имеется отрицательная связь этой переменной с продолжительностью кормового поведения. Это противоречит простому коэффициенту корреляции который показывает положительную связь между *площадью на зверя* и продолжительностью кормового поведения.

Таблица 3.3 Первичная модель, предсказывающая длительность кормового поведения (\*\*\*) -  $P < 0.001$ ).

НП	$\beta$	Частный $r$	$sr^2$ (последовательный)	Допустимое отклонение
Кора	0.85***	0.63	0.28	0.51
Размер группы	0.56***	0.49	0.08	0.55
Площадь на зверя	-0.52***	-0.39	0.10	0.37

(Пересечение = 11.38)

$R^2 = 0.45$

Откорректированный  $R^2 = 0.43$

$R = 0.67***$

Частные коэффициенты корреляции показывают «истинную» картину взаимодействий между двумя переменными, освобожденную от влияния других взаимосвязанных переменных (Martin and Bateson, 1993). Положительная связь между *площадью на зверя* и длительностью кормления, обнаруженная простым коэффициентом корреляции, вероятно является отражением интеркорреляции между НП. *Площадь на зверя* сильно коррелировала как с *Корой*, так и с *Размером группы*, которые в свою очередь, положительно связаны с продолжительностью кормежки, это вызывало ложный эффект положительной связи между *Площадью на зверя* и длительностью кормового поведения.

Частные коэффициенты корреляции показывают что все три НП в данной модели были связаны с кормовым поведением, наиболее сильно - *Кора* ( $r = 0.63$ ), затем *Размер группы* ( $r = 0.49$ ) и наконец, *Площадь на зверя* ( $r = -0.39$ ). При последовательной реализации мультирегрессионной модели квадраты частных коэффициентов корреляции ( $sr^2$ ) показывают вклад в модель каждой НП, исходя из того, что каждая НП входит в уравнение модели, а сумма  $sr^2$  всех НП равна  $R^2$  (для других типов мультирегрессионных моделей это может быть не так, смотри Tabachnick & Fidell, 1996). Любой «излишний» вклад в модель предшествующей НП (*напр. Корой*) нивелируется вычитанием из вклада следующей НП (*напр. Размер группы*). Следовательно, вклад каждой НП в конечное значение  $R^2$  зависит от того, какой по порядку входит данная НП в уравнение модели.

В этой модели *Кора* обладает наибольшей предсказательной силой ( $sr^2 = 0.28$ ). *Размер группы*, хотя и имеет больший частный коэффициент корреляции с длительностью кормового поведения, чем *Площадь на зверя*, но в действительности вносит меньший вклад в предсказательную силу модели ( $sr^2 = 0.08$ , по сравнению с 0.10). Это показывает, что *Размер группы* и *Кора* по своим предсказательным возможностям кормового поведения перекрываются. Поскольку *Кора* была первой НП в уравнении модели, то ее предсказательная сила полностью учитывается моделью, тогда, как часть предсказательной силы *Размера группы* не учитывается из-за ее перекрывания с *Корой*. Таким образом, реальная сила связи между длительностью кормежки и *Размером группы* не получила освещения в конечной модели.

Вторичная модель, предсказывающая длительность кормового поведения (Табл. 3.4) пытается снизить уровень интеркорреляции между НП, но без учета *Площади на зверя*, очевидно связанной с *Размером группы*. Вместо этого для оценки размера вольера ввели *Общую площадь пола*. В этой модели *Размер группы*, *Общая площадь пола* и *Кора* достоверно предсказывают 44% наблюдаемой изменчивости кормового поведения ( $R^2 = 0.44$ ,  $F_{3/85} = 22.64$ ,  $P < 0.001$ ).

Таблица 3.4 Вторичная модель, предсказывающая длительность кормового поведения (\*\*\*) -  $P < 0.001$ ).

НП	$\beta$	Частный $r$	$sr^2$ (последовательный)	Допустимое отклонение
Кора	0.85***	0.62	0.28	0.49
Размер группы	0.71***	0.48	0.08	0.33
Общая площадь пола	-0.61***	-0.38	0.09	0.25
Количество субстрата	исключено			

(Пересечение = 11.38)

$R^2 = 0.44$

Откорректированный  $R^2 = 0.42$

$R = 0.67***$

Дополнительная НП, *Количество субстрата* также тестировалась, но оказалась тесно связанной с *Размером группы* ( $r = 0.93$ ). Такое значение коэффициента превышает критическое значение интеркорреляции, допускаемое статистическими программами и, следовательно, одна из этих двух НП должна была быть исключена (Norusis, 1990 или SPSS Help7). Поскольку *Размер группы* в уравнении мультирегрессии стоит раньше, то эту НП оставили, а *Количество субстрата* удалили. Коэффициенты  $\beta$  для всех трех НП, включенных в модель, оказались достоверными, что говорит о необходимости всех их для учета изменчивости кормового поведения. Все НП в данной модели имели с кормовым поведением положительную связь, т.е. использование в качестве субстрата *Коры* способствует продолжительности кормового поведения, также, как и увеличение *Размера группы* и *Общей площади пола*. *Кора* имеет наибольшую в модели предсказательную силу ( $sr^2 = 0.28$ ), что говорит о ее наибольшем влиянии на продолжительность кормового поведения. Значения допуска НП в этой модели были ближе к 0, чем значения допуска для Первичной предсказывающей модели. Итак, попытка снизить интеркорреляцию не оказалась успешной: как можно видеть в Табл. 3.2 *Общая площадь пола* тесно коррелировала с *Корой* и *Размером группы*, создавая более высокий уровень интеркорреляции, чем в предшествующей модели. Степень мультиколлинеарности (интеркорреляция более, чем двух переменных) в рамках модели препятствует точной интерпретации того, как отдельные НП влияют на ЗП. Можно лишь строить предположения об общем влиянии каждой из НП на изменчивость ЗП.

iii) Биологический смысл: Статистически достоверные результаты не обязательно имеют «биологический смысл». Это значит, что даже если показано, что НП достоверно объясняет определенную долю изменчивости ЗП, изменения НП могут не оказывать существенного влияния на ЗП. Следовательно, обнаружение достоверной связи между НП и ЗП должно послужить основанием для исследования этой связи путем экспериментальных манипуляций с НП.

#### **Пример 3.5 Биологический смысл**

Wielebnowski *et al.* (2002) обсуждали серию исследований по выяснению причин поведенческих проблем, зафиксированных у содержащихся в неволе снежных барсов (*Neofelis nebulosa*). Мультирегрессионный анализ был использован чтобы определить действительно ли можно предсказать уровень глюкокортикоидов в фекалиях (от 74 особей в 12 зоопарках) на основании независимых переменных, описывающих условия содержания. Три НП (высота вольеры, количество киперов, ухаживающих за животным и среднее за неделю время, которое ведущий кипер уделяет общению с животным) оказались значимыми для объяснения изменчивости уровня глюкокортикоидов ( $R^2 = 0.5$ ,  $P < 0.001$ ).

Shepherdson *et al.* (2004) непосредственно исследовал связь между одной из НП (высота вольеры) и обсуждаемой ЗП. Из практических соображений невозможно было произвольно менять НП. Нельзя было увеличить реальную высоту существующих вольер, но с помощью специальных удлинительных штанг оказалось возможным увеличить высоту доступного для барсов пространства. Соответственно увеличению этой высоты уровень глюкокортикоидов в фекалиях снижался, подтверждая, что НП-ЗП взаимосвязь, обнаруженная в предыдущих исследованиях снежных барсов имела биологический смысл.

### **3.5.2 Представление результатов – ограничения и суждения**

В большинстве случаев ограничения тестов связаны с тем, что данные собирают без учета допущений, которые делаются при проведении статистических тестов. В таком случае Вы должны детально обосновать, почему Вы считаете, что, не смотря ни на что, результаты анализа представляют ценность (*напр.* в этом случае анализ устойчив к не соблюдением допущений, что, по возможности, подтверждается ссылками).

#### **Пример 3.6 Примеры ограничений**

При исследовании влияния внешних факторов (НП) на активность (ЗП) выращенных в неволе орангутанов, Perkins (1992) обследовал 29 особей, содержащихся в 9 зоопарках, используя семь НП при проведении пошагового мультирегрессионного анализа. Для того, чтобы убедиться в корректности проведенного анализа была проведена серия тестов и их результаты оценили на основе анализа литературы. Сначала использовали мощные тесты, которые показали, что 28 особей позволяют обеспечить достоверность на уровне 0.6; т.е с вероятностью 60% обеспечивают обнаружение реального эффекта (Cohen & Cohen, 1983). Затем распределение данных оценили с помощью критерия согласия Пирсона ( $= 0.49$ ), предполагая что данные демонстрируют слабое смещение активности ниже среднего уровня. Perkins (1992) предположил, что мультирегрессионный анализ не пострадал от этих допущений (Cohen and Cohen, 1983). Наконец, были выделены и исключены из анализа «выбросы» данных; четыре отдельных оценки остаточного анализа показали,

что это, единственное, значение достоверно выпадает из общего пула (остаточное значение Стьюдента, суммирующая диагональ, коррекция различий и дистанция Cook-a. Afifi & Clark, 1984; Norusis, 1990)?

## 4. Анализ Бюджетов активности G-тестами

*N. Marples, G.D. Ruxton and N. Colegrave*

### 4.1 Проблема

Когда бюджет активности животного оценивают, как посредством сканирования, так и посредством фокальных наблюдений, сделанных в любое время, то регистрации оказываются зависимыми друг от друга, поскольку часто животное не может сделать что-то, потому что оно уже делает что-то другое, например невозможно одновременно бежать и быть неактивным. Таким образом статистические тесты, предполагающие независимость наблюдаемых образцов поведения оказываются неприменимы к данным такого типа если вопрос исследования касается нескольких форм поведения.

### 4.2 Обычные ошибки:

Обычные вопросы при исследованиях бюджетов активности:

1. Сколько времени животное тратит на разные типы активности?
2. Отличается ли одно животное от другого по бюджетам активности?
3. Появляются ли изменения в поведении после обогащения среды?
4. Различаются ли бюджеты активности в природе и в неволе?
5. Какая активность возрастает при увеличении продолжительности светового дня?

Все это законные вопросы, которые можно задавать на основе таких данных, но проблема заключается в том, что обычно применяемые статистические тесты это t-тест/ANOVA или Mann Whitney U-тест/Kruskal-Wallis тест для сравнения отдельных форм поведения (Вопрос 1) или для сравнения особей по данной форме поведения (Вопрос 2) или ситуации (Вопросы 3, 4 и 5). Это не идеально, поскольку формы поведения, которые вы сравниваете, до некоторой степени зависят друг от друга.

Проблема обостряется при вопросах типа 1, когда вы непосредственно сравниваете встречаемость двух или более форм поведения, влияющих на возможность регистрации друг друга, т.е. они действительно совсем не независимы. Если вас интересует не то “как меняется репертуар поведения”, а то, “как меняется данная форма поведения”, то вы ступаете на твердую почву, поскольку теперь вас интересует не относительная представленность разных форм поведения (которые влияют друг на друга), а то, как изменяется одна единственная форма поведения в двух независимых ситуациях.

### 4.3 Решения

#### 4.3.1 Исследования, сфокусированные на одной форме поведения

Для исследований, затрагивающих одну форму поведения (*напр.* стереотипию), и сравнивающих эту форму в независимых ситуациях, (у разных животных или при обогащении среды и без него) мы рекомендуем тесты рандомизации (см. раздел 2). Однако, если ваши данные удовлетворяют необходимым допущениям (см. раздел 5.4), то можно применять t-тест или ANOVA.

#### 4.3.2 Исследования репертуара поведения

Если вопрос исследования касается репертуара поведения и того, как меняется представленность разных форм поведения у разных особей или в том случае, если нет гипотезы о конкретной форме поведения, но предполагается, что поведение в целом будет меняться в различных условиях, используйте категориальные тесты, такие, как Хи-квадрат, или, лучше, сходный, но более универсальный G-тест (Fowler *et al.*, 1999). Эти тесты основаны на том, что данные таблицы распределены по категориям и не могут находиться в двух категориях одновременно. Очевидно, что это отлично подходит для исследований

поведения, когда животные не могут проявлять более одной формы поведения одновременно. Соответственно, мы настоятельно рекомендуем исследователям поведения определять рабочую этограмму так, чтобы проявление более, чем одной формы поведения одним животным одновременно было бы невозможным. Это может показаться трудным, однако вместо таких двух категорий поведения, как «ест» и «бежит», которые могут проявляться одновременно, можно использовать одну категорию «ест на бегу», в отличие от «ест сидя». Если такое расширение чересчур увеличивает число ваших категорий, подумайте, действительно ли вопрос вашего исследования требует разделения этих двух форм еды.

Поскольку эти тесты основаны на вопросах о вероятности проявления животным(и) конкретной формы поведения или нахождения в конкретном состоянии, они отлично подходят для экспериментальных ситуаций с различающимися по размеру выборками (например, если тестируются различия между двумя животными). Главное преимущество подобных тестов перед простым хи-квадратом – это возможность многофакторного анализа. Предположим что нас интересует влияет ли количество посетителей на распределение активности шимпанзе по таким формам поведения, как сон, кормежка и прочее. Предположим, мы наблюдали в ситуациях с большим, средним и низким количеством посетителей, фиксируя характер активности. Простые критерии сопряженности признаков позволят проверить зависимость трех наблюдавшихся форм активности от количества посетителей. Однако возникают сомнения, насколько широко можно распространить наши выводы. Допустим, мы повторили это исследование с несколькими шимпанзе. Многофакторный анализ позволяет включить индивидуальные особенности, как вторичный фактор анализа, что дает возможность не только проверить (как в предыдущем примере) влияют ли посетители на поведение, но и существует ли некий общий, независимый от индивидуальных особенностей животного, эффект посетителей.

Непараметрические многофакторные тесты доступны во многих статистических программах, например SPSS (где они называются «Log-Linear models»), и Minitab (где они называются «nominal logistic regressions»). Эти тесты позволяют включить в анализ несколько различных факторов, а в случае логической регрессии, позволяют предсказывать изменения переменных. Хотя эти тесты различаются многими деталями, они имеют одинаковое основание и одни и те же допущения. Эти модели исследуют действительно ли вероятность проявления какого-либо события, такого, например, как некая форма поведения, зависят от факторов модели и их взаимодействия. Предположим, что, как в обсуждавшемся выше исследовании, у нас есть поведение каждого животного и количество посетителей у вольера (оцененное по трем категориям – мало, средне, много). Мы хотели бы узнать, оказывает ли количество посетителей какое-либо влияние на поведение шимпанзе.

Поскольку мы располагаем многими регистрациями поведения нескольких шимпанзе, то первым шагом нашего анализа будет проверить изменяется ли поведение наблюдавшихся животных при изменении количества посетителей. На языке статистики это значит ответить на вопрос имеется ли достоверная связь между поведением конкретной особи и количеством посетителей или влияние количества посетителей на вероятность проявления определенного поведения не зависит от индивидуальной специфики особи. Если влияния индивидуальности не обнаружено (*m.e.* все шимпанзе одинаково реагировали на количество посетителей), то возможно задать вопрос общего характера: какие изменения в поведении животных этого вида возникают в связи с изменениями количества посетителей. С другой стороны, если такое влияние обнаружено (*m.e.* количество посетителей влияет на поведение шимпанзе, но влияет по разному на разных особей), то невозможно делать никаких общих заключений о влиянии посетителей, но вы обнаружили, индивидуальную специфику реакции на посетителей, что немаловажно само по себе. В ходе дальнейшего анализа вы будете

исследовать каждого шимпанзе отдельно, и полученные выводы будут приложимы только к данной особи.

#### **4.4 Ограничения**

##### **4.4.1 Независимость наблюдений**

Часто забываемое требование для применения G-теста (и  $\chi$ -теста) – «пробы должны быть взяты случайным образом, а подсчитываемые объекты должны быть независимыми». Последнее подразумевает уверенность, что каждая выборка данных была получена от разных животных. Очевидно, что при изучении бюджетов времени это невозможно, максимум, что мы можем сделать, это убедиться в отсутствии автокорреляции данных (см. раздел 5.1). Требование случайности подразумевает, что ваши данные репрезентативны и, следовательно, сбор данных не был (например) прекращен или, наоборот, продолжен для получения желаемых результатов. Это значит, что вы не должны продолжать период наблюдений за особо интересным животным или прекращать наблюдать за животным, которое ведет себя «не интересно».

##### **4.4.2 Минимальное число наблюдений**

Хорошо известное требование G-теста (и  $\chi$ -теста), что размер выборки должен быть достаточно велик, чтобы все рассматриваемые частоты достигли реальной величины. Эта величина различается в разных публикациях; наиболее часто принимается показатель 5.0. К сожалению некоторые формы поведения наблюдаются очень редко у всех наблюдаемых животных или у конкретного животного. Такие пропуски в проекте затрудняют статистический анализ (как можно сказать много о поведении, которое вы почти не наблюдали?). Более того, есть серьезные основания предполагать, что модель будет сложно интерпретировать если отдельные ячейки модели будут содержать очень малые значения. Лучшее решение здесь это более тщательно планировать свое исследование, основываясь на предварительных наблюдениях, и включая в них только достаточно частые формы поведения, хотя некоторые редкие формы поведения могут оказаться важными (например, спаривание) и их будет необходимо включить. Решение этой проблемы в том, чтобы поместить все редкие формы поведения (в идеале на основании некоего, заранее заданного, правила) в одну категорию «редких форм поведения». Однако по возможности сливания категорий следует избегать. Кроме того, если вас интересуют собственно редкие формы поведения, их слияние может оказаться невозможным, а эта часть ваших данных окажется непригодными для анализа категориальными тестами.

##### **4.4.3 Проблемы при уточнении моделей.**

Возможно, основная проблема, с которой сталкиваются при практическом применении описываемых тестов, это процедура уточнения модели, требующая применения более мощных, чем основные тестов, для которых имеющиеся данные оказываются недостаточными. Статистические программы возвращают вам сообщение об ошибке или дают результаты с ОЧЕНЬ большими допустимыми интервалами. Это особенно актуально в случаях с небольшими выборками, с несколькими категориями при небольшом числе наблюдений и в случаях анализа нескольких факторов. Хотя может показаться, что это досадная программная проблема, но в действительности дело хуже - ситуация, затрудняющая работу программы, в точности повторяет ситуацию, ограничивающую сферу применения конкретного теста. В этом случае может помочь сокращение категорий поведения (основанное на соответствующих биологических критериях). В качестве альтернативы можете перефокусировать свое исследование на более конкретный вопрос, для ответа на который требуется анализ меньшего числа переменных.

## 5. Общие вопросы

### 5.1 Автокорреляция, независимость во времени и режим наблюдений

*S.Dow, J.Engel and H.Mitchell*

#### 5.1.1 Проблема

Большинство статистических тестов предполагают независимость обрабатываемых данных. Если данные были собраны от одного животного (или группы) то очень вероятно, что оценка сиюминутной ситуации будут влиять на последующие оценки той же ситуации. Например, уровень половых гормонов у самок шимпанзе изменяется не мгновенно и, если взять две пробы гормонов через небольшие промежутки, то они не могут быть независимы. Это в полной мере касается и поведения. Важно, чтобы выбор способа регистрации сводил к минимуму вероятность автокорреляции, т.е. обеспечивал независимость регистраций во времени.

#### 5.1.2 Режим регистраций поведения животных.

Чтобы сравнить поведение его необходимо выразить в цифрах, то, как это сделано, определяет вопрос исследования. Точная запись поведения подразумевает фиксацию начала и конца проявления каждого, интересующего исследователя, поведенческого акта. Реально непрерывная регистрация предполагает возможность наблюдателя видеть животное и регистрировать формы его поведения в течение всего периода наблюдений. Временные срезы – это схема сбора данных, когда информация фиксируется в строго определенные моменты времени. Эту схему в течении многих лет успешно применяли в исследованиях поведения (*напр.* смотри Martin & Bateson, 1993). Временные срезы лучше, чем сплошное протоколирование позволяют фиксировать активность более, чем одного животного в группе. Временные срезы также можно сочетать с другими методами регистрации поведения, такими, как наблюдение за фокальным животным. Однако, метод временных срезов подвергся критике за отсутствие независимости отдельных срезов.

Выбор метода регистрации зависит от изучаемой формы поведения, например, временные срезы подходят для регистрации состояний (т.е. длительных форм активности, таких как отдых), тогда как для регистрации событий (коротких или мгновенных проявлений активности, таких как вокализация или запаховое маркирование) лучше применять сплошное протоколирование. Различные методы регистрации будут обсуждаться в связи с их ограничениями, так чтобы можно было выбирая метод избежать всяческих подвохов, но некоторые методы мы опишем в первую очередь:

- *Ad libitum* регистрация – наблюдатель сам решает что и когда фиксировать, а описывая поведение не придерживается привязки ко времени. Наблюдения носят характер полевых заметок.

- Непрерывная регистрация – регистрация определяется изменениями в поведении; каждый раз, когда поведение изменяется, фиксируют время и характер поведения. Можно выделить три варианта этого метода

- Регистрация всех проявлений – отмечают каждый случай проявления одной или нескольких форм поведения. Часто это оказывается лучшим способом фиксации коротких событий. Возможен простой подсчет интересующих событий или подсчет и хронометрирование. Если требуется хронометрирование, то часто бывает целесообразно использовать компьютер и программы, подобные «THE OBSERVER», позволяющие вести запись в реальном времени.
- Регистрация фокального животного – непрерывно фиксируются все поведенческие проявления одной особи (фокального животного).
- Регистрация последовательностей – фиксируются последовательности поведенческих актов, в которых могут принимать участие как одно, так и группа животных



### Методы хронометрирования

При хронометрировании данные фиксируют через определенные промежутки времени, но какие формы поведения фиксируют, зависит от способа наблюдения. Вот четыре основных способа:

- Регистрация ведущей активности – фиксируют активность, которая занимает большую часть или (в зависимости от выбранного определения) длится более 50% заданного отрезка времени.
- Регистрация «полного интервала» – формы поведения фиксируются если они начались после начала и продолжались до конца временного интервала.
- Способ регистрации «да-нет» – если определенная, заранее оговоренная, форма поведения имела место в течение заданного интервала, то это фиксируется, независимо от того, сколько раз за этот интервал проявлялась данная форма.
- Мгновенные срезы – фиксируются только те формы поведения, которые имели место в конце временного периода. В приложении к более, чем одному животному можно сканировать группу и фиксировать данные от нескольких животных, часто это обозначается, как «сканирование».

Примеры данных, собранных с применением каждого из этих методов, иллюстрируются во Врезке 1. Каждая из приведенных выше техник регистрации имеет свои ограничения, которые обсуждаются ниже.

#### i) Регистрация ведущей активности.

Ведущую активность бывает трудно определить. Если используются длинные стандартные интервалы, то этот метод может завышать среднюю продолжительность актов. Малая продолжительность актов в сочетании с длительными стандартными интервалами ведет к искажениям при оценке частоты актов (Tyler, 1979). Результаты регистрации ведущей активности

**Врезка 1: Как применять различные способы регистрации поведения**

Фигура ниже отражает активность одного животного. Поведение разделено на шесть проявлений трех различных поведенческих паттернов А, В, и С. Поведение регистрируется с использованием четырех различных методов регистрации. Вертикальные линии отмечают проявления ведущих форм поведения, которые ограничивают соответствующий временной интервал. В случаях регистрации ведущей активности и «полных интервалов» может оказаться невозможным ограничить интервал. Такие случаи в примере отмечены знаками вопроса. Надо отметить, что в действительности таблицы для фиксации данных должны быть организованы иначе, чем в данном примере.

А		В		С	В	А		С
?	В	?	?	?	С			
В	В	?	В	А	С			
А	В	В	В	С	С	В	А	С
А	В	В	С	А	С	С		

Регистрация «полных интервалов»

Регистрация ведущей активности

Регистрация «да-нет»

Мгновенные срезы

сходны с результатами непрерывной регистрации, но менее точны. Этот способ регистрации можно использовать при пилотных исследованиях, но в других случаях не рекомендуется.

#### ii) Регистрация «полного интервала»

Регистрация «полного интервала» недооценивает короткие формы активности, поскольку если характер активности меняется внутри интервала, то такие изменения не фиксируются. Если длительность актов и длительность промежутков между актами имеют нормальное, экспоненциальное или распределение Вейбула, то можно высчитать оценки

длительности и частоты форм поведения на основе полученных данных (Ary&Suen, 1986; Quera, 1990). Регистрация «полного интервала» также может быть использована при пилотных исследованиях, но в других случаях не рекомендуется.

### iii) Регистрация «да-нет»

Результаты применения этого метода сильно зависят (коррелируют) как от частоты, так и от длительности поведенческих актов. Однако, исходные данные отражают истинную частоту не поведенческих актов, а интервалов. Если длительности актов и интервалов между ними имеют нормальное, экспоненциальное или распределение Вейбула, то можно высчитать оценки длительности и частоты форм поведения на основе полученных данных (Chow&Rosenblum, 1977; Ary&Suen, 1986; Suen, 1986; Quera, 1990). Этот метод легок в применении и имеет высокую надежность, как при разных наблюдениях одного, так и при сравнении разных наблюдателей (Powell *et al.*, 1977; Rhine&Flanigan, 1978). Это чрезвычайно употребимый метод, для которого важно присутствие или отсутствие определенной формы поведения. Регистрация «да-нет» применима также там, где трудно определить моменты начала и конца интересующего поведения или там, где изучается прерывистое поведение, которое может быстро начинаться и заканчиваться (*напр.* игра). При использовании этого метода надо учитывать, что он дает завышенные оценки продолжительности поведенческих актов и занижает их число (Tyler, 1979). Если применяются длинные интервалы, то метод «да-нет» имеет тенденцию завышать среднюю продолжительность поведенческих актов. Длинные интервалы в сочетании и короткими актами приведут к завышенной оценке доли времени, затраченного на такое поведение. Однако, существуют некоторые возможности коррекции (*напр.* Simpson&Simpson, 1977). Метод «да-нет», с учетом приведенных выше ограничений, подходит для отдельных исследований, а также применим в том случае, если требуется сравнение с данными, собранными этим методом ранее.

### iv) Мгновенные (временные) срезы

Временные срезы обычно употребляются для регистрации поведения отдельной особи, но в сочетании со сканированием можно наблюдать за несколькими животными. Этот метод прост в применении, настолько, насколько просто быстро идентифицировать форму поведения. Внутри- и межиндивидуальная (наблюдателей) надежность обычно высока (Altmann, 1974). Martin & Bateson (1993) утверждали, что интервал между срезами должен быть как можно короче, чтобы приблизить метод к сплошному протоколированию и точнее оценивать продолжительность актов. На точность метода также влияют средняя продолжительность актов и средняя длительность промежутков между актами (чем дольше тем лучше). При длительных интервалах между срезами метод завышает среднюю продолжительность актов. Длинные интервалы между срезами в сочетании с короткими актами дают плохие оценки частоты (Tyler, 1979), но это можно исправить, сокращая интервалы между срезами (Powell *et al.*, 1977). Оценки длительности актов более точны, чем при методе «Да-Нет» (Altmann, 1974; Dunbar, 1976; Powell *et al.*, 1977; Tyler, 1979). Если длительности актов и интервалов между ними имеют нормальное, экспоненциальное или распределение Вейбула, то на основе полученных данных можно высчитать оценки истинной длительности и частоты форм поведения (Chow and Rosenblum, 1977; Ary and Suen, 1986; Suen, 1986; Quera, 1990). Временные срезы рекомендуются для изучения бюджетов времени, циклов активности, синхронизации поведения или пространственной приуроченности поведения (*напр.* ближайшего соседа). Однако, ни один из этих методов не пригоден для изучения коротких поведенческих актов.

## 5.1.3 Определение оптимального интервала между регистрациями

Все методы регистрации основаны на регистрации в определенные моменты времени чтобы избежать предвзятости результатов, поэтому определение оптимального промежутка между регистрациями оказывается критичным. В идеале для избегания автокорреляций

промежутки между регистрациями должны быть как можно больше, однако это препятствует точности оценок непрерывного потока поведения, а многие формы поведения малой и средней длительности оказываются вообще не зарегистрированными. Оптимальный интервал зависит от средней длительности форм поведения, от среднего промежутка между проявлениями этих форм, от размера наблюдаемой группы и от предполагаемого статистического анализа. Очень легко получить огромное число регистраций, которые не будут независимыми, *напр.* для медленно передвигающегося животного много регистраций будут отражать одну и ту же форму поведения, длящуюся несколько минут. Чем меньше интервалы, тем точнее изменения, поскольку тем выше приближение к непрерывному поведению, однако, регистрируя поведение слишком часто мы получаем последовательности регистраций одной и той же формы поведения, в которых отдельные регистрации не независимы друг от друга, поскольку являются частями одного и того же поведенческого паттерна и таким образом искусственно раздувают размер выборки (Bernstein, 1991; Wirtz, Oldekor, 1991). Большие интервалы между регистрациями требуют большего времени на сбор необходимого объема данных, а за это время могут измениться внешние условия. Для определения оптимальной величины интервала между регистрациями существует по меньшей мере четыре процедуры.

- Bernstein (1991) предложил расчет, основанный на средних значениях и стандартных отклонениях длительности форм поведения, чтобы избежать автокорреляции во времени. На практике подсчет средней продолжительности форм поведения может оказаться сложным и трудоемким. Этот метод позволяет преодолеть автокорреляцию, но дает сильные расхождения с результатами непрерывной записи.

- Martin и Bateson (1993) предложили два решения. Первое подразумевает проведение пилотного исследования, при котором непрерывно фиксируются значительные отрезки поведения. Затем эти данные обрабатываются с использованием разных интервалов между регистрациями. Разность между истинными результатами и результатами, полученными при разных интервалах, подсчитывают и сравнивают. Предлагается применять такие интервалы, которые позволяют зафиксировать большинство (90%) поведенческих паттернов, но при этом дают небольшую (10%) разницу с результатами сплошного протоколирования. Этот метод сводит к минимуму различия между временными срезами и непрерывной регистрацией, но не решает проблемы возможных автокорреляций.

- Второе предложение Martin и Bateson'a (1993) в том, чтобы не рассматривать отдельные регистрации, сделанные через короткие промежутки, как статистически независимые измерения, вместо этого они используют одну оценку для всей сессии наблюдений, *напр.* за 40-минутный период, разделенный на 2-минутные интервалы сканирования (т.е. 20 точек регистрации) зафиксировали 6 точек, когда животное было занято грумингом, тогда фиксируется  $6/20 = 0.3$ . Это скорее характеристика сессии наблюдений, которая впоследствии используется в статистическом анализе, чем оценка особи. В этом случае интервалы между последовательными сессиями наблюдений должны быть не меньше, чем максимальная продолжительность одной формы поведения (определенная при пилотном исследовании), чтобы быть уверенным в независимости данных разных сессий. Этот метод, сочетающий точность и избегание автокорреляции, широко распространен в зоопарковских исследованиях. Однако, его нельзя использовать при анализе категорий, *напр.* в G-тестах (см. раздел 4), т.к. сессионные оценки нельзя суммировать. Такой анализ все же можно провести, если посчитать число сессий (или регистраций, если все сессии одной длительности), попадающих в каждую категорию, *напр.* в примере выше число сессий, когда был отмечен груминг, 0-5 раз, 6-10 раз, 11-15 раз и 16-20 раз.

• Engel (1996) разработал метод для определения интервала, при котором результаты с одной стороны по точности не отличались бы существенно от сплошной регистрации, а с другой были бы свободны от автокорреляции. Детали приведены во Врезке 2 ниже.

### Врезка 2: Как определить оптимальный интервал между регистрациями (Engel 1996)

Вся процедура включает пять последовательных шагов.

1. Несколько пилотных протоколов (в данном примере десять), собранных сплошным протоколированием.

2. Для каждой изучаемой формы поведения из каждого протокола производится много псевдопротоколов с возрастающими интервалами. Это значит, что из каждого непрерывного протокола путем подсчетов получают новые псевдопротоколы, так, как будто наблюдения проводили методом временных срезов с различными интервалами. Первый псевдопротокол отражает поведение раз в секунду, следующий – раз в три секунды и т.д. Чем больше интервал в псевдопротоколе, тем меньше по сравнению с исходным протоколом там содержится данных.

3. Подсчитывают коэффициенты корреляции Спирмена (в данном случае  $N=10$ ) между частотами поведения на основе непрерывного протоколирования и частотами из псевдопротоколов с разными интервалами (в этом примере 2 сек., 3 сек. ...).

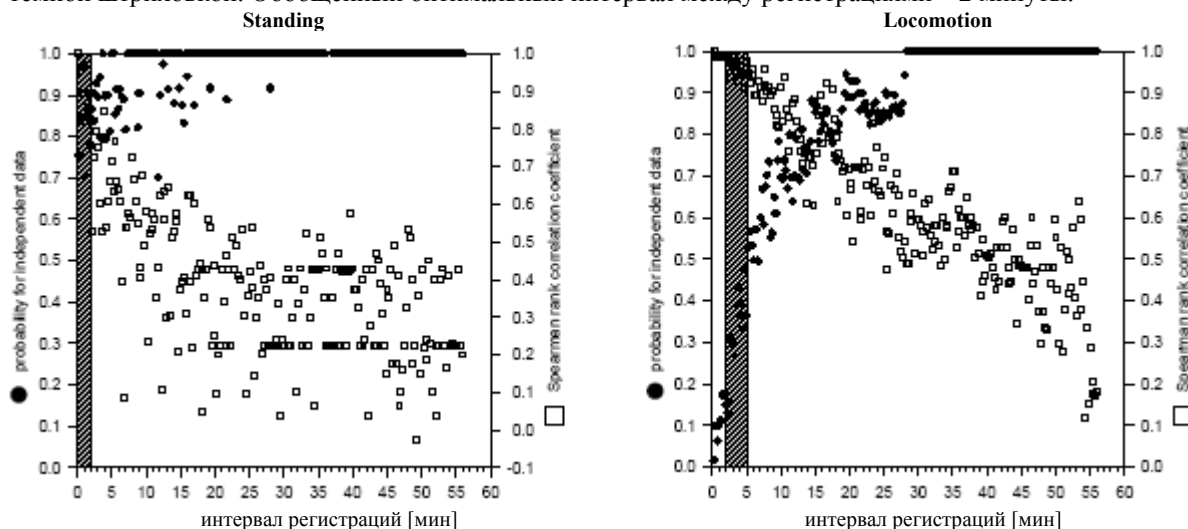
4. С помощью специального одностороннего критерия серий проверяют независимость последовательных данных в псевдопротоколах. Если есть временная автокорреляция, то вероятность обнаружить в последовательных срезах одну и ту же форму поведения больше, чем при случайном распределении. Согласно Stevens (1939) вероятность  $P$  равна

$$P = \sum_{r=1}^x \frac{f! \cdot (f-1)! \cdot (n-f)! \cdot (n+1-f)!}{n! \cdot r! \cdot (r-1)! \cdot (f-r)! \cdot (n+1-f-r)!}$$

где  $f$  значение абсолютной частоты поведенческого паттерна,  $r$  число парных совпадений в псевдопротоколе, а  $n$  – число срезов в псевдопротоколе. Если вероятность  $P$  больше, чем 0.1, можно заключить что наблюдаемые события случайны. Например, если мы рассматриваем последовательность трех форм поведения в 10 временных срезах В В С А А А В В, вероятность получить две парные последовательности В будет  $P = 0.0333 + 0.3 = 0.3333$ . Это означает, что появление В в последовательных срезах случайно, тогда, как А – нет ( $P = 0.024$ ).

5. Коэффициент корреляции Спирмена (из шага 3) и величина  $P$  (из шага 4) отражаются на графике, как функции величины интервала между регистрациями. Оптимальные величины интервалов расположены там, где коэффициенты корреляции приближаются к единице, а вероятность независимости данных  $P$  больше, чем 0.1.

6. Шаги от 3 до 5 осуществляются независимо для каждой формы поведения, которую предполагается исследовать. Рисунки ниже (из Engel 1997) демонстрируют итоговые графики для двух форм поведения саблерогого орикса (*Oryx dammah*). Оптимальные размеры интервалов для каждой формы поведения отмечены темной штриховкой. Обобщенный оптимальный интервал между регистрациями – 2 минуты.



### 5.1.4 Другие проблемы с регистрацией данных

i) Как долго должно продолжаться исследование? Это зависит от поставленного вами вопроса. Во многих случаях ожидается, что экспериментальное воздействие вызовет моментальный эффект, тогда и период наблюдений может быть очень коротким. В других случаях интуитивно чувствуется, что чем дольше наблюдать, тем лучше. Однако наиболее точный ответ можно получить, построив график накопленного числа зарегистрированных форм поведения, относительно общей длительности наблюдений. Подобный график (незаштрихованные значки на рис. 5.1) представляет собой асимптотическую кривую и по мере приближения асимптоты к насыщению падает вероятность проявления новых форм поведения. Средний процент времени, затраченного на ключевое поведение, можно отобразить на графике по отношению к общему времени наблюдений (заштрихованные значки, Рис. 5.1). Этот график также приближается к прямой по мере увеличения периода наблюдений. Если новых форм поведения не отмечается или остается постоянной частота изучаемой формы поведения, то дальнейший сбор данных не добавит исследованию точности.

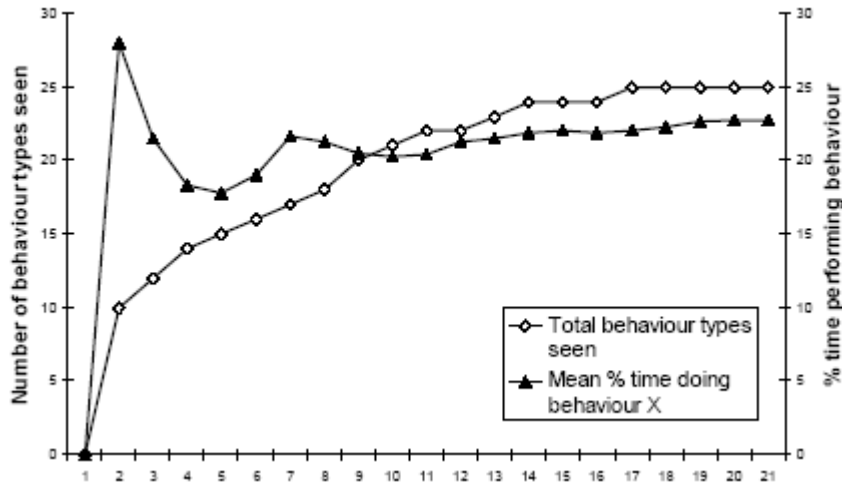


Рис. 5.1 Общее число отмеченных форм поведения и частота ключевых форм поведения X выходят на плато приблизительно после 18 часов наблюдений, это говорит о том, что такого времени достаточно для каждого этапа исследований

ii) Что делать в ситуациях, когда животное не видимо.

Такая проблема возникает если наблюдаемое вами животное может скрываться в зоны, где вы не можете фиксировать его поведение. Если оно проявляет там некую активность, например груминг, то вы недооцениваете общую продолжительность груминга, поскольку не можете фиксировать некоторые его проявления. Это реальность, с которой не могут справиться самые изощренные статистические методы, поэтому если вы действительно не можете видеть животное в скрытых зонах (например при помощи видеокамеры), то придется изменить вопрос исследования, например с “Что делает животное между 14 и 15 часами?” на “Что делает животное, когда его видно, между 14 и 15 часами?”. Однако, изменения доли времени, которое животное проводит в закрытых зонах может оказаться связанным с каким-либо воздействием (например, с обогащением среды) и таким образом даст вам дополнительную информацию о реакции животного на это воздействие, поэтому стоит отмечать при наблюдениях категорию “вне поля зрения”, и рассматривать ее, как отдельную форму поведения.

### 5.1.5 Анализ временных серий

Методы анализа временных рядов (серий) (напр. АВА), такие, как ARIMA (Box & Jenkins, 1976), позволяют эффективно справляться с проблемой автокорреляции данных. Однако эти методы чрезвычайно сложны и требуют высочайшей степени статистической и

математической подготовки. Поэтому эти методы остаются за рамками данного руководства и мы не рекомендуем большинству зоопарковских исследователей пытаться справиться с проблемой автокорреляции данных, используя методы временных серий.

### 5.1.6 Резюме

Временная зависимость данных (или автокорреляция) представляет серьезную проблему для большинства статистических тестов. Лучший способ решения этой проблемы – планировать сбор данных таким образом, чтобы избежать автокорреляции. Однако, это вступает в противоречие с другими ограничениями наблюдений, особенно в обычных зоопарковских исследованиях, требующих тщательных регистраций поведения животных. Существует множество методов регистрации активности животных и избегания автокорреляции и необъективности данных. Оптимальное применение этих способов зависит от характера проверяемой гипотезы.

## 5.2 Социальная независимость

*S. Wehnelt, H. Buchanan-Smith, G.D. Ruxton and N. Colegrave*

### 5.2.1 Проблема

Большинство зоопарковских животных находятся в социальном окружении и обычно содержатся в парах или в группах из самцов и самок и животных разных возрастов. В большинстве коллекций из-за ограниченности ресурсов содержится лишь по одной группе каждого вида животных. Тесное межзоопарковское сотрудничество в рамках программ размножения также способствует тому, что представители угрожаемых видов часто оказываются разбросанными по зоопаркам всего мира. Хотя размеры зоопарковских групп могут быть довольно значительны (*напр.* стаи птиц, группы мелких приматов), но данные, полученные от особей из этих групп не могут рассматриваться как строго независимые. Причина этого – возможные взаимовлияния членов группы. Например, когда шимпанзе обнаруживает в вольере кусочек лакомства, то это может побудить других членов группы искать пищу, или: в агрессивное взаимодействие двух особей могут быть вовлечены другие члены группы. Независимость регистраций – требование большинства статистических тестов (параметрических, непараметрических и тестов рандомизации). Строго говоря, многие не зоопарковские исследования также пренебрегают этим требованием, когда, например, берут для исследования рыб из одного озера или изучают приматов из одной группы. Независимость данных можно представить, как континуум между абсолютно независимыми (*напр.* особи одного вида, полученные из географически удаленных районов) и чрезвычайно зависимыми (*напр.* с короткими промежутками регистрируется состояние одного и того же животного). Прежде чем применять любую статистику необходимо с позиций биологического смысла определить, в какой части этого континуума находится каждый случай, является ли это важным для решения вопросов исследования и что следует предпринять. Статистика – мощный механизм обнаружения тенденций и она менее субъективна, чем оценка таблиц данных или графиков «на глаз». Однако, ограничения валидности тестов заставляют критически рассматривать результаты и распространять любые выводы на всю генеральную совокупность только после их обсуждения с позиций биологического смысла (Ruxton & Colegrave, 2003). Например, если размер выборки невелик, а значение  $P$  выбранного вероятностного теста не намного превышает 5%, то тем не менее результаты могут оказаться интересными для обсуждения с биологических позиций. Итак, возможна ситуация, когда все исследуемые животные, кроме одного, показывают одну тенденцию (*напр.* увеличение концентрации гормонов после изменений во внешней среде). В обсуждении можно подчеркнуть, что все особи кроме одной проявили стресс-реакцию и обозначить возможные причины отсутствия реакции у этой особи (*напр.* это было единственное животное, ранее знакомое с подобными изменениями или, что оно не

использовало той части помещения, в которой произошли изменения). Поскольку существенные затраты времени и других ресурсов могут препятствовать повторению эксперимента, его результат может оказаться важным для других исследователей даже тогда, когда он не имеет статистической значимости.

### **5.2.2 Возможное решение – увеличение числа групп**

Одна из возможностей избежать зависимости данных – увеличивать число изучаемых независимых групп. В случае зоопарковских исследований это означает посещение необходимого числа зоопарков чтобы собрать статистические данные, позволяющие решить поставленный вопрос с помощью выбранных тестов. В каждом зоопарке данные собирают лишь по одному животному из группы (или берется среднее значение для нескольких особей). Например, если изучается реакция на хищника пары тамаринов, а вопрос формулируется как “Как долго самцы по сравнению с самками разыскивают чучело хищника, спрятанное в вольере?” то социальная независимость может оказаться критичной. Если самцы всегда первыми находят «хищника» и предупреждают самок, то никаких существенных половых различий во времени поиска хищника установить невозможно. В данном случае самец и самка не могут рассматриваться как независимые. Возможно лучше регистрировать только период «до первого ответа» и проводить исследование на нескольких группах. Но для других исследований, например для изучения бюджетов времени, необходимо наблюдать более, чем по одному члену каждой группы. Если данные собраны по единственному представителю группы, то возникает сомнение, что это животное репрезентативно представляет свою группу (низкая внешняя валидность, Bart *et al.*, 1998). Группа может состоять из особей различного возраста, самцов и самок и все особи или выборка особей должны попасть в исследование (используя при необходимости правила сбора данных – *напр.* включать равное число самцов и самок, молодых и взрослых и т.д.). Для более точной оценки поведения можно использовать средние показатели. Среднее менее подвержено действию случайных факторов, чем отдельная особь, поэтому обычно лучше собирать данные по более, чем одному представителю группы. Если распределение не симметрично и/или имеются «выбросы» данных, то более подходящей оценкой может оказаться не средняя, а медиана. Другая возможность обойти проблему «социальной зависимости» - исследовать несколько видов из той же таксономической группы. Например, если вас интересует воздействие посетителей на мелких приматов, то все отдельно содержащиеся в зоопарке группы этих животных могут использоваться в исследовании, причем каждая группа будет рассматриваться как один независимый случай. Однако, в большинстве случаев этого не делается, а иногда исследование нескольких близких видов или изучение многих групп во многих зоопарках бывает невозможно, особенно при ограниченности средств или когда имеешь дело с редким видом. Кроме того, различия условий в разных зоопарках могут привести слишком много неконтролируемых переменных, которые сделают невозможным прямое сравнение результатов.

### **5.2.3 Возможные решения – доступна только одна группа**

Иногда бывает полезно изучать только одну группу в одном месте. Если вопрос исследования касается лишь одной конкретной группы зоопарковских животных (*напр.* доступ членов группы к пище или эффект обогащения среды), то нет необходимости делать широкие обобщения и не надо изучать группы в других зоопарках. В таких случаях не требуется высокой внешней валидности. Например, если вас интересует есть ли положительный эффект обогащения среды на животных конкретной группы, то неважно независимы или нет эти животные. То, что животное А влияет на эффект обогащения, который испытывает животное В, таким образом, что оба выигрывают, не повлияет на интерпретацию результатов поскольку вопрос сводится к тому, выигрывают ли все особи. Наблюдения, возможно, потребуется повторить чтобы убедиться что эффект обогащения

сохраняется после удаления из группы одного животного, которое могло способствовать действию обогащения на других членов группы, но сиюминутный вопрос о пользе обогащения для данной конкретной группы был решен, а экстраполировать результаты на более широкий круг животных не требуется. Можно применить статистические тесты (игнорируя требование независимости), но необходимо объяснить, что отсутствие социальной независимости в данном случае не играет роли по приведенным выше причинам. Другие примеры исследований, в которых социальная зависимость не оказывает большого влияния на интерпретацию результатов, это изучение таких внешних факторов, как температура, количество посетителей или распределение корма на конкретную группу животных. Иногда последующие исследования на других группах могут показать, проявляются ли обнаруженные тенденции на больших популяциях. В тех случаях, когда мы ограничены единственной группой, а результаты важно экстраполировать на всю популяцию, необходимо постараться собирать данные таким образом, чтобы они были максимально независимыми, позволяющими использовать статистику и делать широкие обобщения. Однако, определить зависит или нет поведение членов группы друг от друга чрезвычайно сложно. Заметим, что отсутствие независимости может проявляться и в отношении соседних групп, *напр.* вокализации одной группы могут действовать на других животных в зоне слышимости. Достоверная положительная корреляция поведения (*напр.* кормежки) разных особей в разных сессиях наблюдений покажет сходство их поведения. Однако выявить социальную зависимость не так просто, поскольку одна форма поведения животного А может синхронизироваться с другой формой животного Б, *напр.* самец всегда охраняет, когда его самка ест. Поэтому лучше строить исследование так, чтобы попытаться избежать зависимости. Лучший способ избежать сильной зависимости данных – наблюдать разных животных в разное время. Не следует одновременно регистрировать поведение всех членов группы. Вместо сканирования можно наблюдать за фокальным животным (Martin & Bateson, 1993) и делать промежутки между регистрациями. Для определения оптимальной величины этих промежутков необходимо пилотное исследование продолжительности паттернов поведения (Martin & Bateson, 1993). Промежуток должен значительно превосходить среднюю продолжительность изучаемого поведения (смотри предыдущий раздел об автокорреляции и независимости во времени). Таким образом, если используются многократные регистрации одной особи, то следует применять наблюдение за фокальным животным, случайным образом выбирая следующий объект наблюдения, чтобы повысить социальную независимость данных.

#### 5.2.4 Резюме

В итоге важность социальной независимости зависит от задач исследования. Если выводы распространяются на всю популяцию, то необходимо собрать данные по нескольким группам из этой популяции (учитывая при этом другие возможные затруднения). Если есть лишь одна группа, и необходимы независимые данные, то применяйте метод регистраций, минимизирующий недостаток независимости данных, опираясь на результаты предварительных исследований и на соображения биологического смысла. Напротив, если вопрос исследования касается лишь одной группы, то независимость не столь важна. Однако, следует иметь в виду, что при этом нарушаются допущения статистических тестов и необходимо привести объяснения допустимости таких нарушений в вашем случае, исходя из задач исследования и/или вероятных масштабов зависимости.



### 5.3 Поправки для множественных тестов

*C.A. Caldwell, G.D. Ruxton and N. Colegrave*

#### 5.3.1 Проблема

При статистическом исследовании мы берем выборки из популяции и на основе этих выборок делаем выводы о характеристиках всей интересующей нас популяции. Иногда из-за случайных причин выборка может вас обмануть. Вероятность такого случая можно уменьшить, например увеличивая размер выборки, но ее невозможно свести к нулю. Существуют два типа ошибок: Тип I, когда мы отвергаем нулевую гипотезу (об отсутствии эффекта) когда эффекта действительно нет, и Тип II, когда эффект есть, но мы не отвергаем нулевую гипотезу. Принято контролировать вероятность ошибок I типа, через уровень достоверности (обычно обозначается, как  $\alpha$  и устанавливается на уровне 0.05). Это означает, что если мы устанавливаем величину  $P$  менее, чем 0.05, то тест верно обнаружит реальный эффект (отвергнув нулевую гипотезу) не менее, чем в 95% случаев.

Однако, если мы делаем верные выводы в 95% случаев, то мы ошибаемся в одном случае из 20. Представим ситуацию, когда исследователь пользуется многими тестами; Chandler (1995) утверждает, что среднее число статистических тестов, использованных в статье *Animal Behaviour* было около 35. Хотя не все из этих тестов дают уровень  $P$  меньше 0.05, но возможность ошибочно отвергнуть нулевую гипотезу хотя бы один раз в статье, где приводится большое число “достоверных” результатов весьма значительна. Чем больше применяется тестов, тем более вероятно, что достоверный результат будет получен случайно. Например, если исследователь использует всего 20 тестов, а нулевая гипотеза в реальности верна во всех случаях, то в среднем один из этих тестов тем не менее даст достоверный результат, отвергающий нулевую гипотезу. Вероятность ошибки I рода быстро достигает неприемлемо высокого уровня по мере увеличения числа использованных тестов. При этом не важно, какие тесты используются (параметрические, непараметрические, рандомизации и т.д.).

Garcia (2004) сравнил процесс последовательного тестирования с покупкой лотерейных билетов и заключил, что, “Для такого маловероятного и независимого события, как выигрыш в лотерею важно только число приобретенных билетов. При планировании научной работы надо обращать внимание не только на потенциальный интерес ‘научных’ результатов, но также и число ‘лотерейных билетов’ заключает автор. Большое число (тестов) дает значительно более высокий шанс «выигрыша в лотерею», чем получить значимый научный результат.” (p662)

#### 5.3.2 Обычные ошибки

Наиболее обычный способ справиться с этой проблемой при выполнении большого числа статистических тестов – просто игнорировать ее, зарыв голову в песок. Ясно, что это повышает вероятность ошибки I типа, и соответственно делает выводы менее надежными. Однако, другой обычный способ – использование поправок Бонферони (описана ниже). По сути дела эти поправки снижают величину  $\alpha$  используемую при определении статистической значимости (*напр.* от  $P < 0.05$  к  $P < 0.01$ ) в отдельных тестах, что облегчает отказ от нулевой гипотезы в каждом случае, и таким образом снижают риск ошибочного отказа от нулевой гипотезы. Более строгое значение  $\alpha$  часто принимают чтобы установить вероятность ошибки I рода на уровне не более пяти процентов. Проблема этого подхода в том, что он может увеличить до неприемлемо высоких значений вероятность ошибки II рода.

#### 5.3.3 Возможные решения

##### i) Простая поправка Бонферони

Самый прямой путь борьбы с проблемой множественных тестов – простая поправка Бонферони. Выбирается такой уровень  $\alpha$ , что сумма  $\alpha$  для всех выполняемых тестов равна желаемой вероятности ошибки (обычно 5%). Так, например, если исследователь применил

тесты пять раз, и хочет соблюсти уровень  $\alpha$  в пять процентов, то прежде, чем отвергнуть нулевую гипотезу в любом из отдельных тестов, придется придерживаться не  $P < 0.05$ , а  $P < 0.01$  (поскольку  $0.05/5=0.01$ ). Чтобы найти нужный уровень для данного набора тестов используется критерий:

$$a1 = a/n$$

где **a1** – новый частный уровень  $\alpha$

**a** желаемый уровень достоверности

**n** – число выполненных тестов.

Преимущества этого метода - простота, но он приносит проблему некоторого сужения допустимого диапазона  $\alpha$ . Как отмечалось выше, это может привести к тому, что исследователь не сможет отвергнуть нулевую гипотезу, когда в действительности она ложна. Другими словами, вам не удастся получить желаемый результат. Ясно, что мы попытаемся избежать такой ситуации. Есть другие методы, которые помогают частично преодолеть это затруднение стандартной поправки Бонферрони, они также манипулируют допустимой величиной ошибки (см. Shaffer, 1995). Простейший из таких методов – последовательная поправка Бонферрони.

ii) Последовательная поправка Бонферрони (или Холма). Этот метод применяется поэтапно (Rice, 1989). На первом этапе проверяют, есть ли хоть один тест, удовлетворяющий простой поправке Бонферрони, *т.е.*  $P \leq a/n$ . Если такой случай есть, то нулевая гипотеза, проверяемая в этом тесте, отвергается и начинается следующая стадия. На следующей стадии проверяют есть ли среди оставшихся тестов такой, что удовлетворяет условию  $P \leq a/(n-1)$ . Если такой есть, то соответствующая нулевая гипотеза отвергается и ищут результат с  $P \leq a/(n-2)$ , и так далее. Однако, если на любой стадии обнаружится, что величина критерия не достигает требуемого уровня, то проверка прекращается, и все оставшиеся нулевые гипотезы принимаются.

### Пример 5.1

Представим ученого, ведущего исследования поведения и собирающегося проверить эффект некой переменной (м.б. нового обогащения) на различные формы поведения. Для каждой формы поведения величина  $P$  достигает определенных значений. Подсчеты в Табл. 1 касаются восьми различных форм поведения. Начать надо с ранжирования величин  $P$ , начиная с наименьшего. Следующий шаг - подсчет  $a/n$ , или в данном случае  $0.05/8 = 0.00625$ . Это критерий для оценки наименьшего значения  $P$ , в данном случае для чесания,  $P$  меньше этого порога, поэтому нулевая гипотеза отвергается. На следующем этапе используется  $P < 0.05/7 = 0.00714$ , и снова нулевая гипотеза отвергается (зевание). Нулевую гипотезу отвергают также для  $P < 0.05/6 (0.0083)$  и  $P < 0.05/5 (0.01)$ , (агрессия и отдых, соответственно). Однако, в этом примере когда достигается  $P < 0.05/4 (0.0125)$ , наименьшее оставшееся значение  $P$  оказывается *выше* критического (локомоция,  $P = 0.023$ ). Это значит, что нулевую гипотезу для этого поведения нельзя отвергнуть, а также значит, что все оставшиеся значения  $P$  (кормежка, стереотипия и чистки) считаются не достоверными.

Таблица 1 Пример значений  $P$ , полученных при исследовании поведения *напр.* эффекта обогащения среды

Форма поведения	P	Ранг	Заключение
Чистка	0.4350	8	Нельзя отвергнуть нулевую гипотезу
Кормежка	0.0494	6	Нельзя отвергнуть нулевую гипотезу
Отдых	0.0098	4	$P < 0.01$ Нулевая гипотеза отвергается
Локомоция	0.0230	5	$P > 0.0125$ , Нельзя отвергнуть нулевую гипотезу
Агрессия	0.0082	3	$P < 0.0083$ , Нулевая гипотеза отвергается
Чесание	0.0002	1	$P < 0.00625$ , Нулевая гипотеза отвергается
Зевание	0.0063	2	$P < 0.00714$ , Нулевая гипотеза отвергается
Стереотипия	0.0818	7	Нельзя отвергнуть нулевую гипотезу

iii) Использование научных аргументов

Принято считать, что при неизбежном выборе между ошибками I и II рода, хуже допустить ошибку I рода, чем II-го. Однако для этого нет логических оснований, и многое

зависит от последствий тех и других ошибок для конкретного исследования (если тестируется гипотеза, что употребление определенного продукта вызывает впоследствии тяжелое заболевание, то какого рода ошибку вы предпочтете?).

Moran (2003) предпринял короткую, но жесткую атаку против использования поправки Бонферрони или других поправок для множественных тестов в экологических исследованиях. При этом ни Moran ни мы сами не предлагаем просто игнорировать опасность ошибок I рода. Скорее, излагая результаты, нужно указать абсолютное значение  $P$  и принять или отвергнуть отдельную нулевую гипотезу без оглядки на остальные тесты. В обсуждении, делая из своих результатов биологические выводы, вы в этом случае должны будете указать на возможность ошибки I рода. Надо постараться убедить читателя в том, что в основе ваших выводов не лежит ошибка I рода. Этого можно добиться с помощью логики, научного понимания вероятных механизмов изучаемого процесса, эффекта объема выборки, схемы эксперимента и приведения самой разной информации, проясняющей результаты. Если вы отвергаете нулевую гипотезу, то маловероятно, что это случилось в результате ошибки I рода если:

- результат можно воспроизвести в других исследованиях
- достоверность результата возрастает при последующих сравнениях
- результаты можно логично интерпретировать в свете понимания изучаемого

процесса.

Для примера, представьте, что вы ищете объяснений различий активности десяти содержащихся в зоопарке крупных кошек в разные дни. В течение трех месяцев вы ежедневно фиксируете долю времени активности каждого животного и значения тридцати переменных, описывающих погоду, условия содержания, поведение других животных в том же вольере, вокализации соседних животных и возможные воздействия посетителей. Предположим, что, проделав много статистических тестов, вы обнаружили, что влияние на активность оказывает лишь один фактор – количество посетителей в шляпах, останавливающихся у вольера, чем больше доля посетителей в шляпах – тем ниже активность кошек. Приходится решать является ли этот статистически достоверный результат отражением реальных закономерностей или следствием ошибки I рода. Ваша интуиция вероятно подсказывает, что это ошибка, поскольку сложно себе представить как то, что кошки подвержены непосредственному влиянию именно посетителей в шляпах, так и то, что существует некий фактор, одинаково воздействующий и на активность кошек и на стремление посетителей одеть шляпу. Именно так решат ваши редакторы и рецензенты если вы не представите убедительных контраргументов. Допустим, однако, вы искренне считаете, что эта корреляция отражает некий реальный эффект. Можно предположить, что погодные факторы, побуждающие людей носить шляпу, в то же время оказывают влияние на поведение кошек (дождь?). Это дает вам исходный пункт для защиты своего мнения в соответствии с пунктом 3 (выше). Для подтверждения этого предположения придется пересмотреть свои данные, проверяя гипотезу о влиянии погоды. Чтобы убедить читателя, что вы обнаружили реальный эффект придется объяснить как гипотетический механизм этого явления (погода, как фактор одновременно влияющий на одежду людей и на поведение кошек) увязывается с неудачей попыток выявить влияние погоды на активность кошек. Другой путь убедить читателя в реальности полученного эффекта – апелляция к повторяемости результатов (1 выше). Если вы повторите свое исследование (в том же самом или в другом зоопарке) и вновь обнаружите, что только шляпы на посетителях (и ни одна из других 29 переменных) связаны с поведением кошек, то очевидно полученный эффект реален. Вероятность случайного получения двух одинаковых результатов очень мала ( $< 0.0025$ , если исходный уровень  $\alpha$  был 0.05) и наиболее правдоподобное объяснение – действие реального фактора. Повторное исследование имеет то преимущество, что здесь проверяется лишь один фактор (важно

только наличие шляп), в отличие от попыток выудить хоть что-нибудь в первичном исследовании. Это дает возможность защиты по пункту (2). Возможен неотразимый аргумент, основанный на пункте (2) выше, вместо того, чтобы повторять исследование, экспериментально меняйте количество шляп на посетителях (и таким образом снимите возможность влияния, скажем, погоды). Если и в этом экспериментальном исследовании вы обнаружите эффект количества шляп на посетителях, то этот эффект несомненно реален.

#### iv) Лучшее планирование эксперимента

В предыдущем примере достижение научной истины требует больших дополнительных усилий, в действительности это вызвано крайне примитивным планированием исследования, когда одновременно тестируется множество нулевых гипотез, причем исследование не направлено на проверку ни одной из них. Мы рекомендуем не увеличивать время исследования, а потратить это время на подготовку к работе: чтение литературы, наблюдение за животными, беседы с киперами, сбор предварительных данных и размышления. В результате вы примете решение о том, какие факторы наиболее вероятно влияют на активность животных. Таким образом вы сократите устрашающий список из 30 переменных до 5 или менее. Теперь задумайтесь как наилучшим образом (возможно при помощи эксперимента) получить данные, которые действительно позволят принять или отвергнуть небольшое число предположений, и проведите соответствующее исследование. Может случиться, что вы выберете «неправильные» переменные и по истечении трехмесячного периода не сможете объяснить механизмы изменчивости суточной активности. Это не беда, поскольку вы собирали данные так, чтобы с высокой статистической достоверностью обнаружить реальные эффекты, то вы с уверенностью можете заключить, что несколько факторов (которые исходно казались наиболее значимыми) не оказывают влияния на активность ваших кошек. Это гораздо лучше, чем исследование, которое оставит вас в сомнениях относительно воздействия 30 различных переменных, т.к. вы будете лишены возможности проверить статистически эти эффекты. В качестве дополнительного преимущества такой схемы исследования вам придется выполнять значительно меньше статистических тестов, и поэтому вероятность ошибки I рода значительно снижается. Кроме того, такая схема исследования дает значительно большие возможности доказывать обоснованность ваших выводов соответственно трем, приведенным выше критериям.

#### 5.3.4 Рекомендации

Ничто не заменит четкого замысла и плана исследования. В идеале исследователь должен иметь ясное представление о проверяемых гипотезах и не нуждаться в 'ловле случайной рыбы'. Мы рекомендуем проводить узконаправленные исследования, для которых не нужны множественные тесты. Однако, иногда применение большого числа связанных статистических тестов бывает неизбежным и в этом случае традиционная рекомендация – использование последовательной поправки Бонферрони или одной из многочисленных альтернатив (см. Chandler 1995 и Neuhauser 2004). Однако ни одна из этих поправок не отменяет неизбежного выбора между ошибками I и II рода, поэтому мы не рекомендуем использовать поправки для множественных тестов, однако это не значит, что вы можете трусливо отказаться от защиты ваших выводов против обвинений в возможности ошибки I рода. Скорее мы советуем пытаться защищать даже сомнительные послышки посредством тщательно продуманной схемы исследования, биологических знаний и логики, а не с помощью статистики.

## 5.4 Параметрические и непараметрические тесты

*C.A. Caldwell*

### 5.4.1 Проблема

Параметрические статистические тесты часто имеют преимущества перед непараметрическими и иногда над тестами рандомизации (см. раздел 2). В зависимости от задач исследования мы иногда даже убеждаемся, что параметрическим тестам нет альтернативы (*напр.* для многих мультивариантных ситуаций, см. раздел 3). Мы можем, например, пытаться обнаружить взаимодействие переменных и в то же время отдельное действие каждой из них. Или мы можем исследовать относительное влияние многих факторов, например в межзопарковском исследовании. Мы можем также пытаться выделить из наших данных параметры, например на какую долю увеличивается агрессия с увеличением длины дня. Однако параметрические тесты предъявляют к данным некоторые требования. Соответственно мы должны быть уверены, что наши данные удовлетворяют (или нет) этим требованиям. Если не удовлетворяют, то необходимо знать, что мы все-таки можем делать (см. Hawkins, 2005 для выбора правильного теста).

### 5.4.2 Обычные ошибки

Самая обычная ошибка – выполнение параметрических тестов даже в том случае, когда нет уверенности, что ваши данные удовлетворяют требованиям теста. Проблема в том, что в таком случае мы не можем судить о достоверности полученных результатов. Однако, обычная альтернатива – просто предположить, что данные не отвечают требованиям параметрических тестов и поэтому отказаться от статистического анализа или использовать маломощные тесты, пренебрегая возможностью получить важные результаты. Это ужасная расточительность, которую нужно избегать любой ценой. Другая ошибка – пользоваться непараметрическими тестами, не понимая требований к данным в этом случае. Во многих случаях таких ошибок можно избежать, используя тесты рандомизации (см. раздел 2).

### 5.4.3 Допущения параметрических тестов

Главное (и характерное только для этих тестов) допущение параметрических тестов – нормальное распределение данных т.е. что очень маленькие и очень большие значения переменной встречаются редко, а большинство значений колеблется около среднего, среднее значение расположено точно в середине распределения, а распределение идеально симметрично. Однако не все переменные распределены нормально, а могут иметь значительный перекосяк, эксцесс или то и другое (Рис. 5.2). Перекосяк касается симметрии распределения, у таких переменных среднее значение не совпадает с центром распределения. Если больше правая часть, то говорят о позитивном перекосяке, а если больше левая часть – о негативном. Эксцесс касается вершины распределения. Распределение с ненормальным эксцессом может быть или слишком крутым (положительный эксцесс), или слишком плоским (отрицательный эксцесс). Еще одно допущение параметрических тестов – что выборки имеют одинаковую дисперсию, а данные хотя бы приблизительно ложатся на арифметическую шкалу.

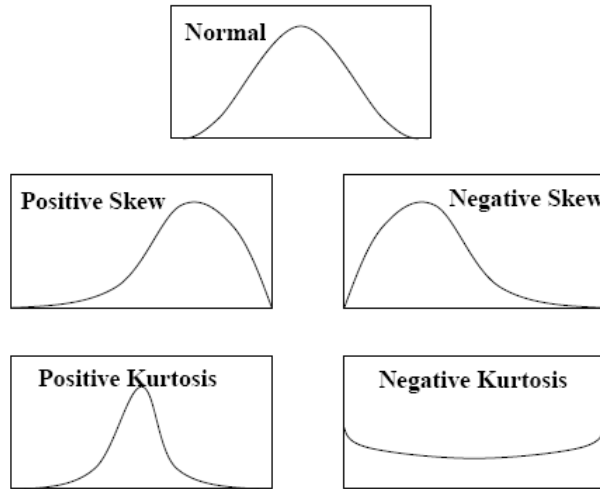


Рисунок 5.2. Отклонения от нормального распределения

#### 5.4.4 Проверка данных на нормальность

В большинстве статистических пакетов заложены возможности определения соответствия ваших данных требованиям выполняемых тестов (некоторые даже проводят такую проверку автоматически при запуске теста). SPSS дает значения перекоса и эксцесса и их стандартную ошибку в Исследуемой функции (Описательная статистика). Доступны и гистограммы так что вы можете визуальное контролировать свои данные (в Исследовании частот). SPSS и другие пакеты также выполняют тесты Shapiro-Wilk и Lilliefors на отклонения от нормальности. Для дополнительной информации смотри D'Agostino (1986), там приводится сравнение нескольких тестов проверки данных на отклонение от нормальности. Нормальное распределение имеет перекоса и эксцесса равные нулю. Мы пытаемся проверить отличаются ли достоверно от нуля эти характеристики наших данных. Это определяется с помощью Z-индекса. Наблюдаемое значение перекоса сравнивают с нулевым используя Z распределение, где:

$$Z = (S-0)/seS$$

где  $S$  = перекоса и  $seS$  = стандартная ошибка перекоса.

Наблюдаемое значение эксцесса сравнивают с нулевым, используя Z распределение,

где:

$$Z = \sqrt{[(K-0)/seK]}$$

где  $K$  = эксцесса, а  $seK$  = стандартная ошибка эксцесса

Значимость полученных значений перекоса и эксцесса можно проверить, используя таблицы Z-распределения. Для маленьких выборок Tabachnick и Fidell (2001) рекомендуют использовать общепринятый, хотя и консервативный уровень  $\alpha$  (0.01 или 0.001) определяя значимость перекоса и эксцесса ( $Z \geq \pm 2.33$  определяет  $P < 0.01$ ). Однако часто считают, что эти тесты не работают на малых выборках и автоматически применяют непараметрические тесты. Однако в случае больших выборок может быть важнее оценить распределение на глаз, чем судить о нем на основе Z-распределения. При больших выборках минимальное отклонение от нормального распределения может вызвать достоверные отклонения перекоса и эксцесса от нуля. Как отмечено выше, гистограммы распределения доступны в большинстве статистических пакетов, включая SPSS. Ожидаемое нормальное распределение более ощутимо при визуальном анализе данных, доступном в большинстве статистических программ. На этих графиках результаты ранжированы и отсортированы, подсчитаны параметры ожидаемого нормального распределения и проведено их сравнение с реальными параметрами. Если распределение нормально, то точки попадут на диагональ (из нижнего

левого в правый верхний угол). Любое отклонение от нормальности вызывает смещение точек от диагонали (смотри Q-Q графики в SPSS).

#### **5.4.5 Что делать, если данные не удовлетворяют требованиям параметрических тестов**

Планируя исследование можно предвидеть, что данные, которые вы собираетесь получить, не будут удовлетворять требованиям параметрических тестов или выборка окажется слишком мала для применения этих тестов. В этом случае лучше так планировать сбор материала, чтобы данные подходили для анализа тестами рандомизации (см. раздел 2) или G-тестами (см. раздел 4). Если это невозможно, а распределение ваших данных отличается от нормального, то есть методы, позволяющие приблизить распределение данных к нормальному. Многие из них одновременно снижают вариабельность данных. Обычные трансформации – извлечение квадратного корня, обращение величин ( $1/x$ ) и логарифмирование. Tabachnick и Fidell (2001) приводят таблицы, обозначающие приемлемые трансформации в зависимости от характера распределения. Sokal и Rohlf (1994) также дают полезную информацию о том, когда и как проводить трансформации. В зависимости от того, положителен или отрицателен перекокс и насколько он силен, различные трансформации более эффективно приближают распределение к нормальному. Разумеется после трансформации надо вновь проверить распределение, определив новые значения перекокса и эксцесса и рассмотрев результирующую гистограмму. Выбор наилучшего для конкретных данных способа может потребовать нескольких попыток трансформации и проверок, какой результат ближе всего к нормальному распределению. Если вы применили трансформацию, то надо решить какие данные прямые или трансформированные будут использованы для графического представления результатов. Обычно лучше использовать трансформированные данные, поскольку именно они подвергнутся статистическому анализу, а интересуют как правило не абсолютные, а относительные значения двух или более величин *напр.* средних каждой выборки. Если абсолютные значения все же важны, то на графиках отражаются нетрансформированные данные, что более понятно читателю. Однако стандартное отклонение или стандартная ошибка, вычисленные из нетрансформированных данных будут неверными для проведенных тестов и вычислить их истинные значения с помощью обратных трансформаций часто бывает очень трудно. В качестве компромисса можно отразить на графике трансформированные данные, но затем изменить обозначения делений оси так, чтобы они отражали нетрансформированные данные. Это позволит показать относительные различия между средними величинами, точную величину ошибки и даст читателю представление об абсолютных значениях средних. Важно, что какой бы способ графического представления результатов вы не использовали, должно быть абсолютно ясно что за данные вы демонстрируете и как.

#### **5.4.6 Лучший способ**

Прежде, чем применять параметрические тесты всегда проверяйте, соответствуют ли данные требованиям этих тестов. Если нет, и если при этом возможно трансформировать данные так, чтобы они стали нормально распределены, сделайте это прежде, чем продолжить тестирование. Если трансформировать данные так, чтобы они отвечали условиям теста, невозможно, а разумной альтернативы этому тесту нет (*напр.* для многомерных тестов см. раздел 3), то лучше продолжить тестирование чем выбросить свои данные в помойку! Многие параметрические тесты обладают большой мощностью т.е. заставят в нужных случаях отвергнуть нулевую гипотезу даже тогда, когда распределение данных не отвечает необходимым условиям. *Однако*, вы должны всегда иметь в виду какие условия не соблюдены и какие последствия это может иметь для ваших результатов. Наконец, если вы вернетесь к непараметрическим тестам, не забудьте, что хотя у этих тестов меньше

граничных требований, но такие требования есть и вы должны проверить, соответствуют ли им ваши данные (Siegal & Castellan, 1988).

## Литература

*S.Pankhurst*

- Afifi, A. A. & Clark, V. (1984). *Computer-aided Multivariate Analysis*. Van Nostrand Reinhold Co:New York, USA.
- Adams, D. C. & Anthony, C.D. (1996). Using randomization techniques to analyse behavioural data. *Animal Behaviour* 51: 733-738
- Altmann, J. (1974). Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour* 49: 227-267.
- Ary, D. & Suen, H K. (1986). Interval length required for unbiased frequency and duration estimates with partial, whole and momentary time sampling. *Midwestern Educational Researcher* 8: 17-24.
- Bart, J., Fligner, M.A. & Notz, W.I. (1998). *Sampling and Statistical Methods for Behavioural Ecologists*. Cambridge University Press.
- Berstein, I S. (1991). An empirical comparison of focal and ad libitum scoring with commentary on instantaneous scans, all occurrence and one-zero techniques. *Animal Behaviour* 42: 721-728.
- Box, G. & Jenkins, G. (1976). *Time Series Analysis, Forecasting and Control*. Holden-Day, Oakland, California, USA.
- Carlstead, K.J., Mellen, J. & Kleiman, D.G. (1999a). Black rhinoceros in US zoos: I Individual behaviour profiles and their relationships to breeding success. *Zoo Biology* 18: 17-34.
- Carlstead, K.J., Fraser, J., Bennett, C. & Kleiman, D.G. (1999b). Black rhinoceros (*Diceros bicornis*) in US zoos: II Behaviour, breeding success and mortality in relation to housing facilities. *Zoo Biology* 18: 35-52.
- Chandler C.R. (1995). Practical considerations in the use of simultaneous inferences for multiple tests. *Animal Behaviour* 49: 524-527.
- Chow, I. A. & Rosenblum, L. A. (1977). A statistical investigation of the time-sampling methods in studying primate behaviour. *Primates* 18: 555-563.
- Cohen, J. & Cohen, P. (1983). *Applied Multiple Regression/Correlation Analysis for the Behavioural Sciences* (2nd edition). Lawrence Erlbaum Associates: Hillsdail, New Jersey, USA.
- D'Agostino R.B. (1986). Tests for the normal distribution. In: *Goodness-of-fit Techniques*. R.B. D'Agostino & M.A. Stephens (eds.). Marcel Dekker, New York, pp 367-419.
- de Waal, F. B. M. & van Roosemalen, A. (1979). Reconciliation and consolation among chimpanzees. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 5: 55-66.
- Dunbar, R. I. M. (1976). Some aspects of research design and their implications in the observational study of behaviour. *Behaviour* 58: 78-98.
- Edgington, E.S. (1995). *Randomization Tests* (3rd edition). Marcel Dekker, New York and Basel.
- Engel, J. (1996). Choosing an appropriate sample interval for instantaneous sampling. *Behavioural Processes* 38: 11-17.
- Engel, J. (1997). Die Bedeutung von Junggesellengruppen für die Haltung von Saebelantilopen (*Oryx dammah*) in Zoologischen Gaerten. Doktorarbeit, Universitaet Erlangen-Nuernberg.
- Ewen, J.G., Cassey, P. & King, R.A.R. (2003). Assessment of the randomization test for binomial sex-ratio distributions in birds. *Auk* 120 (1): 62-68
- Fowler, J., Cohen, L. & Jarvis, P. (1999). *Practical Statistics for Field Biology* (2nd edition) John Wiley & Sons. – в этой книге особенно удачен раздел, посвященный различным типам G-тестов.
- Fisher, R.A. (1935). *The Design of Experiments*. Oliver & Boyd, Edinburgh.
- Garcia, L. (2004). Escaping the Bonferroni iron claw in ecological studies. *Oikos*, 105: 657-663.



- Hayes, A.F. (2000). Randomization tests and the equality of variance assumption when comparing group means. *Animal Behaviour* 59: 653-656
- Hawkins, D. (2005). *Biomeasurement: Understanding, Analysing and Communicating Data in the Biosciences*. Oxford University Press. (ISBN 0199265151)
- См. также:** [www.biomeasurement.net](http://www.biomeasurement.net) - это вебсайт, сопровождающий учебник.
- Kasuya, E. (2001). Mann-Whitney U test when variances are unequal. *Animal Behaviour* 61: 1247-1249
- Manly, B.F.J. (1995). Randomization tests to compare means with unequal variation. *Sankhyā: The Indian Journal of Statistics* 57: 200-222.
- Manly, B.F.J. (1997). *Randomization, Bootstrap and Monte Carlo Methods in Biology*. (2nd edition). Chapman & Hall, London and Weinheim.
- Martin, P. & Bateson, P. (1993). *Measuring Behaviour: An Introductory Guide*. (2nd edition). Cambridge University Press (ISBN 0521446147)
- Melfi, V.A. (2001). Identification and evaluation of the captive environmental factors that affect the behaviour of Sulawesi crested black macaques (*Macaca nigra*). PhD thesis. University of Dublin, Trinity College, Dublin 2.
- Melfi, V.A. & Marples, N. (2004). Identification of the environmental variables that affect captive Sulawesi crested black macaque (*Macaca nigra*) feeding behaviour. In: *Proceedings of the XVIIIth Congress of the International Primatological Society, 2001, Adelaide, Australia*.
- Melfi, V.A. & Feistner, A.T.C. (2002). A comparison of the activity budgets of wild and captive Sulawesi crested black macaques (*Macaca nigra*). *Animal Welfare* 11: 213-222.
- Mellen, J.D. (1991). Factors influencing reproductive success in small captive exotic felids (*Felis* spp.): A multiple regression analysis. *Zoo Biology* 10: 95-110.
- Mellen, J.D. (1993). A comparative analysis of scent-marking, social and reproductive behaviours in 20 species of small cats (*Felis*). *American Zoologist* 33: 151-166
- Mellen, J.D. (1994). Survey and inter-zoo studies used to address husbandry problems in some zoo vertebrates. *Zoo Biology* 13: 459-470.
- Moran, M.D. (2003). Arguments for rejecting the sequential Bonferroni in ecological studies. *Oikos* 100: 403-405
- Mundry, R. (1999). Testing related samples with missing values: a permutation approach. *Animal Behaviour* 58: 1143-1153
- Norusis, M. J. (1990). *SPSS/PC + Statistics 4.0*. SPSS Inc.: Chicago, USA.
- Neuhauser M. (2004). Testing whether any of the significant tests within a table are indeed significant. *Oikos* 106: 409-410.
- Onghena, P. & May, R.B. (1995). Pitfalls in computing and interpreting randomisation test p values: A commentary on Chen and Dunlap. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers* 27: 408-411.
- Peres-Neto, P.R. & Olden, J.D. (2001). Assessing the robustness of randomization tests: examples from behavioural studies. *Animal Behaviour* 61: 79-86
- Perkins, L (1992). Variables that influence the activity of captive orang-utans. *Zoo Biology* 11: 177-186.
- Pickering, S., Creighton, E. & Stevens-Wood, B. (1992). Flock size and breeding success in flamingos. *Zoo Biology* 11: 229-234.
- Powell, J., Martindale, B., Kulp, S., Martindale, A. & Bauman, R. (1977). Taking a closer look: time sampling and measurement of error. *Journal of Applied Behavior Analysis* 10: 325-332.
- Quera, V. (1990). A generalized technique to estimate frequency and duration in time sampling. *Behavioral Assessment* 12: 409-424.

- Rhine, R. J. & Flanigan, M. (1978). An empirical comparison of one-zero, focal-animal and instantaneous methods of sampling spontaneous primate social behaviour. *Primates* 19: 353-361.
- Rice W.R. (1989). Analysing tables of statistical tests. *Evolution* 43: 223-225.
- Ruxton, G.D. & Colegrave, N. (2003). *Experimental Design for the Life Sciences*. Oxford University Press (ISBN 0199252327).
- Shaffer, J. P. (1995). Multiple hypothesis testing. *Annual Review of Psychology* 46: 561-584.
- Shepherdson, D. J., Carlstead, K. C. & Wielebnowski, N. (2004). Cross-institutional assessment of stress responses in zoo animals using longitudinal monitoring of faecal corticoids and behaviour. *Animal Welfare* 13: S105-S113.
- Siegel, S. & Castellan, N.J. Jr. (1988). *Nonparametric Statistics for The Behavioral Sciences* (2<sup>nd</sup> edition). McGraw-Hill (ISBN 0070573573).
- Simpson, M. J. A. & Simpson, A. E. (1977). One-zero and scan methods for sampling animal behaviour. *Animal Behaviour* 25: 726-731.
- Smith, T. E. (2004). *Zoo Research Guidelines: Measuring stress*. London: BIAZA.
- Sokal, R.R. & Rohlf, W.H. (1994). *Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research*. (3rd edition) W. H. Freeman & Company (ISBN 0716724111).
- Spijkerman, R. P., Dieneske, H., van Hoof, J. & Jens, W. (1996). Differences in variability, interactivity and skills in social play of young chimpanzees living in peer groups and in a large family zoo group. *Behaviour* 133: 717-739.
- Sprinthall, R. (1987). *Basic Statistical Analysis*. Addison-Wesley, Reading, MA, USA.
- Stevens, W.L. (1939). Distribution of groups in a sequence of alternatives. *Annals of Eugenics* 9: 10-17.
- Suen, H. K. (1986). On the utility of a *post hoc* correction procedure for one-zero sampling duration estimates. *Primates* 24: 237-244.
- Tabachnick, B. G. & Fidell, L. S. (1996) *Using multivariate statistics* (3rd edition). New York: HarpersCollins College Publishers.
- Tabachnick, B. G. & Fidell, L. S. (2001). *Using Multivariate Statistics* (4th edition). Boston: Allyn & Bacon.
- Todman, J.B. & Dugard, P. (2001). *Single-Case and Small-n Experimental Designs. A Practical Guide to Randomisation Tests*. Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah and London. К этой книге прилагается полезный CD с примерами того, как спланировать и осуществить тесты рандомизации в Excel, SPSS и т.н.
- Tyler, S. 1979 Time-sampling: a matter of convention. *Animal Behaviour* 25: 801-810.
- Wielebnowski, N. C., Fletchall, N., Carlstead, K., Busso, J. M. & Brown, J. L. (2002). Noninvasive assessment of adrenal activity associated with husbandry and behavioral factors in the North American clouded leopard population. *Zoo Biology* 21 (1): 77-98.
- Wilson, S. (1982). Environmental influences on the activity of captive apes. *Zoo Biology* 1: 201-209.
- Wirtz, P. & Oldekop, G. (1991). Time budgets of Waterbuck (*Kobus ellipsiprymnus*) of different age, sex and social status. *Zeitschrift fuer Saeugetierkunde* 56: 48-58.

# Мониторинг стресса у зоопарковских животных

© BIAZA (Formerly The Federation of Zoological Gardens of Great Britain and Ireland)  
2004

*Smith, T. (2004) Zoo Research Guidelines: Monitoring Stress in Zoo Animals.* BIAZA,  
London

First published 2004

ISSN 1479-5647

**Tessa Smith**

School of Biological Sciences, University College Chester, Parkgate Road, Chester CH1 4BJ

**Благодарим за важные замечания:**

**Stephanie Wehnelt, Amy Plowman, Nick Davies, Cara McCusker**

*Перевод: С.В. Попов*

Научные исследования – это основа для понимания того, что такое зоопарковские животные и как они взаимодействуют со своим окружением. Благодаря серьезным исследованиям мы можем оценить эффективность методов ухода за животными, улучшить условия их содержания, повысить благополучие особей, добиться размножения и т.п. Зоопарковские исследования могут также внести вклад в сохранение животных *in situ*. Возможность беспрепятственно наблюдать за животными в зоопарке может быть использована для профессиональной подготовки специалистов, занимающихся полевыми исследованиями. Кроме того, зоопарки предоставляют молодым ученым и другим заинтересованным лицам прекрасные возможности для освоения различных методов исследований.

Все руководства этой серии необходимо читать в связи с первым выпуском: «Планирование исследования и наблюдения за поведением». Руководство по планированию призвано прояснить последовательность действий, которые обычно требуются для разработки и осуществления исследовательского проекта в зоопарке. В нем обсуждаются трудности, характерные именно для зоопарковских исследовательских проектов и нередко отличающиеся от проблем, с которыми сталкиваются специалисты, проводящие лабораторные или полевые исследования.

В настоящем руководстве по неинвазивному мониторингу стресса у зоопарковских животных основное внимание уделено измерению уровней глюкокортикоидов и использованию полученных результатов для оценки стресса у зоопарковских животных. Руководство предназначено для специалистов, которые сравнительно недавно начали заниматься соответствующими исследованиями. Оно разделено на десять разделов: 1. Определение термина «стресс»; 2. Важность мониторинга стресса; 3. Выбор индикаторов для измерения уровня стресса; 4. Смещение переменных; 5. Формулировка цели исследования; 6. Типы образцов; 7. Сбор образцов; 8. Анализ; 9. Интерпретация результатов; и 10. Дополнительная литература. Рекомендуется перед началом работы изучить все разделы.

## 1. Определение термина «стресс»

Четкого определения термина «стресс» не существует. Удовлетворительное определение дано Мобергом (Moberg, 2000): «...биологическая реакция, возникающая в

ситуации, когда животное ощущает опасность, угрожающую его гомеостазу”. Заметим, что упомянутая Мобергом угроза может носить как физический, так и психологический характер.

## **2. Важность мониторинга стресса у зоопарковских животных**

Зоопарки обязаны заниматься деятельностью по сохранению видов (разведение животных/поддержка проектов сохранения видов *in situ*/реинтродукция и т.п.), просвещением и научными исследованиями. Этические соображения требуют, чтобы животные в зоопарке находились в хорошем состоянии и испытывали минимальные стрессы. Это необходимо для того, чтобы обеспечить их успешное размножение и большую продолжительность жизни, а также сохранение важнейших типов естественного поведения в последующих поколениях. Особенно важно свести к минимуму влияние стрессовых факторов на животных, участвующих в программах размножения видов, поскольку высокий уровень стресса нередко подавляет репродуктивные функции. Более того, стрессированные животные не проявляют в полной мере видоспецифического поведения, поэтому снижается их ценность для образовательных программ и уменьшается достоверность научных результатов, полученных на таких животных.

## **3. Выбор индикаторов для измерения уровня стресса**

Воздействие физического или психологического стрессового фактора вызывает острые и хронические физиологические изменения, многие из которых можно использовать как индикаторы стресса. Пять компонентов ответа на стрессовое воздействие, обычно используемых для оценки уровня стресса, включают следующее:

- Параметры иммунной функции (напр., снижение числа Т- и В-лимфоцитов);
- Сердечно-сосудистая реакция (напр., частота сердечных сокращений, давление);
- Дарвиновская приспособленность (напр., репродуктивная эффективность, продолжительность жизни);
- Параметры эндокринной системы (напр., концентрация адреналина или кортизола);
- Поведение (напр., частота почесываний).

Выбор методов измерения уровня стресса определяется видом животных, целями исследования, бюджетом, количеством доступного времени и рабочей силы, а также практическими ограничениями. Поскольку реакция на стрессовые факторы отличается у разных индивидов и в разных ситуациях, рекомендуется использовать для оценки стресса более чем один индикатор. Два наиболее часто используемых в зоопарках индикатора это поведение и количественные показатели уровня глюкокортикоидов (обычно кортизола). Поскольку одно из главных физиологических изменений в ответ на действие стрессового фактора – рост активности гипоталамо-гипофизарной системы и соответствующее повышение степени высвобождения глюкокортикоидов, концентрация глюкокортикоидов может быть адекватным показателем оценки стресса. В данном руководстве особое внимание уделяется использованию для оценки стресса глюкокортикоидов, причем чаще всего – кортизола.

## **4. Смещение переменных**

Помимо участия в стресс-реакции, гипоталамо-гипофизарная система играет важную роль в различных физиологических процессах, поэтому на уровень кортизола влияют, кроме стресса, многие переменные, включая видовую принадлежность, популяционные процессы, генетические особенности, индивидуальный темперамент, социальный статус, репродуктивный статус, историю развития, возраст, состояние здоровья, социальное окружение, социальную поддержку, сезон, погодные условия и время дня. Чувствительность

кортизола ко всем этим взаимодействующим переменным – важное условие, которое необходимо учитывать при планировании исследования (см. ниже).

## **5. Формулировка цели исследования**

Из-за отсутствия общепринятых определений терминов «стресс» и «благополучие» мы лишены оснований, на которые можно было бы опереться, формулируя цели и гипотезы, касающиеся оценок стресса и благополучия. Возникает риск, что исследование в данной области окажется туманным и нечетким. В связи с этим мы советуем приложить все усилия к тому, чтобы четко сформулировать цели и ожидаемые результаты вашей конкретной работы. Прежде, чем планировать исследование, ознакомьтесь с разделом «Планирование исследований и наблюдения за поведением» публикации «Руководством по научным исследованиям в зоопарках». Этот раздел предлагает блестящий обзор принципов планирования исследовательской работы. Однако, в тех случаях, когда в качестве показателя стресса используется уровень кортизола, нужно обратить особое внимание на представленные ниже аспекты планирования работы.

### **5.1. Вопросы индивидуальных различий**

В связи со значительными индивидуальными различиями по уровню кортизола, рекомендуется следующее:

- Использовать расширенный контрольный (или фоновый) период, который охватит предполагаемые изменения гормонального фона и условий содержания (например, если изучаются циклирующие самки, то контрольный период должен включать в себя полный репродуктивный цикл). Рекомендуется схема эксперимента по формату «А-В-А»;
- Максимально увеличить число объектов исследования;
- Использовать методы повторных измерений;
- Сравнить полученные значения уровней кортизола с фоновыми значениями для тех же животных (т.е. анализировать пропорциональные (относительные) изменения)
- Сводить к минимуму или, по крайней мере, учитывать потенциальные затруднения, подобные тем, что перечислены в разделе 4. Например, используйте животных одного пола и сходного возраста, одинаковые условия содержания и социальное окружение;
- Избегать использования животных, которые недавно (в течение месяца) испытывали сильные социальные или физические воздействия;
- Стараться сводить к минимуму стресс от взятия образцов:
  - a) по возможности используйте неинвазивную технику сбора;
  - b) собирайте образцы от «не напуганных» животных в их естественном окружении и социальной группе (избегая отсаживания);
  - c) старайтесь сделать процедуру взятия образцов максимально предсказуемой для животного (участие одних и тех же людей, применение стандартной техники сбора образцов).

### **5.2. Частота и выбор времени взятия проб**

Собирайте образцы ежедневно в одно и то же время. Лучше всего собирать «утренние» образцы по следующим причинам:

- a) в это время выше вероятность получить образцы, поскольку у многих животных мочеиспускание и дефекация происходят после сна;
- b) благодаря тому, что указано в пункте а), расширяются возможности для специальной дрессировки, облегчающей рутинную процедуру взятия проб;
- c) «утренний» образец содержит относительно большое количество кортизола, скопившееся за ночь, что облегчает проведение анализа;

- d) сводится к минимуму вероятность того, что животное в этот день уже было подвержено какому-либо стрессу.

В некоторых случаях воздействие острого или хронического стресса может изменить не концентрацию гормона в «утреннем» образце, а циркадный ритм выделения кортизола, поэтому рекомендуется собирать образцы в течение дня (в идеале – каждые 1-2 часа), особенно, если исследуется эффект острого стресса.

## **6. Типы образцов**

Природа образцов зависит от критериев, изложенных в разделе 5 и таблице 1.

Кроме того, следует принять во внимание следующие обстоятельства:

- a) риск для животного и для исследователя, связанный со процессом сбора образцов (очевидно, что собирать пробы слюны у льва более рискованно, чем у овцы)
- b) дизайн клетки (облегчает ли конструкция клетки сбор образцов? Например, наличие поднятых над полом перегородов облегчает сбор мочи и фекалий, если животные пользуются этими перегородами.);
- c) ежедневный уход (сможете ли вы получить доступ к животному для взятия образцов тогда, когда вам это надо?).

### **6.1. Инвазивные и неинвазивные методы взятия образцов**

Большинство зоопарков не допускает применения инвазивных методов в исследовательских целях. Кроме того, образцы, собранные неинвазивными методами – такие как моча, слюна и фекалии – имеют преимущества перед образцами крови по следующим причинам:

- a) этические: минимизация боли и дискомфорта;
- b) процедуры, связанные со взятием крови, часто сами по себе повышают гипоталамо-гипофизарную активность и, таким образом, маскируют или искажают изменения, вызванные экспериментальным воздействием (отлов, фиксация, отделение от социальных партнеров);
- c) образцы можно брать чаще;
- d) не требуется получения специальной лицензии;
- e) образцы может собирать неспециалист;
- f) неинвазивные методы требуют сравнительно меньших усилий для подготовки персонала (киперов).

Трудности, связанные с использованием неинвазивных методов, включают в себя:

- a) отсутствие возможности прямого измерения концентрации глюкокортикоидов в крови;
- b) не исследователь, а животное определяет момент взятия образцов (впрочем, обратите внимание на табл. 1.);
- c) имеется временной зазор между выбросом кортизола в кровь и последующим выводом его с продуктами жизнедеятельности;

Дополнительные плюсы и минусы, связанные с применением инвазивной или неинвазивной (моча, фекалии и слюна) техники, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Тип образца	Достоинства	Недостатки
<b>Моча</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• У большинства животных мочеиспускание наблюдается после пробуждения, что облегчает сбор образцов и создает возможности для специальной дрессировки</li> <li>• Мочу легко разводить в точных пропорциях</li> <li>• Большое количество</li> <li>• Стерильность (минимальный риск для здоровья)</li> <li>• Некоторые животные используют мочу для запахового маркирования, благодаря чему повышается частота мочеиспусканий и количество мочи</li> <li>• Обычно можно собирать довольно часто (например, каждый час)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Может впитаться в субстрат</li> <li>• Трудно собирать в полевых условиях</li> </ul>
<b>Фекалии</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Большое количество</li> <li>• Некоторые животные используют фекалии для запахового маркирования, из-за этого повышается частота дефекаций и количество фекалий</li> <li>• Обеспечивается возможность получения интегральной оценки стресса за определенный период (образцы малочувствительны к действию сиюминутных стрессоров)</li> <li>• Можно собирать в полевых условиях</li> <li>• Можно определять индивидуальную принадлежность, используя специальные пищевые добавки</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Трудно выровнять образцы по консистенции и содержанию влаги</li> <li>• Сложный состав образцов затрудняет анализ</li> <li>• Гормональные изменения проявляются с большой временной отсрочкой</li> <li>• Нечувствительны к сиюминутному уровню стресса</li> <li>• Требуется длительная и дорогая экстракция</li> <li>• Экстракт для анализа может быть окрашен, что затрудняет спектральный анализ</li> </ul>
<b>Слюна</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Минимальный временной зазор</li> <li>• Не требуется разведения</li> <li>• Хороший показатель биологически активного «свободного» кортизола в плазме</li> <li>• Хороший способ измерять острый стресс, если образцы берут вскоре после воздействия стрессора</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Содержание гормонов может быть очень низким</li> <li>• Работу затрудняет вязкая консистенция слюны</li> <li>• Трудно выровнять образцы по консистенции</li> <li>• Сильно зависит от ситуации, поэтому требуется строгое выравнивание по консистенции, если оценивают показатель для всего дня</li> </ul>

## 7. Взятие образцов

Имеются следующие общие положения, касающиеся взятия любых типов образцов.

- Прежде чем начать сбор образцов, необходимо получить согласие всех ответственных сотрудников и выслушать их рекомендации и комментарии по следующим вопросам: типы образцов, протокол взятия образцов и частота взятия образцов. Следует проконсультироваться с научными сотрудниками, ветеринарным персоналом, киперами и ответственным представителем администрации. Это не исчерпывающий список, и исследователь должен быть внимателен к персоналу зоопарка и в любом случае действовать через зоопарковского координатора по исследованиям.
- Необходимо свести к минимуму загрязнение образцов, предварительно очищая любой субстрат, который предполагается использовать.

- Рекомендуется сопровождать каждый образец следующей информацией (если она доступна и желательна для целей исследования):
  - а) дата;
  - б) время помещения образца на хранение;
  - в) время взятия образца;
  - г) идентификационные данные животного;
  - д) любая доступная информация о социальных или физических воздействиях, которые могли повлиять на уровни гормонов;
  - е) общие комментарии об условиях сбора образца, такие, как возможные загрязнения кормом и т.п.
- Рекомендуется помещать все собранные образцы на лед, а затем замораживать по меньшей мере при  $-20^{\circ}\text{C}$ , причем процесс замораживания должен начаться не позже чем через два часа после сбора образцов (пробы плазмы крови могут потребовать заморозки при  $-70^{\circ}\text{C}$ ).
- Для облегчения сбора образцов иногда применяется специальная дрессировка животных, но на это требуется разрешение ответственных лиц в зоопарке. К факторам, которые могут определять целесообразность применения дрессировок, относятся стратегия работы с коллекцией животных, виды животных, социальное окружение, конструкция вольеры и рацион.

### **7.1. Дрессировка животных для сбора образцов**

Преимущества и проблемы, связанные с дрессировкой животных для облегчения процесса взятия образцов, представлены ниже:

- Преимущества:
  - а) снижает стресс животного, связанный со сбором образцов;
  - б) повышает возможную частоту сбора образцов;
  - в) расширяет возможности для сбора образцов «по первому требованию»;
  - г) обеспечивает когнитивную стимуляцию;
  - д) усиливает позитивные взаимодействия между животным и исследователем.
- Проблемы:
  - а) изменяет естественное поведение животного и может влиять на социальные связи в группе;
  - б) стимулирует физиологические процессы в «неестественное время»;
  - в) создает условия для возникновения конфликтов в социальной группе, в которой может начаться конкуренция за потенциальное поощрение;
  - г) возможен негативный эффект после прекращения дрессировок.

### **7.2. Важные замечания применительно к конкретным способам взятия образцов**

Все, что говорилось выше, относится к образцам любого типа. Рекомендуется ознакомиться с литературой по взятию и обработке образцов, поскольку для различных видов животных методы могут различаться. Рекомендации, специфические для отдельных типов образцов, представлены ниже.

**Кровь** (Пожалуйста, имейте в виду, что *(в Великобритании С.П.)* для взятия крови необходима лицензия.)

- а) Перед замораживанием отделите плазму центрифугированием и замораживайте её как можно скорее (не позже чем через нескольких часов).
- б) Выбор способов взятия образцов, сводящих к минимуму стресс при взятии крови, определяется многими факторами, включая вид животного, условия содержания и индивидуальные особенности. Некоторые общие способы снижения стресса приводятся ниже:



- обсудите вопрос взятия проб с ветеринаром;
- заранее познакомьте животное с оборудованием для взятия образцов и с людьми, которые будут их брать;
- пробы должны брать только хорошо подготовленные и опытные сотрудники;
- избегайте протяженных транспортировок животных к месту взятия проб;
- после взятия проб дайте животному положительное подкрепление.

### **Моча**

Рекомендуется центрифугировать все пробы (около 600 оборотов в минуту в стандартной микроцентрифуге для пробирок Эппендорфа емкостью 1,2мл, 2 минуты), чтобы отделить включения и клетки.

### **Фекалии**

- a) При работе с фекалиями необходимо соблюдать осторожность, поскольку в них могут присутствовать вредные и опасные микроорганизмы;
- b) Прежде чем выделить порцию для экстракции гормонов, как следует смешайте все фекалии, поскольку содержание гормона в отдельных болюсах может существенно варьировать;
- c) Фекалии можно продолжительное время (недели) хранить в спирте, если нет возможности их заморозить.

### **Слюна**

Рекомендуется:

- a) Прежде чем брать образцы слюны, промыть животному рот, чтобы свести к минимуму возможные загрязнения;
- b) Центрифугировать образцы, прежде чем их использовать (около 600 оборотов в минуту, 2 минуты, как описано выше) для того, чтобы отделить твердые частицы и гомогенизировать образец.

## **8. Анализ**

- Некоторые образцы, такие как фекалии, требуют специальной обработки или экстракции для выделения гормонов в пригодном для анализа виде. Настоятельно рекомендуем ознакомиться с литературой по этим процедурам, поскольку они существенно различаются для разных видов.
- Избегайте повторных циклов замораживания/размораживания образцов.
- Разделяйте большие образцы на кратное количество порций, пригодных для анализа.
- Существует два метода анализа образцов, которые описаны в таблице 2 (радиоиммунный и иммуноферментный). Важно, чтобы процедура анализа иммунологически и биологически подходила для вида животных, с которым вы работаете.
  - a) Иммунологическое соответствие зависит от проявляемой специфичности, соответствия, точности и чувствительности (смотри Diamondus and Christopoulos, 1996). Специфичность определяется как степень свободы применяемого анализа от сопутствующих влияний посторонних факторов. Её определяют, оценивая сходство кривых значений концентрации гормона, полученных в серии последовательных разведений анализируемого и стандартного растворов (т.н. «параллелизм»). Соответствие отражает количественную точность анализа. Обычно оценивают степень искажений, которые появляются после добавления тестируемого раствора к пробам со стандартными разведениями гормона (оценки соответствия обычно повторяют для высоких, средних и низких концентраций). Точность показывает, до какой степени согласуются многочисленные измерения одной и той же пробы как в пределах одного анализа, так и при сравнении результатов разных анализов (обычно обозначается как коэффициент

вариации). Чувствительность метода – это минимальное количество гормона, которое может быть обнаружено при анализе.

б) Биологическое соответствие определяется тем, отражает ли анализ биологически значимые изменения уровня гормона (например, предсказуемое повышение уровня кортизола в ответ на действие психологического или физического стрессового фактора).

Достоинства и недостатки двух типов анализа гормонов сведены в таблицу 2

## 9. Интерпретация результатов

Поскольку активация гипоталамо-гипофизарной системы при действии стрессора является адаптивным признаком, возникшим в ходе эволюции, можно предположить, что гормональный ответ окажется предсказуемым. Однако, гипоталамо-гипофизарная активность подвержена воздействию огромного количества психологических и физических факторов, поэтому сложно предсказать реальный характер изменений уровня кортизола в ответ на действие стрессора. Прогнозируя изменения, вызванные стрессом, а затем интерпретируя наблюдаемые изменения уровня кортизола, следует иметь в виду факторы, которые могут влиять на эти показатели, такие как репродуктивный статус, возраст, история жизни, текущее поведение и т.п.

Вообще говоря, воздействие стрессора может вызывать один из четырех ответов:

а) повышение уровня кортизола (абсолютное или относительное);

б) снижение уровня кортизола (абсолютное или относительное);

с) отсутствие изменений уровня кортизола

д) изменения реактивности гипоталамо-гипофизарной системы при воздействии последовательных стрессоров

Для проведения статистического анализа может потребоваться трансформация данных о концентрациях гормонов, что позволит снизить гетерогенность.

Таблица 2.

Тип анализа	Достоинства	Недостатки
<b>Радиоиммунный</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Возможность сразу анализировать много образцов (более 200)</li> <li>• Обнаруживает минимальные количества гормона</li> <li>• Высокая точность (согласованность результатов разных анализов).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Требуются радиоактивные реактивы, следовательно:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Необходима специальная лицензия</li> <li>- Требуется постоянный административно-бюрократический контроль</li> <li>- Требуется продолжительный мониторинг помещений и персонала</li> <li>- Существует вредный эффект облучения</li> <li>- Радиоактивные отходы требуют специальной утилизации</li> </ul> </li> <li>• Анализ включает много продолжительных процедур</li> <li>• Требуется значительного лабораторного пространства</li> </ul>
<b>Иммуноферментный</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Минимальный риск для здоровья</li> <li>• Остатки реактивов и отработанные вещества безвредны и безопасно утилизируются</li> <li>• Быстрый в исполнении</li> <li>• Компактное оборудование, требующее минимального пространства</li> <li>• Достаточно небольшого количества вещества</li> <li>• Обнаруживает минимальные количества гормона</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Низкая точность (согласованность результатов разных анализов).</li> </ul>

## 10. **Дополнительная литература**

Приведенные ниже статьи разделены на 7 подразделов, в зависимости от характера образцов, с которыми велась работа.

### **Общая**

- Abbott, DH, Keverne, EB, Bercovitch, FB, Shively, CA, Medoza, SP, Saltzman W, Snowdon, CT, Ziegler, TE, Banjevic, M, Garland, T, Sapolsky, RM (2003) Are subordinates always stressed? A comparative analysis of rank differences in cortisol levels among primates. *Hormones and Behavior* 43: 67-82.
- Diamondus ED, Christopoulos TK (1996) *Immunoassay*. London: Academic Press Limited, Inc.
- Moberg GP (2000) Biological response to stress: Implications for animal welfare. In: Moberg GP, Mench JA, Editors. *The Biology of Animal Stress: Basic Implications for Animal Welfare*. New York: CABI publishing. p 1-22.
- Mostl E, Palme R (2002) Hormones as indicators of stress. *Domestic Animal Endocrinology* 23: 67-74 Special issue.
- Reimer TJ, Lamb SV (1991) Radioimmunoassay of hormones in laboratory animals for diagnostics and research. *Laboratory Animals* 20: 32-38.
- Rivier C, Rivest, S (1991) Effect of stress on the activity of the hypothalamic pituitary gonadal axis – peripheral and central mechanisms. *Biology of Reproduction* 45: 523-532.
- Whitten PL, Brockman DK, Stavisky RC. (1998) Recent advances in non-invasive techniques to monitor hormone behaviour interaction. *Yearbook of Physical Anthropology* 41: 1-23.

### **Моча**

- Bahr NI, Palme R, Mohle U, Hodges JK, Heistermann M (2000) Comparative aspects of the metabolism and excretion of cortisol in three individual nonhuman primates. *General and Comparative Endocrinology* 117: 427-438.
- Chandler KJ, Dixon RM (2002) Urinary cortisol : creatinine ratios in healthy horses and horses with hyperadrenocorticism and non-adrenal disease. *Veterinary Record* 150: 773-776.
- Crockett CM, Shimoji M, Bowden DM (2000) Behavior, appetite and urinary cortisol responses by adult female pigtailed macaques to cage size, cage level, room change and ketamine sedation. *American Journal of Primatology* 52: 63-80.
- Czekala NM, Lance VA, Sutherland-Smith M (1994) Diurnal urinary corticoid excretion in the human and gorilla. *American Journal of Primatology* 34: 29-43.
- Harri M, Mononen J, Ahola L, Plyusnina I, Rekila T (2003) Behavioural and physiological differences between silver foxes selected and not selected for domestic behaviour. *Animal Welfare* 12: 305-314.
- Pol F, Courboulay V, Cotte JP, Martrenchar A, Hay M, Mormede P (2002) Urinary cortisol as an additional tool to assess the welfare of pregnant sows kept in two types of housing. *Veterinary Research* 33: 13-22.
- Smith TE, French JA (1997) Psychosocial stress and urinary cortisol excretion in marmoset monkeys (*Callithrix kuhli*). *Physiology and Behavior* 62: 225-232.
- Smith TE, French JA (1997) Social and reproductive conditions modulate urinary cortisol excretion in black tufted-ear marmosets (*Callithrix kuhli*). *American Journal of Primatology* 42: 253-267.
- Smith TE, McGreer-Whitworth B, French JA (1998) Close proximity of the heterosexual partner reduces the physiological and behavioral consequences of novelcage housing in black tufted-ear marmosets (*Callithrix kuhli*). *Hormones and Behavior* 34: 211-222.

- Stoinski TS, Czekala N, Lukas KE, Maple TL (2002) Urinary androgen and corticoid levels in captive, male western lowland gorillas (*Gorilla g. gorilla*): Age- and social group-related differences. *American Journal of Primatology* 56: 73-87.
- Ziegler TE, Scheffler G, Snowdon CT (1995) The relationship of cortisol levels to social environment and reproductive functioning in female cotton-top tamarins, *Saguinus oedipus*. *Hormones and Behavior* 29: 407-424.
- Zimmer C, Reusch CE (2003) Urinary cortisol/creatinine ratio (UCC) in healthy cats. *Schweizer Archiv fur Tierheilkunde* 145: 323-328.

### Фекалии

- Boinski S, Swing SP, Gross TS, Davis JK (1999) Environmental enrichment of brown capuchins (*Cebus apella*): Behavioral and plasma and fecal cortisol measures of effectiveness. *American Journal of Primatology* 48: 49-68.
- Dehnhard M, Clauss M, Lechner-Doll M, Meyer HHD, Palme R (2001) Noninvasive monitoring of adrenocortical activity in roe deer (*Capreolus capreolus*) by measurement of fecal cortisol metabolites. *General and Comparative Endocrinology* 123: 111-120.
- Dehnhard M, Schreer A, Krone O, Jewgenow K, Krause M, Grossmann R (2003) Measurement of plasma corticosterone and fecal glucocorticoid metabolites in the chicken (*Gallus domesticus*), the great cormorant (*Phalacrocorax carbo*), and the goshawk (*Accipiter gentilis*). *General and Comparative Endocrinology* 131: 345-352.
- Foley CAH, Papageorge S, Wasser SK (2001) Noninvasive stress and reproductive measures of social and ecological pressures in free-ranging African elephants. *Conservation Biology* 15: 1134-1142.
- Goymann W, Mostl E, Van't Hof T, East ML, Hofer H (1999) Noninvasive fecal monitoring of glucocorticoids in spotted hyenas, *Crocuta crocuta*. *General and Comparative Endocrinology* 114: 340-348.
- Huber S, Palme R, Zenker W, Mostl E (2003) Non-invasive monitoring of the adrenocortical response in red deer. *Journal of Wildlife Management* 67: 258-266.
- Huber S, Palme R, Arnold W (2003) Effects of season, sex, and sample collection on concentrations of fecal cortisol metabolites in red deer (*Cervus elaphus*). *General and Comparative Endocrinology* 130: 48-54.
- Jurke MH, Czekala NM, Lindburg DG, Millard SE (1997) Fecal corticoid metabolite measurement in the cheetah (*Acinonyx jubatus*). *Zoo Biology* 16: 133-147.
- Khan MZ, Altmann J, Isani SS, Yu J (2002) A matter of time: evaluating the storage of fecal samples for steroid analysis. *General and Comparative Endocrinology* 128: 57-64.
- Mostl E, Maggs JL, Schrotter G, Besenfelder U, Palme R (2002) Measurement of cortisol metabolites in faeces of ruminants. *Veterinary Research Communications* 26: 127-139.
- Palme R, Robia C, Messmann S, Hofer J, Mostl E (1999) Measurement of faecal cortisol metabolites in ruminants: a non-invasive parameter of adrenocortical function. *Wiener Tierarztliche Monatsschrift* 86: 237-241.
- von der Ohe CG, Servheen C (2002) Measuring stress in mammals using fecal glucocorticoids: opportunities and challenges. *Wildlife Society Bulletin* 30: 1215-1225.
- Pihl L, Hau J (2003) Faecal corticosterone and immunoglobulin A in young adult rats. *Laboratory Animal-UK* 37: 166-171.
- Raminelli JLF, de Sousa MBC, Cunha MS, Barbosa MFV (2001) Morning and afternoon patterns of fecal cortisol excretion among reproductive and non-reproductive male and female common marmosets, *Callithrix jacchus*. *Biological Rhythm Research* 32: 159-167.

- Schatz S, Palme R (2001) Measurement of faecal cortisol metabolites in cats and dogs: A non-invasive method for evaluating adrenocortical function. *Veterinary Research Communications* 25: 271-287.
- Schmid J, Heistermann M, Ganslosser U, Hodges JK (2001) Introduction of foreign female Asian elephants (*Elephas maximus*) into an existing group: Behavioural reactions and changes in cortisol levels. *Animal Welfare* 10: 357-372.
- Stead SK, Meltzer DGA, Palme R (2000) The measurement of glucocorticoid concentrations in the serum and faeces of captive African elephants (*Loxodonta africana*) after ACTH stimulation. *Journal of the South African Veterinary Association* 71: 192-196.
- Terio KA, Citino SB, Brown JL (1999) Fecal cortisol metabolite analysis for noninvasive monitoring of adrenocortical function in the cheetah (*Acinonyx jubatus*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 30: 484-491.
- Turner JW, Tolson P, Hamad N (2002) Remote assessment of stress in white rhinoceros (*Ceratotherium simum*) and black rhinoceros (*Diceros bicornis*) by measurement of adrenal steroids in feces. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 33: 214-221.
- Wasser SK, Hunt KE, Brown JL, Cooper K, Crockett CM, Bechert U, Millspaugh JJ, Larson S, Monfort SL (2000) A generalized fecal glucocorticoid assay for use in a diverse array of nondomestic mammalian and avian species. *General and Comparative Endocrinology* 120: 260-275.
- Whitten PL, Stavisky R, Aureli F, Russell E (1998) Response of fecal cortisol to stress in captive chimpanzees (*Pan troglodytes*). *American Journal of Primatology* 44: 57-69.
- Wielebnowski NC, Ziegler K, Wildt DE, Lukas J, Brown JL (2002) Impact of social management on reproductive, adrenal and behavioural activity in the cheetah (*Acinonyx jubatus*). *Animal Conservation* 5: 291-301.

### **Моча и фекалии**

- Graham LH, Brown JL (1996) Cortisol metabolism in the domestic cat and implications for non-invasive monitoring of adrenocortical function in endangered felids. *Zoo Biology* 15: 71-82.
- Miller MW, Hobbs NT, Sousa MC (1991) Detecting stress responses in rocky-mountain bighorn sheep (*Ovis canadensis canadensis*) - reliability of cortisol concentrations in urine and feces. *Canadian Journal of Zoology* 69: 15-24.
- Teskey-Gerstl A, Bamberg E, Steineck T, Palme R (2000) Excretion of corticosteroids in urine and faeces of hares (*Lepus europaeus*) *Journal of Comparative Physiology B* 170: 163-168.
- Touma C, Sachser N, Mostl E, Palme R (2003) Effects of sex and time of day on metabolism and excretion of corticosterone in urine and feces of mice. *General and Comparative Endocrinology* 130: 267-278.

### **Слюна**

- Cook NJ, Schaefer AL, Lepage P, Jones SM (1997) Radioimmunoassay for cortisol in pig saliva and serum. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 45: 395-399.
- Cook NJ, Schaefer AL, Lepage P, Jones SM (1996) Salivary vs serum cortisol for the assessment of adrenal activity in swine. *Canadian Journal of Animal Science* 76: 329-335.
- Fenske M (1997) The use of salivary cortisol measurements for the non-invasive assessment of adrenal cortical function in guinea pigs. *Experimental and Clinical Endocrinology Diab* 105: 163-168.
- de Jong IC, Prella IT, van de Burgwal JA, Lambooij E, Korte SM, Blokhuis HJ, Koolhaas JM (2000) Effects of rearing conditions on behavioural and physiological responses of pigs to preslaughter handling and mixing at transport. *Canadian Journal of Animal Science* 80: 451-458.

- Kobelt AJ, Hemsworth PH, Barnett JL, Yu J (2003) Sources of sampling variation in saliva cortisol in dogs. *Research in Veterinary Science* 75: 157-161.
- Koyama T, Omata Y, Saito A (2003) Changes in salivary cortisol concentrations during a 24-hour period in dogs. *Hormone and Metabolic Research* 35: 355-357.
- Pell SM, McGreevy PD (1999) A study of cortisol and beta-endorphin levels in stereotypic and normal Thoroughbreds. *Applied Animal Behaviour Science* 64: 81-90.
- Weibel L (2003) Methodological guidelines prior to the use of salivary cortisol as biological marker of stress. *Presse Medicale* 32: 845-851.

#### **Слюна и моча или фекалии**

- Millsbaugh JJ, Washburn BE, Milanick MA, Beringer J, Hansen LP, Meyer TM (2002) Non-invasive techniques for stress assessment in white-tailed deer. *Wildlife Society B* 30: 899-907.
- Yehuda R, Halligan SL, Yang RK, Guo LS, Makotkine I, Singh B, Pickholtz D (2003) Relationship between 24-hour urinary-free cortisol excretion and salivary cortisol levels sampled from awakening to bedtime in healthy subjects. *Life Science* 73: 349-358.

#### **Плазма**

- Coe CL, Levine S (1995) Diurnal and annual variation of adrenocortical activity in the squirrel monkey. *American Journal of Primatology* 35: 283-292.
- Kenagy GJ, Place NJ (2000) Seasonal changes in plasma glucocorticoids of free-living female yellow-pine chipmunks: Effects of reproduction and capture and handling. *General and Comparative Endocrinology* 117: 189-199.
- Laudenslager ML, Rasmussen KL, Berman CM, Lilly AA, Shelton SE, Kalin NH, Suomi SJ. (1999) A preliminary description of responses of free-ranging rhesus monkeys to brief capture experiences: Behavior, endocrine, immune and health relationships. *Brain Behavior and Immunity* 13: 124-137.
- Reinhardt V, Cowley D, Scheffler J, Vertein R, Wegner F (1990) Cortisol response of female rhesus-monkeys to venipuncture in home cage versus venipuncture in restraint apparatus. *Journal of Medical Primatology* 19: 601-606.

# Исследование влияния посетителей на поведение животных в зоопарке

© British and Irish Association of Zoos and Aquariums 2005

*Mitchell, H. & Hosey, G. (2005) Zoo Research Guidelines: Studies of the effects of human visitors on zoo animal behaviour.* BIAZA, London.

First published 2005

ISSN 1479-5647

**Heidi Mitchell<sup>1</sup> & Geoff Hosey<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Department of Conservation and Wildlife Management, Marwell Preservation Trust, Colden Common, Nr Winchester,

SO21 1JH.

<sup>2</sup> Department of Psychology & Life Sciences, University of Bolton, Deane Road, Bolton, BL3 5AB.

## Благодарности:

Мы хотим поблагодарить Группу по исследованиям BIAZA, организовавшую семинар, в ходе которого было принято решение написать это руководство. Мы особенно благодарны за ценные замечания, сделанные на разных этапах подготовки этого документа, следующим членам группы: **Др. Stephanie Wehnelt, Др. Amy Plowman, Rob Thomas, Др. Paul, Pierce Kelly.** Мы также благодарны **Др. Sheila Pankhurst, Др. Hannah Buchanan-Smith и Alexandra Farrand,** чьи идеи и комментарии помогли в создании этого руководства.

*Перевод: Г.В. Вахрушева*

## Вступление

Хотя присутствие людей в непосредственной близости должно существенно влиять на поведение зоопарковских животных, этот эффект остается еще малоизученным. Между тем, он должен интересовать каждого, кто проводит исследование поведения животных в зоопарке, поскольку подобные воздействия могут определять интерпретацию результатов. Опубликованные исследования по этой теме имеют тенденцию фокусироваться на нечеловекообразных приматах, и существует возрастающая потребность узнать больше о воздействии посетителей на других млекопитающих, птиц и менее харизматических рептилий и рыб (например, мы практически ничего не знаем о воздействии на рептилий и рыб такого фактора, как стук посетителей по стеклу аквариумов). Далее, многое изменилось в зоопарках с тех пор, когда в восьмидесятых годах прошлого столетия появились первые публикации об исследованиях, направленных на изучение посетителей зоопарков. Натуралистические экспозиции, обогащение среды, полувольный режим содержания – все это обычные явления в современных зоопарках, и совершенно непонятно, как они влияют на реакцию животных на посетителей. Если ваши интересы носят более теоретический характер, то детальный анализ межвидовых взаимодействий и коммуникаций интересен сам по себе, и он также не проведен ни для кого, кроме приматов.

Главное, нам необходимо знать, влияет ли присутствие посетителей на благополучие зоопарковских животных. Этот вопрос имеет важнейшее значение, поскольку многие зоопарки надеются, что доходы от посетителей дадут возможности обеспечить ключевые аспекты заботы о животных, такие, например, как ветеринарный уход и кормление. Таким

образом, зоопарки особенно заинтересованы в получении понятных и четких результатов исследований, посвященных влиянию посетителей, поскольку такие результаты дают специалистам информацию о наилучших методах содержания животных.

Данное руководство предназначено для оказания помощи исследователям, проводящим изучение самых разных аспектов влияния посетителей на животных. Содержащаяся здесь информация разделена на шесть частей:

- Вводные замечания
- Различные типы присутствующих и ситуаций
- Факторы, относящиеся к животным
- Эффекты влияния вольер
- Методы сбора данных
- Список литературы.

## 1. Вводные замечания

### 1.1 Пилотное исследование

- Настоятельно рекомендуется выделить в начале графика исследования время на выполнение пилотного исследования. Эвристические наблюдения позволят выделить важные факторы, влияющие на методы вашего исследования, такие, как:
  - Типичный характер посещаемости экспозиции (спокойные и оживленные периоды/дни);
  - Типичное время задержки посетителей около экспозиции;
  - Типы поведения посетителей, которые могут оказаться важными;
  - Типы поведения животных, которые могут оказаться важными;
  - Места расположения “горячих точек”, где происходят интенсивные взаимодействия животное – человек. Возможно, вы сочтете нужным принимать во внимание только происходящее в подобных местах;
  - Ключевые особи в больших группах животных, наблюдения за которыми могут оказаться более важными, чем наблюдения за другими особями. Выбор особей будет определяться задачей исследования (убедитесь, что не происходит направленного отбора объектов наблюдения, если это только не оправдано самим исследованием).
- Пилотное исследование может быть также использовано для проверки корректности процедур сбора данных и разработки таких процедур, которые позволят вам проводить эффективное измерение изучаемых переменных и плодотворную проверку гипотезы. В свете этого, важна частота регистрации поведения посетителей. Частота регистраций зависит как от количества посетителей, так и от локализации и планировки экспозиции (см. ниже, раздел 5).
- Пилотное исследование позволит животным привыкнуть к присутствию наблюдателя. Хотя большинство зоопарковских животных привыкают к людям, наблюдающим за ними, некоторые по-прежнему могут реагировать на вас, и эта реакция, вероятно, будет со временем ослабевать. Важно, чтобы такие изменения произошли до того, как вы начнете основной сбор данных. Для вас полезно было бы фиксировать ход этого процесса.

**Пример:** Вы можете обнаружить, что длительность и частота реакции настороженности по отношению к наблюдателю снижаются в ходе пилотного исследования – возможно, это свидетельствует о том, что животные теряют интерес к наблюдателю.



## 1.2 Методы и оборудование

- Для того, чтобы выявить эффект влияния посетителей, необходимо наблюдать поведение как животных, так и посетителей. Возникает проблема: как наблюдать и то, и другое одновременно? Связанный с вами университет или колледж может предоставить оборудование для решения этой проблемы. Большинство зоопарков не в состоянии самостоятельно приобрести необходимое оборудование и не могут вести такие исследования самостоятельно.
- Видеокамеру можно использовать для записи поведения как животных, так и людей около вольер. Однако могут возникнуть проблемы с размещением камеры в ситуации, когда вам необходимо, чтобы велась запись происходящего на всем пространстве наблюдения, и чтобы при этом камера оставалась недостижимой для животных и посетителей, а вы в любое время могли легко сменить кассету или аккумулятор.
- Иная возможность – задействовать в работе двух или более наблюдателей, один из которых будет наблюдать за посетителями, а другой – за животными. При использовании этого метода возникнет проблема синхронизации событий. Оба наблюдателя должны очень аккуратно привязывать свои наблюдения к временной шкале, чтобы позже их наблюдения можно было привести в соответствие. Следует также отметить, что при участии двух наблюдателей в работе, они должны избегать обменов объектами своих наблюдений (менять наблюдение за посетителями на наблюдение за животными). В противном случае потребуются повторные наблюдения для определения разброса в данных, собранных двумя наблюдателями.
- Другое оборудование, которое может быть полезным, – измеритель шума для определения уровня шума, производимого посетителями (в идеале измеряется из клетки животного), кликер для подсчета количества посетителей и диктофон для быстрой фиксации меняющихся событий. Однако следует продумать, как ограничить количество используемого оборудования.
- Если ваше исследование нуждается в каком-то другом оборудовании для проверки гипотез, например, в камуфляжной сетке, чтобы скрыть животных от посетителей, убедитесь в том, что зоопарк одобрит использование этого оборудования в рамках вашей работы.
- Вы можете обнаружить, что существуют другие способы для измерения некоторых переменных. Например, уровень шума может хорошо коррелировать с общим количеством посетителей. Вы можете также проверить, коррелирует ли достоверно количество посетителей около вашей вольеры с общим количеством посетителей, пришедших в зоопарк. Если да, то вы можете использовать ежедневные данные о посещаемости зоопарка (которые так или иначе фиксируются в каждом зоопарке) в качестве единицы измерения пресса посетителей.
- Вы также, возможно, пожелаете изучить самооценку посетителей. Посетителям можно раздавать анкеты с вопросами о размерах группы, возрасте, одежде, предметах в руках, времени, проведенном у экспозиции, собственном поведении и поведении животных. Это может снизить вашу загруженность во время периода наблюдений. Однако вам следует оценить надежность этого метода и выяснить, приемлем ли он для зоопарка на самых первых стадиях исследования. Во многих зоопарках предпочитают не беспокоить посетителей таким образом.

## **2. Различные типы посетителей и ситуаций**

### **2.1 Различные типы присутствующих**

- Помимо посетителей, вокруг вольеры нередко находятся другие люди (киперы или ветеринары), которые могут влиять на поведение животных. Ваша работа связана с влиянием посетителей, однако вы должны быть осведомлены о прочих людях и в течение исследования вам следует пытаться свести к минимуму изменения в характере их присутствия (время, продолжительность, количество и пр.).

#### **2.1.1 Наблюдатель**

- Как упоминалось ранее в разделе 1.1, можно проводить предварительные наблюдения, чтобы изучаемые животные привыкли к присутствию наблюдателя и его влияние на поведение животных снизилось.
- Даже если полного привыкания достигнуть не удастся, то, в зависимости от вашей гипотезы, это не обязательно станет проблемой. Наблюдатель постоянно присутствует в течение всего исследования, поэтому сравнения между ситуациями “присутствует только наблюдатель”, “мало посетителей” и “много посетителей” должны быть достоверными. Условие “нет ни одного человека” не может быть достигнуто без видеосъемки (см. раздел 2.2)

#### **2.1.2 Киперы и другие сотрудники**

- Присутствия киперов и их возможного влияния на поведение животных избежать не удастся, так как независимо от вашей работы будут продолжаться рутинные мероприятия по кормлению и уборке. Однако было бы полезно, если бы все мероприятия по уходу за животными были как можно более неизменными, и в течение всего исследования время и продолжительность присутствия кипера не менялись. В этом отношении вам помогут хорошая связь с зоопарком и четкое расписание наблюдений, которого вы придерживаетесь.
- Кроме того, во время ваших наблюдений могут происходить такие события, как визит ветеринара или проведение каких-либо работ на территории, прилегающей к вольере. И вновь, хорошие взаимоотношения с зоопарком помогут вам перенести эти события на те дни, когда вы не собираете данные. Однако, такое не всегда возможно, поэтому когда-то вам придется подстраиваться под эти события. Вы можете решить не включать данные таких наблюдений в анализ.

#### **2.1.3 Посетители**

- Чтобы понять, как посетители влияют на зоопарковских животных, необходимо будет собрать сведения о самих посетителях. В самом простом случае можно оценить их количество. Однако при этом вы, возможно, пропустите много сложных факторов, от которых зависит реакция животных на посетителей.
- Характеризуя посетителей, можно измерять многие переменные:
  - Количество посетителей около вольеры (можно определять через общее количество посетителей зоопарка, см. выше);
  - Расстояние от вольеры;
  - Расстояние от животных;
  - Пол/возраст посетителя;
  - Цвет одежды;
  - Предметы у посетителей, например, детская коляска, зонтик;
  - Частота вспышек фотокамер;
  - Запахи – приносимая с собой еда, косметика, лак для волос и пр.
- Поведение посетителей также можно оценить по многим параметрам:
  - Шумные посетители;

- Спокойные посетители;
  - Группы/отдельные люди, пытающиеся привлечь внимание животных, начинающие барабанить по стеклу и пр.;
  - Группы/отдельные люди, не обращающие внимания на животных;
  - Люди, которые едят рядом с клеткой;
  - Посетители, предлагающие еду животным;
  - Курение рядом с вольерой.
- Возможно, вы захотите регистрировать поведение посетителей тем же методом, который вы используете для регистрации поведения животных. Пилотное исследование (см. выше раздел 1.1) поможет определить, какие из факторов важны.

## 2.2 Различные типы ситуаций

### 2.2.1 «Отсутствие посетителей»

- При изучении влияния посетителей на поведение животных обычно допускают, что наличие посетителей является “воздействием” и что необходимо иметь разные уровни количества посетителей, в идеале считая градацию “нет посетителей” базисом, с которым можно сравнивать другие ситуации. Однако этого трудно достигнуть, не смешивая разные факторы воздействия.
- В действительности ситуация “нет присутствующих” обычно невозможна из-за присутствия наблюдателя (см. выше раздел 2.2), но, тем не менее, может существовать ситуация “только наблюдатель” или “нет ни одного посетителя”.
- В идеальном варианте желательно, чтобы ситуация “нет посетителей” приходилась на часы работы зоопарка, так как это позволит избежать влияния переменной «время дня». Достигнуть этого можно благодаря случайному стечению обстоятельств или с помощью экспериментального манипулирования:
  - Случайное стечение обстоятельств – в большинстве зоопарков бывают напряженные и спокойные периоды. Регулярно наблюдая за изменением количества посетителей, можно охватить все условия, необходимые для исследования (пилотное исследование позволит вам с большей уверенностью прогнозировать периоды с большим количеством посетителей и периоды затишья, что поможет сократить общее время на работу). Один из способов такого рода работы – отмечать поведение животных во время спокойных периодов “вне пика посещаемости”, когда число посетителей заведомо невелико, и сравнивать полученные результаты с данными, собранными во время школьных каникул или выходных дней, когда в зоопарке много людей.

**Пример:** Вы могли бы провести наблюдения за неделю до Пасхи и через неделю после нее для сравнения с данными, полученными во время Пасхальных праздников.

**Ограничения:** На количество посетителей оказывает влияние множество факторов – погода, время дня, сезон и пр. Существует риск перепутать влияние посетителей и одну из этих переменных при определении причины изменения поведения животных. Кроме того, если вы будете, полагаясь на случай, дожидаться ситуаций с разной численностью посетителей для сбора данных, на это может уйти много времени, так как вам придется получить достаточное количество повторов каждой ситуации.

- Экспериментальное манипулирование – ограничение доступа посетителей на короткое время в течение дня поможет смоделировать ситуацию “нет посетителей”, с которой можно будет сравнить прочие ситуации. Однако, в этом случае для закрытия экспозиции требуется полная поддержка и согласие со стороны зоопарка, о чем надо договариваться на самых ранних стадиях работы. Многие зоопарки не захотят закрывать экспозицию даже на короткое время, особенно во время летнего сезона.

**Ограничения** – манипулируя с количеством посетителей (нет посетителей, много шумных посетителей, несколько спокойных посетителей), вы можете создать нереальную ситуацию, и поэтому существует риск неправильно истолковать реакцию животного на нее.

- Другой способ получить ситуацию “нет посетителей” – это проводить наблюдения до открытия зоопарка или после его закрытия. И хотя такая ситуация будет гарантировать отсутствие посетителей, у этого метода есть существенные ограничения.

**Ограничения:** Для большинства животных свойственны поведенческие ритмы в течение дня – это означает, что поведение по утрам и вечерам отличается от поведения в дневные часы, независимо от посетителей. Если попытаться сравнить данные, собранные летом, с зимними, то может появиться такая же проблема из-за влияния климата как на поведение животных, так и на количество и состав посетителей. Еще один аргумент против проведения наблюдений вне часов работы зоопарка – это то, что влияние наблюдателя в «неурочное» время может возрасти, так как животные не привыкли, чтобы в такое время рядом были люди. В любом случае, влияние присутствующих на поведение животных будет сильнее, и поэтому ваши данные будут более запутанными.

### **3. Факторы, относящиеся к животным**

#### **3.1 Поведение**

- При планировании работы помните, что вопросы, которые вы ставите, определяют формы поведения, которые вы будете регистрировать. При изучении влияния посетителей ваши вопросы должны максимально точно соответствовать тому, какие аспекты поведения животных и характеристики посетителей вы собираетесь изучать.
- В общих чертах, влияние посетителей может быть негативным, позитивным или нейтральным. Очень важно точно установить, какие типы поведения служат доказательством положительного или отрицательного влияния посетителей на животных, и подтвердить это фактами из литературных источников.
- Вы должны помнить, что выбранные поведенческие индикаторы могут оказаться видоспецифичными или индивидуальными.

##### **3.1.1 Поведенческие индикаторы позитивного влияния**

- Не следует заранее полагать, что влияние посетителей на поведение животных всегда негативно. В некоторых исследованиях показано, что присутствие посетителей может приводить к благоприятным изменениям поведения животных и, таким образом, может считаться фактором обогащения среды обитания животных.
- Если вы хотите выяснить, влияют ли посетители положительно на изучаемых вами животных, вам следует попытаться детально представить, каким может быть это влияние, и отобразить ваши представления в формулировке вопросов исследования.

#### **Примеры:**

*Игровое поведение:* является определенным признаком благополучия, поскольку животные играют, находясь в хорошем состоянии (напр., при отсутствии стресса). Однако игры свойственны преимущественно молодым животным и не могут быть полезным показателем для взрослых особей.

*Неагрессивные взаимодействия:* В ситуации, когда животное содержится вместе с особями своего вида, неагрессивные взаимодействия между ними, например, социальный груминг, могут быть необходимы для их физического и психологического благополучия. Тем не менее, интерпретируя такое поведение, надо быть осторожным, так как у некоторых видов социальный груминг проявляется более часто после агрессивных взаимодействий, являясь поведением примирения.

*Признаки заинтересованности по отношению к посетителям:* Направленное внимание и другие виды поведения, направленного на сбор информации о посетителях, при отсутствии признаков страха, агрессии или выпрашивания, могут свидетельствовать об эффекте обогащения среды. Например, животным может быть интересно наблюдать за посетителями, лазающими по специальным конструкциям.

*Поведение приветствия:* если такое поведение проявляется как ответная реакция на посетителей, оно может свидетельствовать о том, что для животных приятно это воздействие.

*Естественный поведенческий репертуар:* Если в присутствии посетителей животные демонстрируют более полный (естественный) поведенческий репертуар, то посетителей можно рассматривать как средство обогащения поведения. Здесь можно учитывать не только бюджет активности и поведенческий репертуар, но также отдельные позы, мимику и вокализации.

### **3.1.2 Нежелательное поведение**

- Посетители могут стимулировать проявление нежелательного поведения у животных. Если для вашего исследования требуется определить изменения в нежелательном поведении, то есть множество поведенческих паттернов, которые вы можете отмечать.

#### **Примеры:**

*Стереотипы:* Определяются как повторяющееся нефункциональное поведение, могут принимать различные формы.

*Двигательная активность/неактивность:* несоответствующий уровень двигательной активности или неактивности может свидетельствовать о неблагополучии.

*Пристальное внимание:* Повторяющиеся взгляды в сторону посетителей могут говорить о том, что животному некомфортно в данной ситуации (следует отличать от общего интереса, проявляемого таким же образом по отношению к посетителям).

*Избегание (прятанье, отворачивание, укрывание, залезание наверх):* если животное активно избегает посетителей, это может быть признаком того, что ему неприятно воздействие такого стимула.

*Укрывание/перетаскивание детенышей:* Чрезмерная защита детенышей или постоянный поиск поддержки у сородичей могут быть признаками страха.

*Агрессия:* Напряженное состояние, вызванное факторами стресса, может привести к внутригрупповой агрессии, или даже к агрессии, направленной на людей.

*Запаховое мечение:* Чрезмерное запаховое мечение у некоторых видов животных может указывать на плохое состояние животных.

*Уринация/дефекация (острые, неожиданные):* При резком испуге у животных может произойти уринация или дефекация.

*Поведение, направленное на себя:* У некоторых видов (например, приматов) усиление чесания, а также других более редких типов поведения, таких как чрезмерный груминг или кусание самого себя, могут быть признаками негативного влияния.

*Крики испуга:* могут издаваться при неожиданном появлении посетителей.

Сокращение признаков хорошего самочувствия (благополучия), таких как естественный поведенческий репертуар, будет индикатором негативного воздействия посетителей.

### **3.1.3 Стресс: хронический или острый?**

- Решая вопрос, стрессируют ли посетители животное, важно установить, проявляет ли это животное признаки хронического или острого стресса. Острый стресс характеризуется короткими яркими реакциями на фактор стресса, например, убежание от него. Для хронического стресса характерны более продолжительные ответные реакции, такие, например, как длительные периоды отсутствия активности, следующие за воздействием стрессового фактора.

- Для получения дополнительной информации см. **«Руководство по научным исследованиям в зоопарках: Мониторинг стресса у зоопарковских животных»**.

#### 4. Эффекты влияния вольер

- Многие аспекты устройства вольер могут влиять на поведение животных и посетителей.  
**Пример:** Некоторые посетители могут стучать по стеклу, чтобы привлечь внимание животных, но это невозможно, если ограда вольеры сделана из сетки, хотя и в этом случае посетители могут пытаться привлечь внимание животных иным образом.
- Тип барьера определяет тип взаимодействий между посетителями и животными.  
**Пример:** При изучении влияния шума на животных желательно измерить уровень шума внутри вольеры и соотнести его с уровнем шума снаружи, так как некоторые ограждения, такие как стеклянные витрины, могут существенно заглушать звук.
- Если вы проводите исследование, затрагивающее несколько зоопарков, необходима будет подробная информация о значимых частях вольеры.
- Планировка многих вольер дает животным возможность прятаться от посетителей. При изучении влияния посетителей, возможно, было бы полезно более детально рассмотреть такое поведение, поскольку животное может избегать посетителей, или, наоборот, появляться в поле зрения лишь тогда, когда есть публика.
- Точно также, расстояние от животного до публики может быть важным для вашего исследования. Имеет смысл оценить, какой процент ограждения вольеры доступен для посетителей (куда они могут подойти), так как это определит, до какой степени животные могут избегать посетителей.
- Оценка многих переменных, характеризующих вольеру животного, может потребовать времени, и сначала эти переменные бывает сложно выявить – например, для некоторых видов очень важной может быть вертикальная составляющая вольеры.

**Пример:** вы можете решить разделить вольеру визуальнo в трехмерном пространстве и затем отмечать, как животные используют пространство, убежища, кормушки, тень и пр. в каждом измерении.

#### 5. Методы сбора данных

Ваш выбор методов сбора данных в значительной мере зависит от поставленного вопроса исследования, который должен быть сформулирован как можно более точно (подробнее о постановке вопроса и различных методах сбора данных см. **«Руководство по научным исследованиям в зоопарках: Планирование исследований и наблюдения за поведением»**).

- Один из основных вопросов при такого рода исследованиях – как часто следует регистрировать поведение посетителей. Ответ поможет получить пилотное исследование (см. выше раздел 1.1). Выбранный вами интервал регистраций должен гарантировать, что вы не пропустите потенциально важных событий, однако при этом не следует и отмечать все подряд, потому что в этом случае вы будете попросту терять время. Вам поможет четкая формулировка вопроса исследования.

**Пример:** Если вы хотите узнать «Как животное реагирует на определенное поведение посетителей (например, на тот факт, что посетители едят рядом с вольерой) или на некоторые их характеристики (например, красный цвет одежды)?», вы можете непрерывно регистрировать поведение животного в течение всего времени, пока действует интересующий вас фактор (поведение или иная характеристика посетителей). Затем полученные данные можно сравнить с данными, собранными в то время, когда

соответствующие явления отсутствовали (используя тот же метод сбора данных), не упуская из виду прочие факторы, такие, как время дня, количество посетителей и пр.

**Пример:** Отвечая на вопрос «Связана ли высокая численность посетителей с агрессивностью изучаемого животного», вы можете соотнести количество агрессивных демонстраций за день с общим числом посетителей зоопарка за этот день. Важно отметить, что следует сначала получить подтверждение правомерности использования этого метода во время пилотного исследования, чтобы убедиться, что общее количество посетителей зоопарка за день отражает количество посетителей у вашей вольеры.

**Пример:** Если же вы хотели найти пороговое значение количества посетителей, выше которого взаимодействия с посетителями и животными того же вида приобретают агрессивный характер, было бы разумно отмечать количество посетителей около вольеры с той же частотой, с которой вы отмечаете поведение животного, например, раз в минуту. Это позволит проследить, как меняются взаимодействия животного с посетителями и другими животными вслед за колебаниями числа посетителей. (**Важно!** Вы можете столкнуться с техническими проблемами, и тогда вам может помочь использование специального оборудования – см. раздел 1.2).

- По желанию, вы можете обозначать количество посетителей числом или ранжированными категориями (например, численность посетителей низкая, средняя, высокая). Прежде чем вы сделаете выбор, вам необходимо понять ограничения каждого метода, поскольку это определит выбор метода для статистической обработки данных.
- Важно помнить о том, что фактор, влияющий на поведение (такой как посетители зоопарка), может продолжать оказывать влияние даже после того, как прекратит прямое действие. Поэтому рекомендуется включить в работу наблюдения в периоды, следующие за временем высокой численности посетителей.

**Пример:** животное, которое вы изучаете, может отреагировать на стук детей по стеклу немедленным уходом в другую часть вольеры, следовательно, время реакции может быть очень коротким, однако животное может не возвращаться к передней части вольеры в течение достаточно длительного времени, поэтому длительность реакции может быть довольно большой. Вы должны быть уверены, что продолжительность периодов ваших наблюдений достаточна для того, чтобы подобные события не были упущены.

- Существует вероятность, что влияние посетителей станет более очевидным ночью, а не днем, поэтому, возможно, придется выбрать 24-часовые наблюдения. Например, высокая численность посетителей может привести к нарушениям сна животных. Для сравнения ночной активности после дней с низкой и высокой численностью посетителей наиболее подходящими будет анализ видео-наблюдений.
- В зависимости от изучаемого вами вопроса, возможно, целесообразно выяснить, кто инициирует взаимодействия между посетителями и животным. Сами животные или посетители? Что предшествует контакту? Поведение животного до взаимодействия может прояснить, как животное воспринимает такой контакт.

**Пример:** Проявляет ли животное признаки стресса или фрустрации непосредственно перед контактом с посетителем, или оно чувствует себя спокойно и комфортно? Предпочитает ли животное спрятаться или находиться непосредственно в поле зрения посетителей? Пугается ли животное или проявляет интерес к посетителям? Возможно, вы сможете ответить на некоторые из этих вопросов, изучая позы животных (во всех случаях до начала сбора данных вы должны хорошо знать изучаемый вид и его естественное поведение).

## Литература

### Основная:

Martin, P. & Bateson, P., 1996. Measuring behaviour. An introductory guide. Second Edition. Cambridge University Press.

### Дополнительная:

- Altman, J. D., 1998. Animal activity and visitor learning at the zoo. *Anthrozoos*, 11, 12 – 21.
- Balmford, A., 2000. Separating fact from artifact in analysis of zoo visitor preferences. *Conservation Biology* Vol.14 (4), 1193-1195.
- Birke, L., 2002. Effects of browse, human visitors and noise on the behaviour of captive orang utans. *Animal Welfare*, 11 (2), 189-202.
- Bitgood, S., Patterson, D. & Benfield, A., 1988. Exhibit design and visitor behaviour: empirical relationships. *Environment and Behaviour*, 20 (4), 474 – 491.
- Blaney, E.C. & Wells, D.L., 2004. The influence of a camouflage net barrier on the behaviour, welfare and public perceptions of zoo-housed gorillas. *Animal Welfare*, 13 (2), 111-118.
- Buchanan-Smith, H. M., 2003. The benefits of positive reinforcement training and its effect on human nonhuman animal interactions. In Gilbert T C (ed) *Proceedings of the 5th Annual Symposium on Zoo Research, 7th & 8th July 2003, Marwell Zoological Park.. Federation of Zoological Gardens of Great Britain and Ireland, London.* 21 -26.
- Carlstead, K., Fraser, J., Bennet, C. & Keiman, D.G., 1999. Black rhinoceros in US zoos: II. Behaviour, breeding success and mortality in relation to housing facilities. *Zoo Biology*, 18 (1), 35-52.
- Chamove, A. S., Hosey, G. R. and Schaezel, P., 1988. Visitors excite primates in zoos. *Zoo Biology*, 7 (4), 359 – 369.
- Clarke, A. S. & Mason, W. A., 1988. Differences among three macaque species in responsiveness to an observer. *International Journal of Primatology*, 9 (4), 347 – 364.
- Cook. S. & Hosey, G. R., 1995. Interaction sequences between chimpanzees and human visitors at the zoo. *Zoo Biology*, 14 (5), 431 – 440.
- Del Thompson, V., 1989. Behavioural response of 12 ungulate species in captivity to the presence of humans. *Zoo Biology*, 8 (3), 275-297.
- Fa, J. E., 1989. Influence of people on the behavior of display primates. In: Segal E F (ed) *Housing, Care and Psychological Well-Being of Captive and Laboratory Primates*. Noyes Publications: Park Ridge, USA. 270 – 290
- Fa, J. E., 1992. Visitor-directed aggression among the Gibraltar macaques. *Zoo Biology*, 11 (1), 43 – 52.
- Farrand, A. & H. Buchanan-Smith., 2003 Neglected areas of visitor effect studies In: *Proceedings of the Fifth Annual Symposium on Zoo Research 7th & 8th July 2003 at Marwell Zoological Park, Winchester, UK (Gilbert, T. ed.)*. Federation of Zoological Gardens of Great Britain and Ireland, London, UK. pp 155
- Finlay, T., James, L. R. & Maple, T. L., 1988. People's perception of animals: the influence of zoo environment. *Environment and Behavior*, 20 (4), 508 – 528.
- Glatston, A. R., Geilvoet-Soeteman, E., Hora-Peck, E. & van Hooff, J. A. R. A. M., 1984. The influence of the zoo environment on social behavior of groups of cotton-topped tamarins, *Saguinus oedipus oedipus*. *Zoo Biology*, 3 (3), 241 – 253.
- Hediger, H., 1970. *Man and Animal in the Zoo*. Routledge & Kegan Paul: London, UK
- Hosey, G. R., 2000. Zoo animals and their human audiences: what is the visitor effect? *Animal Welfare*, 9 (4), 343 – 357.



- Hosey, G. R. & Druck, P. L., 1987. The influence of zoo visitors on the behaviour of captive primates. *Applied Animal Behaviour Science*, 18 (1), 19 – 29.
- Hutchings, K. & Mitchell, H., 2003. A comparison of the behaviour of captive lemurs subjected to different causes of disturbance at Marwell Zoological Park. In Gilbert T C (ed) *Proceedings of the 5th Annual Symposium on Zoo Research, July 7th & 8th 2003, Marwell Zoological Park.. Federation of Zoological Gardens of Great Britain and Ireland, London.* 139-143.
- Jones, R. & Wehnelt, S., 2003. Two approaches to measure the effect of visitor numbers on orangutan welfare. In Gilbert T C (ed) *Proceedings of the 5th Annual Symposium on Zoo Research, 7th & 8th July, Marwell Zoological Park.. Federation of Zoological Gardens of Great Britain and Ireland, London.* 133-138.
- Keane, C. & Marples, N., 2003. The effect of zoo visitors on gorilla behaviour. In Gilbert T C (ed) *Proceedings of the 5th Annual Symposium on Zoo Research, 7th & 8th July, Marwell Zoological Park..Federation of Zoological Gardens of Great Britain and Ireland, London.* 144 – 154.
- Kidd, A. H., Kidd, R. M. & Zasloff, R. L., 1995. Developmental factors in positive attitudes toward zoo animals. *Psychological Reports*, 76 (1), 71 – 81.
- Kreger, M. D. & Mench, J. A., 1995. Visitor-animal interactions at the zoo. *Anthrozoos*, 8, 143 – 158.
- Lambeth, S. P., Bloomsmith, M. A. & Alford, P. L., 1997. Effects of human activity on chimpanzee wounding. *Zoo Biology*, 16 (4), 327 – 333.
- Lukas, K.E., Barkauskas, R.T., Maher, S.A., Jacobs, B.A., Bauman, J.E., Henderson, A.J. & Calcagno, J.M., 2002. Longitudinal study of delayed reproductive success in a pair of white-cheeked Gibbons (*Hylobates leucogenys*). *Zoo Biology*, 21 (5), 413-434.
- Maki, S., Alford, P. L. & Bramblett, C. 1987. The effects of unfamiliar humans on aggression in captive chimpanzee groups. *American Journal of Primatology*, 12 (3), 358 (abstract).
- Mallapur, A. and R. Chellam., 2002. Environmental influences on stereotypy and the activity budget of Indian Leopards (*Panthera pardus*) in four zoos in southern India *Zoo Biology*, 21 (6), 585-595.
- Margulis, S., Hoyos, C. & Anderson, M., 2003. Effect of felid activity on zoo visitor interest. *Zoo Biology*, 22 (6), 587-599.
- Mitchell, G., Soteriou, S., Towers, S., Kenney, L. & Schumer, C., 1987. Descriptive accounts of the behavior of breeding and nonbreeding pairs of golden-bellied mangabeys (*Cercocebus galeritus chrysogaster*). *Zoo Biology*, 6 (4), 391 – 399.
- Mitchell, G., Obradovich, S., Sumner, D., De Morris, K., Lofton, L., Minor, J., Cotton, L. & Foster, T. 1990. Cage location effects on visitor attendance at three Sacramento Zoo mangabey enclosures. *Zoo Biology*, 9 (1), 55 – 63.
- Mitchell, G., Herring, F., Obradovich, S., Tromborg, C., Dowd, B., Neville, L. E. & Field, L., 1991a. Effects of visitors and cage changes on the behaviors of mangabeys. *Zoo Biology*, 10 (5), 417 – 423.
- Mitchell, G., Obradovich, S. D., Herring, F. H., Dowd, B. & Tromborg, C., 1991b. Threats to observers, keepers, visitors, and others by zoo mangabeys (*Cercocebus galeritus chrysogaster*). *Primates*, 32 (4), 515 – 522.
- Mitchell, G., Tromborg, C. T., Kaufman, J., Bargabus, S., Simoni, R. & Geissler, V., 1992a. More on the ‘influence’ of zoo visitors on the behaviour of captive primates. *Applied Animal Behaviour Science*, 35 (2), 189 – 198.
- Mitchell, G., Herring, F., Tromborg, C., Dowd, B., Steiner, S. & Obradovich, S., 1992b. Targets of aggressive facial displays by golden-bellied mangabeys (*Cercocebus galeritus chrysogaster*) at the Sacramento Zoo. *Applied Animal Behaviour Science*, 33 (2-3), 249 – 259.

- Mitchell, G., Herring, F. & Obradovich, S., 1992c. Like threaten like in mangabeys and people? *Anthrozoos*, 5 (2), 106 – 112.
- Montaudouin, S. & Le Pape, G., 2004. Comparison of the behaviour of European brown bears (*Ursus arctos arctos*) in six different parks, with particular attention to stereotypes. *Behavioural Processes*, 67 (2), 235-244.
- Morris, D., 1964. The response of animals to a restricted environment. *Symposia of the Zoological Society of London*, 13, 99 – 118.
- Nimon, A. J. & Dalziel, F. R., 1992. Cross-species interaction and communication: a study method applied to captive siamang (*Hylobates syndactylus*) and long-billed corella (*Cacatua tenuirostris*) contacts with humans. *Applied Animal Behaviour Science*, 33 (2-3), 261 – 272.
- O'Donovan, D., Hindle, J. E., McKeown, S. & O'Donovan, S., 1993. Effect of visitors on the behaviour of female cheetahs *Acinonyx jubatus*. *International Zoo Yearbook*, 32, 238 – 244.
- Perret, K., Preuschoft, H. & Preuschoft, S., 1995. Einfluss von Zoobesuchern auf das Verhalten von Schimpansen (*Pan troglodytes*). *Der Zoologische Garten N.F.*, 65, 314 – 322.
- Price, E.C., Ashmore, L.A. & McGivern, A. M., 1994. Reactions of zoo visitors to free-ranging monkeys. *Zoo Biology*, 13 (4), 355-373.
- Reade, L. S. & Waran, N. K., 1996. The modern zoo: how do people perceive zoo animals? *Applied Animal Behaviour Science*, 47 (1-2), 109 – 118.
- Rumbaugh, D. M., 1988. Cage design attenuates display patterns of male chimpanzees. *Zoo Biology*, 7 (2), 177 – 180.
- Vrancken, A., Van Elsacker, L. & Verheyen, R. F., 1990. Preliminary study on the influence of the visiting public on the spatial distribution in captive eastern lowland gorillas (*Gorilla gorilla gorilla* Matschie, 1914). *Acta Zoologica et Pathologica Antverpiensia*, 81, 9 – 15.
- Warren, I., Parry, L., Cuthill, I. & Barham, P., 2003. The effects of human disturbance on captive African (*Spheniscus demersus*) and gentoo (*Pygoscelis papua*) penguins. In Dow S (ed) *Annual Symposium on Zoo Research July 2002*, Bristol Zoo Gardens. Federation of Zoological Gardens of Great Britain and Ireland, London. 114 – 115.
- Wells, D. L. & Blaney, E. C., 2003. Camouflaging gorillas: a method of reducing the 'visitor effect'. In Gilbert T C (ed) *Proceedings of the 5th Annual Symposium on Zoo Research, 7th & 8th July, Marwell Zoological Park.. Federation of Zoological Gardens of Great Britain and Ireland, London. 332 -333.*
- Wielebnowski, N.C., Fletchall, N., Carlstead, K., Busso, J.M. & Brown, J.L., 2002. Noninvasive assessment of adrenal activity associated with husbandry and behavioral factors in the North American clouded leopard population. *Zoo Biology*, 21 (1), 77-98.
- Wood, W., 1998. Interactions among environmental enrichment, viewing crowds, and zoo chimpanzees (*Pan troglodytes*). *Zoo Biology*, 17 (3), 211 – 230.
- Wormell, D., Brayshaw, M., Price, E. & Herron, S., 1996. Pied tamarins *Saguinus bicolor bicolor* at the Jersey Wildlife Preservation Trust: management, behaviour and reproduction. *Dodo, Journal of the Wildlife Preservation Trusts*, 32, 76 – 97.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Методические рекомендации по этологическим наблюдениям за млекопитающими в неволе (Попов С.В., Ильченко О.Г.)</b>	<b>3</b>
<b>Введение</b>	<b>3</b>
<b>Глава I. Общие принципы выбора темы и планирования наблюдений</b>	<b>4</b>
1.1 Определение темы	4
1.2 Проработка необходимой литературы	6
1.3 Формулировка вопросов исследования, выделение переменных, альтернативные гипотезы	8
1.3.1 Вопросы исследования	8
1.3.2 Выделение переменных	8
1.3.3 Альтернативные гипотезы и их проверка	9
1.4 Подбор методик, позволяющих ответить на поставленные вопросы и составление общей программы работ	9
1.5 Подготовительный этап наблюдений	11
1.6 Проведение наблюдений	11
1.6.1 Общие принципы и конкретные приемы ведения записей наблюдений	12
1.6.1.1 Способы фиксации данных	15
1.6.1.2 Режим наблюдений	21
1.7 Выбор методов обработки и составление схемы обработки собранного материала	22
1.8 Обработка результатов наблюдений	23
1.9 Написание и оформление письменной работы	24
1.10 Формы опубликования результатов работы	26
<b>Глава II. Методы этологических наблюдений</b>	<b>28</b>
2.1 Составление этограмм	28
2.2 Выделение регистрируемых категорий	31
2.2.1 Исчерпывающая и взаимоисключающая запись категорий	31
2.3 Методы распределения внимания во времени	32
2.3.1 "One-Zero" регистрации	32
2.3.2 Метод "Временных срезов"	33
2.3.3 Метод регистрации отдельных поведенческих проявлений	37
2.3.4 Метод "Стимул-реакция"	38
2.3.5 Метод "Сплошного протоколирования"	40
2.3.6 Свободное наблюдение	41
2.4 Методы распределения внимания в пространстве	42
2.4.1 "Тотальное наблюдение"	42
2.4.2 Наблюдение за фокальным животным	42
2.4.3 "Сканирование"	43
2.4.4 Периоды регистрации	44
<b>Глава III. Методы обработки этологических наблюдений</b>	<b>44</b>
3.1 Обработка первичных данных	44
3.2 Методы статистической обработки	45
3.2.1 Единицы анализа	46
3.2.2 Проблема независимости	46
3.2.3 Характеристики ряда	48
3.2.4 Корреляция	49
3.2.4.1 Показатель ранговой корреляции Спирмена	50
3.2.4.2 Коэффициент ранговой корреляции Кендала	50
3.2.5 Методы сравнения рядов	51
3.2.5.1 Ранговый критерий Вилкоксона	51
3.2.5.2 Критерий сравнения двух относительных частот	52
3.2.5.3 Сравнение наблюдаемой относительной частоты с гипотетической вероятностью появления события	53
3.2.6 Характеристики сходства	54
3.2.6.1 Коэффициент сходства Шорыгина	55
3.2.6.2 Коэффициент сходства Серенсена-Чекановского	55
3.2.6.3 Индекс разнообразия Шеннона	56
3.2.7 Другие полезные формулы	57

3.2.7.1	Индекс распределения активности	57
3.2.7.2	Индекс ассоциации	58
3.3	Методы наглядного отображения материала	59
3.3.1	Таблицы	59
3.3.2	Графики	60
3.3.3	Гистограммы	61
3.3.4	Диаграммы	62
3.3.5	Социограммы	63
3.3.6	Схемы и планы	63
	<b>Заключение</b>	<b>64</b>
	<b>Литература</b>	<b>65</b>
<b>Методические рекомендации по изучению звукового поведения животных (Володин В.А., Володина Е.В.)</b>		<b>67</b>
	<b>Введение</b>	<b>67</b>
	<b>Основные сведения о вокальном поведении животных</b>	<b>68</b>
	<b>Сбор материала</b>	<b>69</b>
	<b>Приборная обработка записей вокализации</b>	<b>71</b>
	<b>Способы звукопродукции и структурные типы звуков</b>	<b>75</b>
	<b>Классификация вокализаций по структуре и по функции</b>	<b>79</b>
	<b>Заключение</b>	<b>80</b>
	<b>Литература</b>	<b>80</b>
<b>Руководство по сбору данных для научных исследований в зоопарках (Группа по исследованиям BIAZA)</b>		<b>84</b>
<b>Планирование исследований и наблюдения за поведением (Stephanie Wehnelt, Charlotte Hosie, Amy Plowman, Anna Feistner)</b>		<b>87</b>
1.	<b>Формулировка вопроса исследования и начальная целесообразность</b>	<b>88</b>
2.	<b>Разработка планов эксперимента</b>	<b>89</b>
2.1.	Практические аспекты и ответственность	89
2.2.	Замысел эксперимента	89
2.3.	Выбор методов сбора данных	90
3.	<b>Анализ данных и интерпретация результатов</b>	<b>91</b>
4.	<b>Отчет по проекту</b>	<b>92</b>
5.	<b>Полезная литература</b>	<b>93</b>
5.1.	Исследования в зоопарках – основы и специфика	93
5.2.	Планирование исследований	94
5.3.	Принципы наблюдения за поведением	95
5.4.	Наблюдения за поведением животных	96
<b>Статистические методы обработки данных для решения типичных зоопарковских задач (Ред. Dr Amy Plowman)</b>		<b>97</b>
1.	<b>Вступление (A.V. Plowman)</b>	<b>98</b>
1.1.	Зачем нужно это руководство?	98
1.2.	Почему необходимо это руководство?	98
1.3.	Как пользоваться этим руководством.	99
2.	<b>Тесты рандомизации (N. Colegrave, J. Engel and A.V. Plowman)</b>	<b>101</b>
2.1.	Проблема	101
2.2.	Решение	101
2.3.	Использование тестов рандомизации в условиях зоопарка для единичных случаев и маленьких выборок.	103
2.4.	Ограничения тестов рандомизации	107
2.5.	Представление результатов	109
2.6.	Программное обеспечение для тестов рандомизации	109
3.	<b>Многомерные тесты (V.A. Melfi, N. Marples and G.D. Ruxton)</b>	<b>110</b>
3.1.	Проблема	110
3.2.	Обычные ошибки	111
3.3.	Решения	111
3.4.	Что делать?	112
3.5.	Как интерпретировать и представить результаты	114

<b>4. Анализ бюджетов активности с использованием G-тестов (N. Marples, G.D. Ruxton and N. Colegrave,)</b>	<b>117</b>
4.1. Проблема	117
4.2. Обычные ошибки	117
4.3. Решения	117
4.4. Ограничения	119
<b>5. Общие вопросы</b>	<b>120</b>
5.1. Автокорреляция, независимость во времени и режим взятия проб (S. Dow, J. Engel and H. Mitchell)	120
5.2. Социальная независимость (S. Wehnelt, H. Buchanan-Smith, G.D. Ruxton and N. Colegrave)	126
5.3. Поправки для многомерных тестов (C.A. Caldwell, G.D. Ruxton and N. Colegrave)	129
5.4. Параметрические и непараметрические тесты (C.A. Caldwell)	133
Литература ( <i>S. Pankhurst</i> )	136
<b>Мониторинг стресса у зоопарковских животных (Tessa Smith)</b>	<b>139</b>
1. Определение термина «стресс»	139
2. Важность мониторинга стресса у зоопарковских животных	140
3. Выбор индикаторов для измерения уровня стресса	140
4. Смещение переменных	140
5. Формулировка цели исследования	141
6. Типы образцов	142
7. Взятие образцов	143
8. Анализ	145
9. Интерпретация результатов	146
10. Дополнительная литература	147
<b>Исследование влияния посетителей на поведение животных в зоопарке (Heidi Mitchell, Geoff Hosey)</b>	<b>151</b>
Вступление	151
1. Вводные замечания	152
2. Различные типы посетителей и ситуаций	154
3. Факторы, относящиеся к животным	156
4. Эффекты влияния вольер	158
5. Методы сбора данных	158
Литература	160