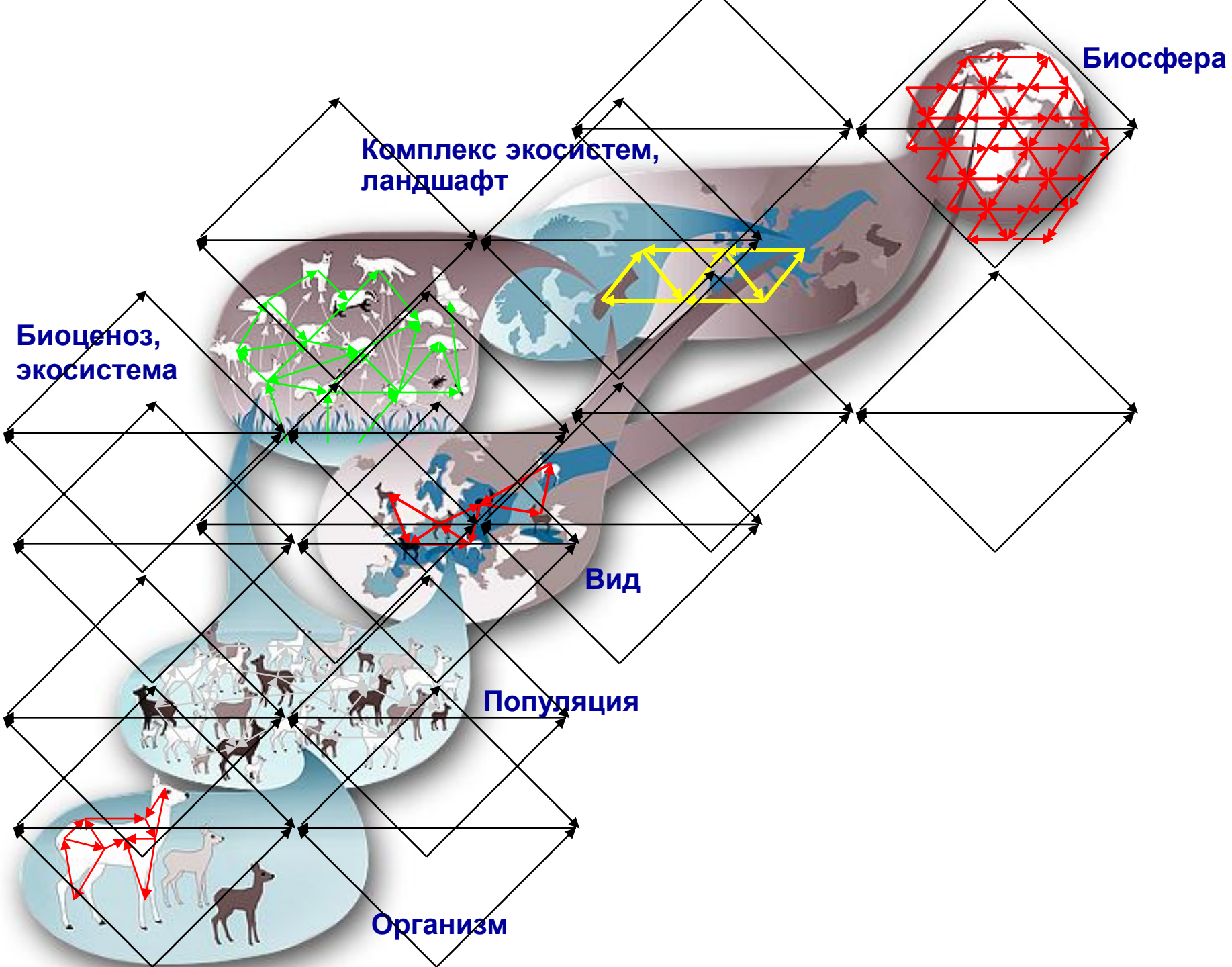
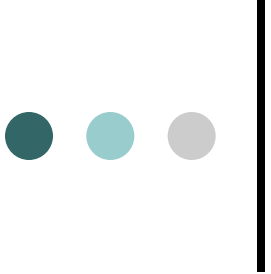




Биокоммуникация

Пути передачи информации



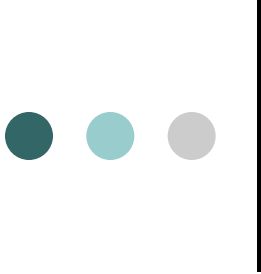


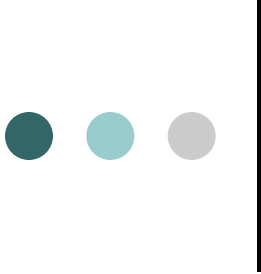
Коммуникация

Коммуникация (от латинского COMMUNICO
– делаю общим, связываю) :

Путь сообщения, связь одного места с
другим;

- Общение, передача информации от человека к человеку;
- Сигнальные способы связи у животных

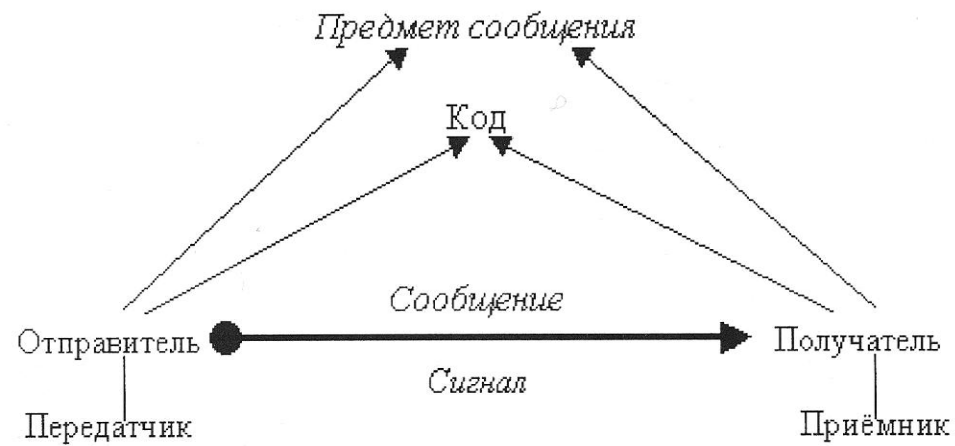
- 
- Коммуникация состоит в обмене информацией между индивидуумами, подающими и получающими сигналы, с использованием видоспецифических кодов, которые обычно служат жизненно важным целям (репродукция, питание, защита) и обеспечивают целостность социальных группировок у общественных животных [Vauclair 1996].

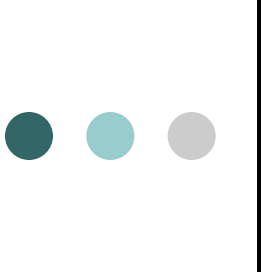


Функции коммуникации

- У животных, ведущих общественный образ жизни, коммуникация обеспечивает выполнение целого ряда жизненно важных функций:
- (1) индивидуальная и (или) групповая идентификация,
- (2) обозначение иерархического ранга,
- (3) синхронизация физиологических процессов во время сезона размножения,
- (4) согласование совместных форм активности, таких, как миграция и фуражировка,
- (5) распределение информации об изменениях в окружающей среде, таких, как появление опасности или новых источников пищи

Отправитель сообщения ----> Сообщение ----> Получатель сообщения





КОЛИЧЕСТВО ИНФОРМАЦИИ

$$I = k \log (N/n),$$

где

N – число возможных событий;

n – число событий, определяемое
полученной информацией;

K – константа

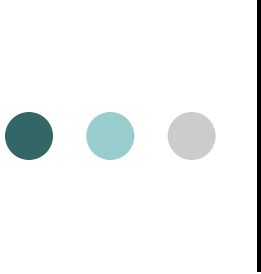
Если $n = N$, то информация отсутствует:

$$\log (1) = 0$$

При $n = N/2$, $k = 1/\log 2$

Или

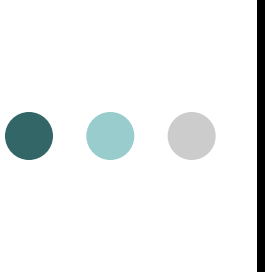
$$I = \log 2 (N/n)$$



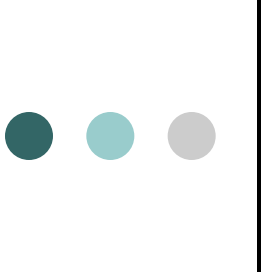
Питер Марлер (P. Marler
1973):

«Виды, у которых хотя бы в
зачаточном виде имеется социальная
интеграция, уже обладают
простейшей коммуникацией»

Реципрокность коммуникации:
Особь воспринявшая сигнал может
затем стать донором сигнала



Биокоммуникация –
это общение животных,
процесс, благодаря
которому поведение одного
животного влияет на
поведение другого



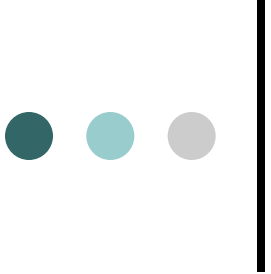
Благодаря реципиенту
осуществляется:

1. Оценка обстановки

1. Конкретизация ситуации

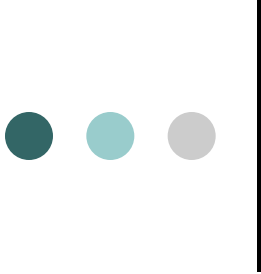
2. Возможно изменение модальности
сигнала

3. Усиление действия сигнала



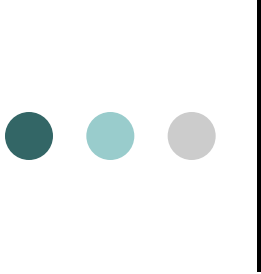
Органы чувств. Анализаторы

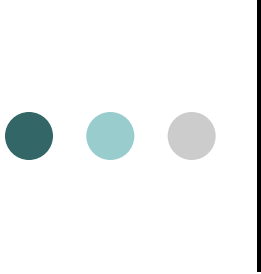
- Связь с окружающим миром осуществляется при помощи *органов чувств*, которые предназначены для восприятия окружающего мира.
- Органы чувств животного и его среду можно рассматривать как непрерывно действующую саморегулирующуюся систему, предназначенную для обеспечения животному наиболее благоприятных условий.
- Каждый орган чувств воспринимает изменения окружающей среды при помощи находящихся в них *рецепторов*.



Типы рецепторов

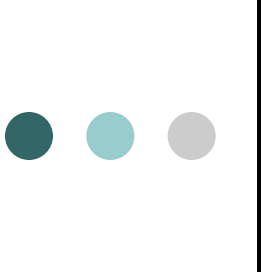
- Имеются два основных типа органов чувств, или рецепторов: *контактные и дистантные*.
- К первым относятся органы вкуса и осязания: они получают сигналы от объектов, находящихся в контакте с телом животного.
- Дистантные рецепторы, такие как глаза, уши и нос, собирают сигналы, которые могут быть ослаблены в результате того, что этим сигналам приходится преодолевать некоторое расстояние.

- 
- Информация, полученная с помощью органов чувств, в головном мозге подвергается сложной обработке с помощью *анализаторов*.



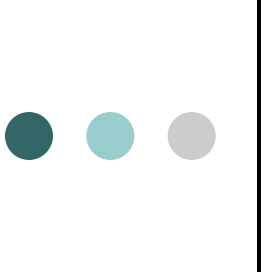
Анализаторы

- Анализатор, согласно И.П. Павлову, представляет собой единую функциональную систему, состоящую из трех отделов:
 - периферического или рецепторного;
 - проводящего;
 - центрального, или мозгового.



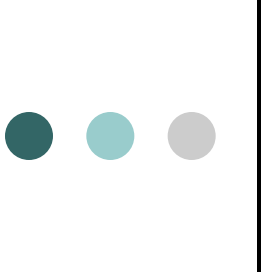
Анализаторы

- *Периферический отдел* анализатора представлен чувствительными нервными окончаниями - *рецепторами*, воспринимающими определенные раздражения.
- *Проводящий отдел* состоит из *чувствительных нервных волокон*, по которым возбуждение, возникшее в рецепторах, передается в кору головного мозга.
- В *центральной доле* происходит высший тончайший анализ поступившего раздражения, в результате чего возникает ощущение.



Рецепторы

- *Интерорецепторы воспринимают раздражения, сигнализирующие о процессах, происходящих во внутренних органах.*
- *Экстерорецепторы - воспринимают раздражения из внешней среды. К числу их относятся кожные рецепторы, органы вкуса, обоняния, зрения и слуха.*

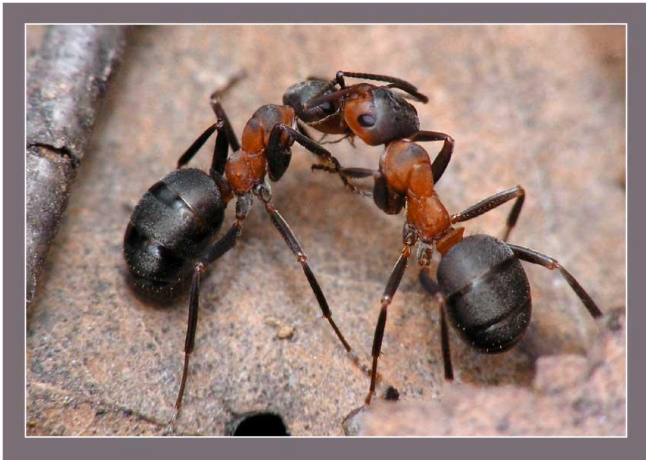


Две группы рецепторов

		Проприоцепторы	
	Интерорецепторы	Висцерорецепторы	
		Вестибулорецепторы	
Рецепторы			
		Кожные рецепторы	
		Рецепторы вкуса	
	Экстерорецепторы	Рецепторы обоняния	
		Рецепторы зрения	
		Рецепторы слуха	

Виды биокommunikации

Тактильная коммуникация



Химическая коммуникация



Звуковая коммуникация

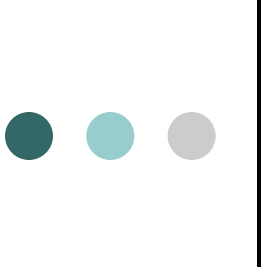


Зрительная коммуникация



Электромагнитная коммуникация





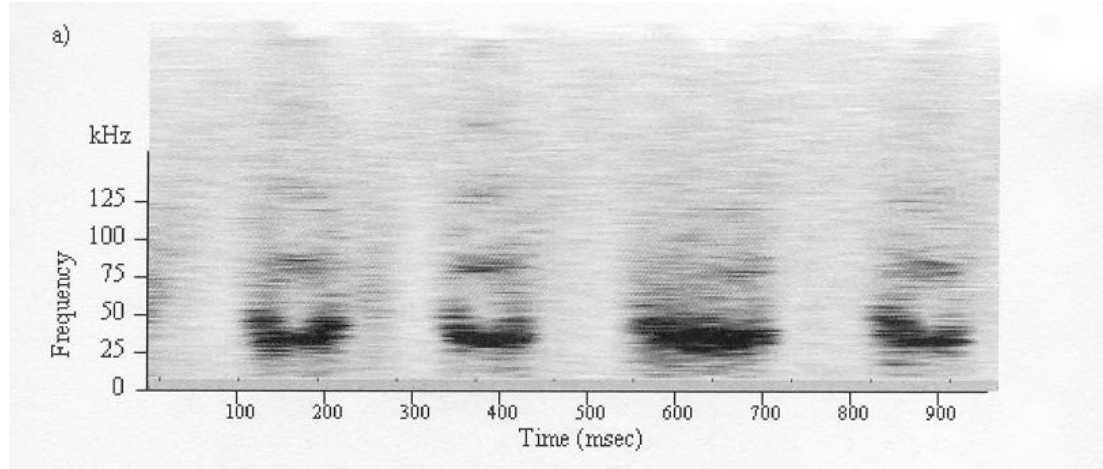
Основные категории коммуникативных сигналов

1. Сигналы, предназначенные для полового партнера или конкурента
2. Сигналы, обеспечивающие контакт между родителями и потомством
3. Сигналы тревоги
4. Сообщения о наличии пищи
5. Сигналы, обеспечивающие контакт в стае
6. Сигналы - «переключатели»
7. Сигналы - «намерения»
8. Сигналы агрессии
9. Сигналы миролюбия
10. Сигналы фрустрации

ХИМИЧЕСКАЯ КОММУНИКАЦИЯ



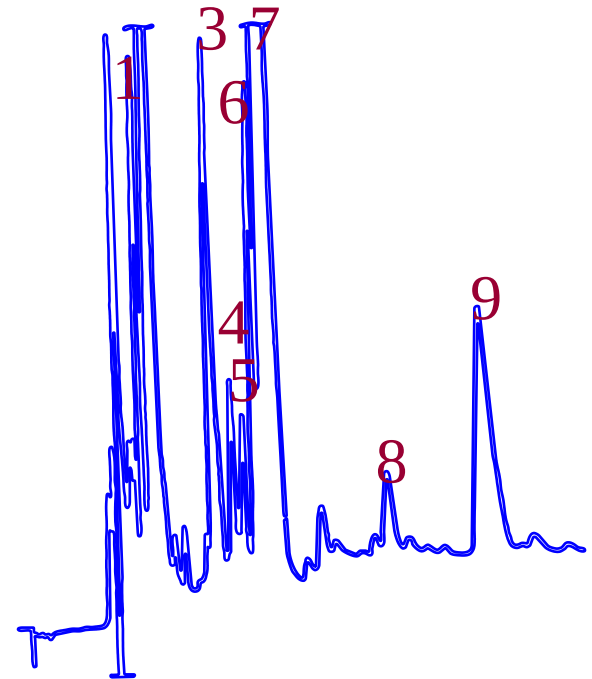
Свойство канала	Химический	Акустический	Зрительный	Тактильный
Расстояние	Большое	Большое	Среднее	Очень маленькое
Скорость распространения	Низкая	Высокая	Высокая	Нет
Огибание барьеров	Да	Да	Нет	Нет
Определение местоположения отправителя	Зависит от характера сигнала, но возможно использование градиента	Относительно легко	Легко	Легко
Энергетические затраты для отправителя	Низкие	Высокие	От низких до средних	Низкие
Длительность сохранения	Разная, но может быть очень длительной	Не сохраняется	Не сохраняется	Недолго
Использование в темноте	Да	Да	Нет	Да
Специфичность	Потенциально высокая	Высокая	Весьма ограниченная	Ограниченная



Отсутствуют физические параметры, которые коррелировали бы с качеством запаха или вкуса (обонятельными сигналами сложнее манипулировать, чем акустическими или зрительными, где число задаваемых параметров ограничено, например, длина волны, амплитуда, фаза)

Проблемы изучения химической коммуникации животных

Орган обоняния - более чувствительный инструмент, чем любой химический анализатор, при этом **все** газоанализаторы построены по принципу последовательного считывания информации, тогда как орган обоняния воспринимает все вещества, находящиеся в смеси **одновременно**

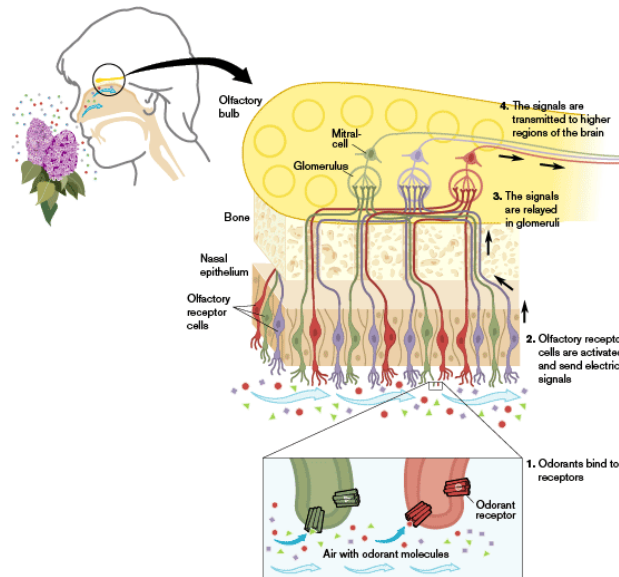
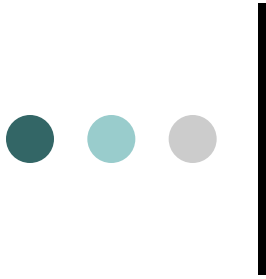


● ● ● |
Человек, в отличие от большинства других видов животных, в своей жизни **меньше использует обоняние** (при планировании экспериментов нам сложно оперировать собственным опытом)



Наблюдения в природе за поведением животного в редких случаях позволяют с уверенностью говорить о том, что мы имеем дело именно с химической коммуникацией

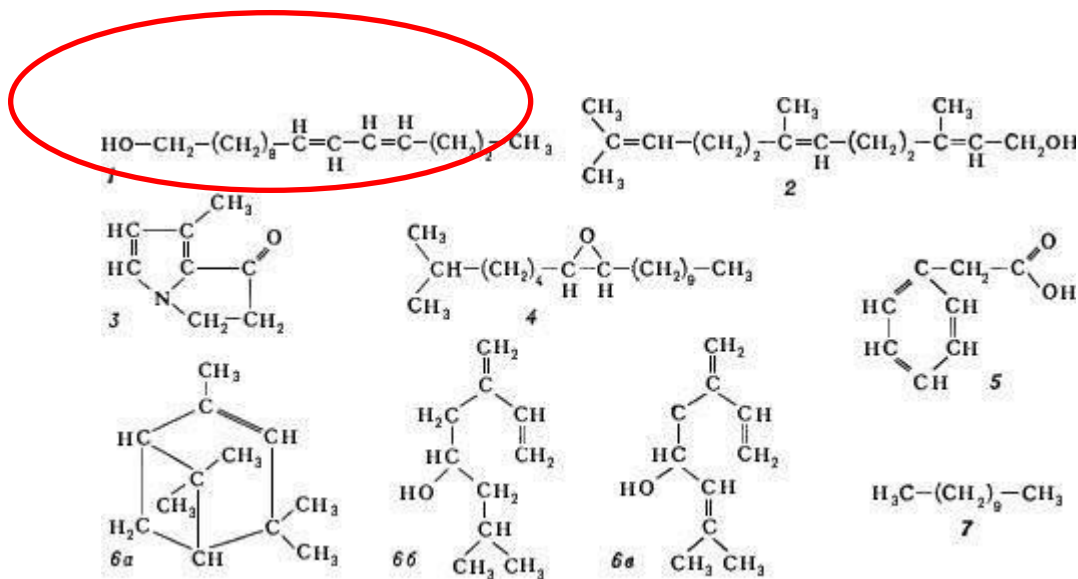




Важнейшим свойством обонятельных рецепторов является их **способность к возобновлению** (прибл. каждые 40 дн). Это означает, рецепторы могут перенастраиваться на новые пахучие вещества или их концентрации



бомбикол



Лауреат
Нобелевской премии
1939 г.
Адольф Фридрих
Иоганн Бутенандт



Пути использования феромонов насекомых для контроля их численности

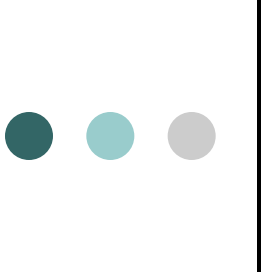
Отпугивание
(репелленты)



Привлечение
(аттрактанты)

Дезориентация

Удержание
(арестанты)



Пути использования пахучих веществ для контроля численности млекопитающих

Репелленты:

химические вещества (нафталин+сера=Rat A-Way)

пахучие растения (полынь, мята, смолы хвойных Mouse Away)

запах хищника (вещества, выделенные из экскретов хищников Shake Away)

Аттрактанты:

пахучие пищевые добавки

«запах вида» (продукты жизнедеятельности конспецификов)

половые аттрактанты (вещества, выделяемые противоположным полом)

Феромоны, влияющие на поведение и физиологию:

Естественные или синтетические вещества и смеси, изменяющие поведение и физиологию реципиентов

Опыт применения «запаха хищника» для контроля численности грызунов и зайцеобразных



КРОТОВИДНЫЙ ГОФЕР

Синтетическая смесь
серосодержащих
веществ, выделенная из
анальных желез
горностая

В ноябре с площади 4
га удалили всех
животных, в норки
заложили пластины с
препаратом, к весне
только 50% нор
оказались занятыми
(Sullivan, 1990)



КРОЛИК

Экстракт фекалий льва

В течение 5 месяцев
кролики избегали
ловушек, на которые
распыляли препарат
(Boag, 1991)

Репелленты и аттрактанты на основе внутривидовых обонятельных сигналов



АМЕРИКАНСКИЙ БОБР

Бобровая струя и секрет анальных желез незнакомых самцов и самок

Хуже заселяет территории, на которых размещены метки, чужих бобров (Muller-Schwarze, 1990)



ОНДАТРА

Мускус и секрет препуциальных желез особей своего вида

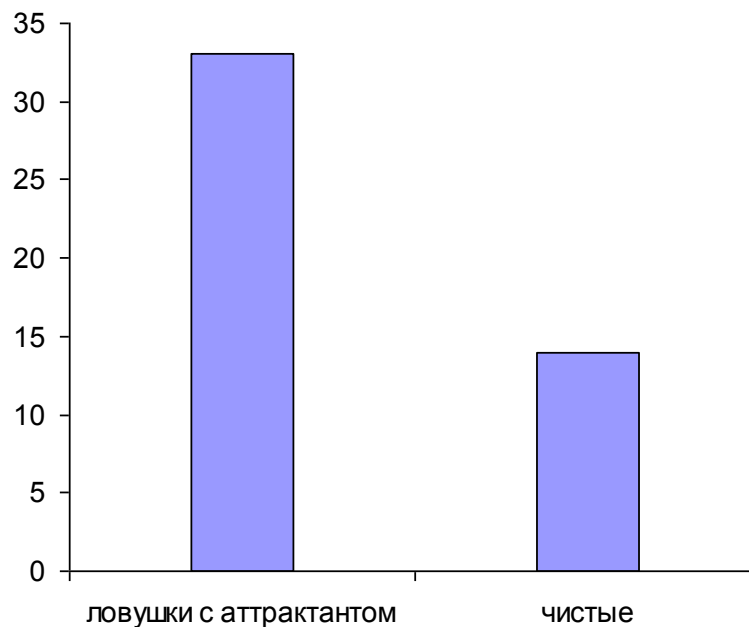
Взрослые животные избегают помеченных ловушек, (Van den Berk, Muller-Schwarze, 1984) (США, Монтесума)

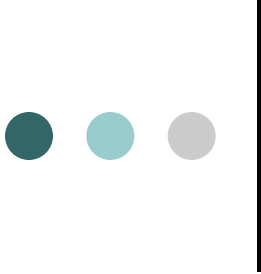
Аналогичный эксперимент в Нидерландах продемонстрировал аттрактивный эффект конспецифических сигналов (Riotter et al., 1982)



n-бутиламониевая соль
уксусной кислоты,
выделенная из мочи крыс

На ловушки Геро (n=664)
помимо приманки из
копченой колбасы
добавляли видовой
феромон. Вылов зверьков
в помеченные ловушки
был в 2,3 раза выше
(Судейкин и др., 1983)

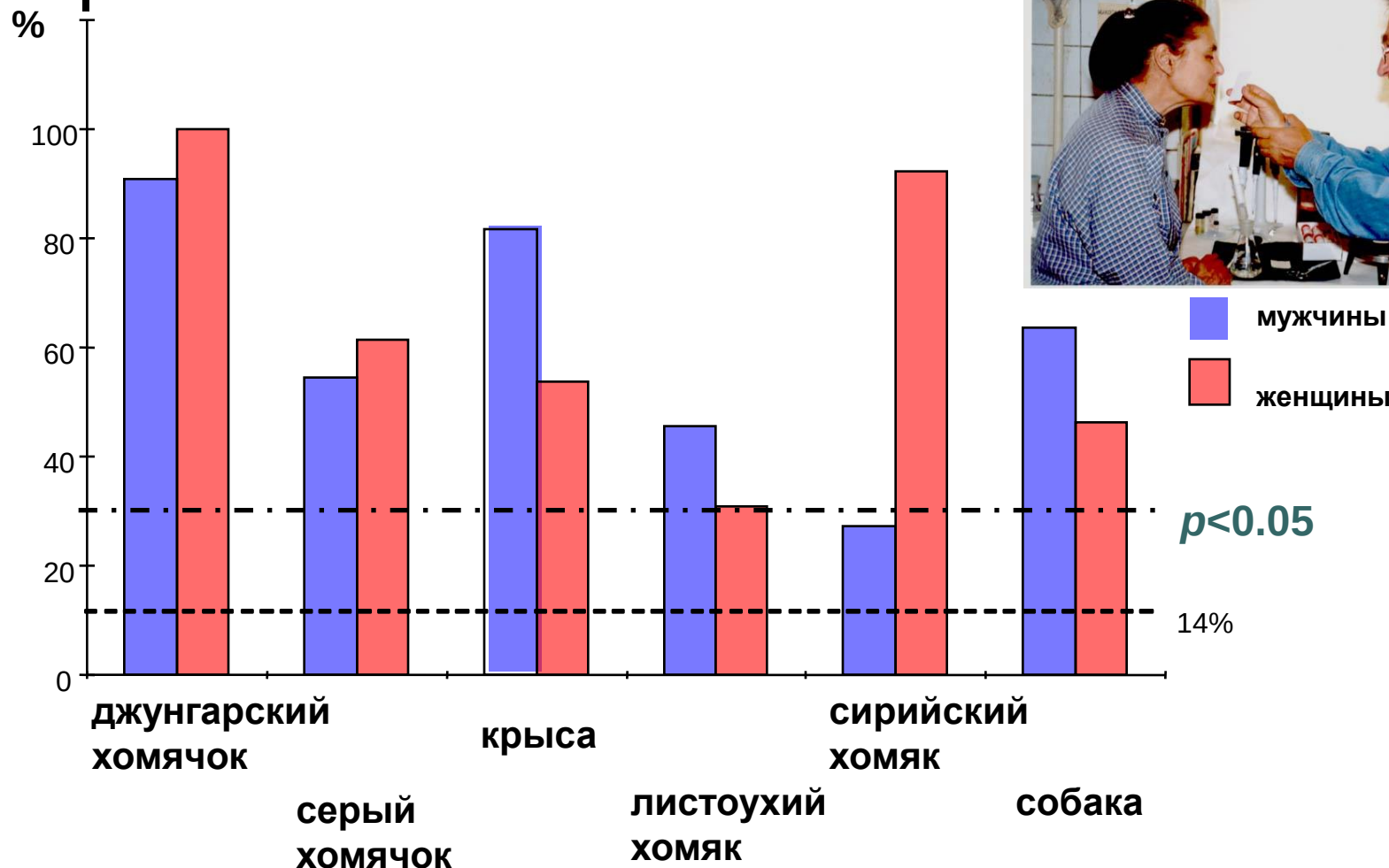




Наиболее известные феромоны

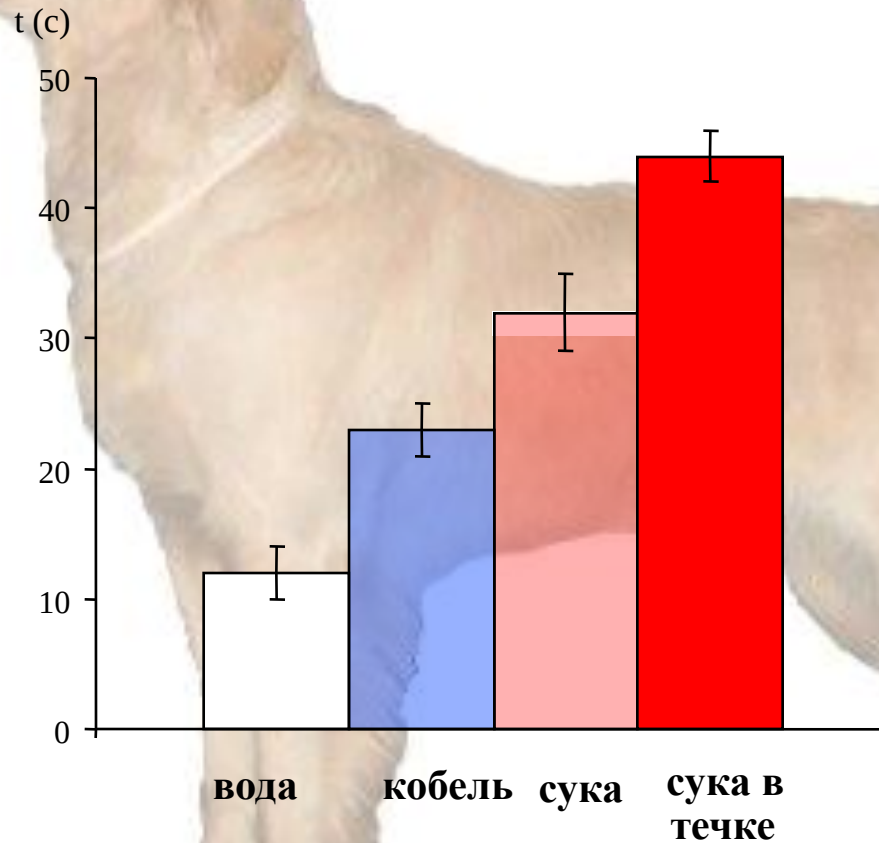
- *эпагоны*, "феромоны любви" или половые аттрактанты;
- *одмихнионы*, "путеводные нити", указывающие дорогу к дому или к найденной добыче, они же и метки на границах индивидуальной территории;
- *торибоны*, феромоны страха и тревоги;
- *гонофионы*, феромоны, меняющие половые свойства;
- *гамофионы*, феромоны полового созревания;
- *этофионы*, феромоны поведения;
- *лихневмоны*, феромоны вкуса.

Доля правильных ответов при разделении людьми образцов мочи самцов и самок 6 видов млекопитающих (Суров, Соловьева, 2001)



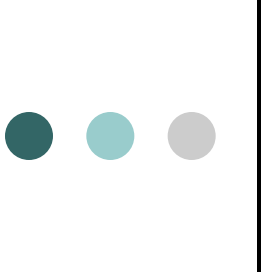
Время исследования самцами сирийского хомяка образцов мочи собаки (n=46)

(Surov et al., 2001)



ЭКСПЕРИМЕНТЫ С СОБАКАМИ





Результаты опытов по распознаванию собаками, обученными выбирать самок домовых мышей, образцов выделений самок пяти незнакомых видов млекопитающих (Surov et al., 1999).

Виды-доноры	Источник	Количество доноров		n	Доля правильных ответов (%)
		самцы	самки		
Волк	моча	12	3	12	100
	фекалии	12	3	6	100
Серая крыса	моча	18	4	10	100
Сирийский хомяк	моча	12	4	16	100
Человек	секрет кожных желез	12	4	16	100
Серый хомячок	моча	13	5	8	100

Число компонентов

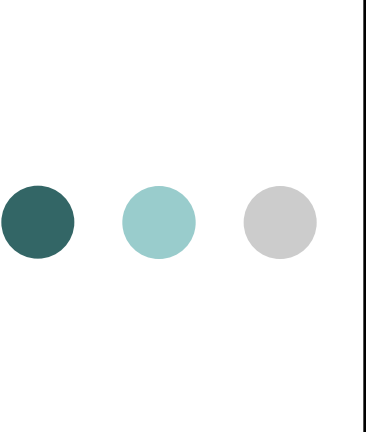
Мультисенсорный образ

Сложный обонятельный образ

релизерная модель

(в основном у насекомых)





Акустическая коммуникация



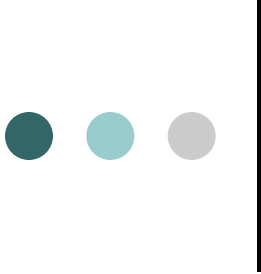
ЯЗЫКИ ЖИВОТНЫХ



Звуковая коммуникация



- Звуковые сигналы животных - средство экстренной связи для передачи сообщений как при непосредственном зрительном, тактильном контакте между партнерами, так и при его отсутствии.
- Дальность передачи акустической информации определяется четырьмя основными факторами:
 - 1) *интенсивностью звука;*
 - 2) *частотой сигнала;*
 - 3) *акустическими свойствами среды,* через которую передается сообщение и
 - 4) *порогами слуха животного,* принимающего сигнал.
- Звуковые сигналы, передаваемые на большие расстояния, известны у насекомых, земноводных, птиц и многих видов млекопитающих средних и



ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОММУНИКАЦИИ

Коммуникативная система

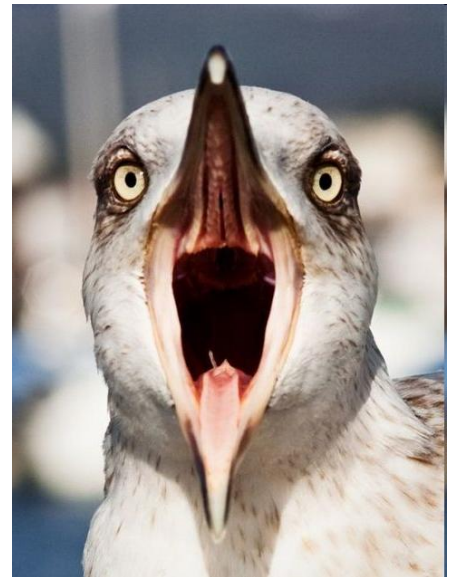


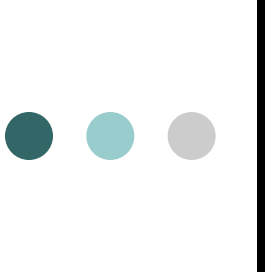
Какие средства и приспособления
используют животные, чтобы передать и
получить информацию с наименьшими
потерями?

Как достичь наибольшей эффективности при передаче звукового сигнала?

Три основных характеристики звука:

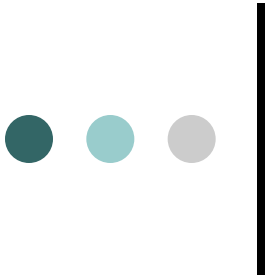
1. Интенсивность
2. Высота (или частота звука)
3. Длительность





Характеристики звука

- Скорость движения звуковых волн в данной среде и есть скорость звука. Число волн, проходящих в секунду через какую-либо точку пространства, называется частотой звуковых колебаний.
- Ухо того или иного вида животных воспринимает звук лишь в ограниченном диапазоне частот, или длин, волн.
- Волны с частотой ниже 20 Гц не воспринимаются как звуки, а ощущаются как вибрации. Вместе с тем, колебания с частотой выше 20 000 Гц (так называемые ультразвуковые) также не воспринимаются ухом человека.
- Другой характеристикой звуковых волн является интенсивность, или громкость, звука, которую определяют по расстоянию от пика или впадины волны до средней линии. Интенсивность служит и мерой энергии звука.

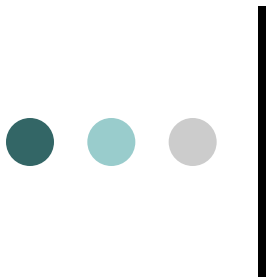


Верхний предел слуха

Организм

Верхний предел слуха, Гц

Гусеница дневного павлиньего глаза	1000
Гольян обыкновенный	7000
Ящерицы	10'000
Лягушки	10'000
Слон	10'000
Голубь	12'000
Касатка-скрипун	13'000
Человек	20'000
Певчие птицы	20'000
Обыкновенная неясыть	21'000
Шимпанзе	33'000
Лошадь	33'500
Корова	35'000
Курица	38'000
Собака	45'000
Крыса	60'000
Кузнечик	90'000
Мышь	90'000
Летучие мыши	120'000



Нижний предел слуха

Организм

Нижний
предел слуха, Гц

Слон

17

Человек

20

Корова

23

Лошадь

55

Собака

60

Обезьяна

110

Крыса

650

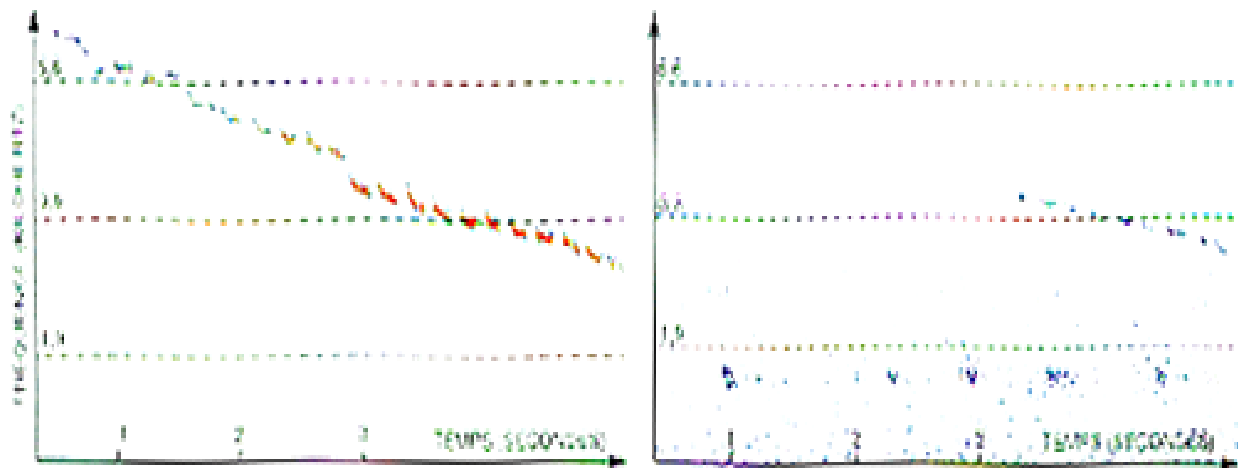
Мышь

1000

Летучая мышь

3000

«Звуковое окно»



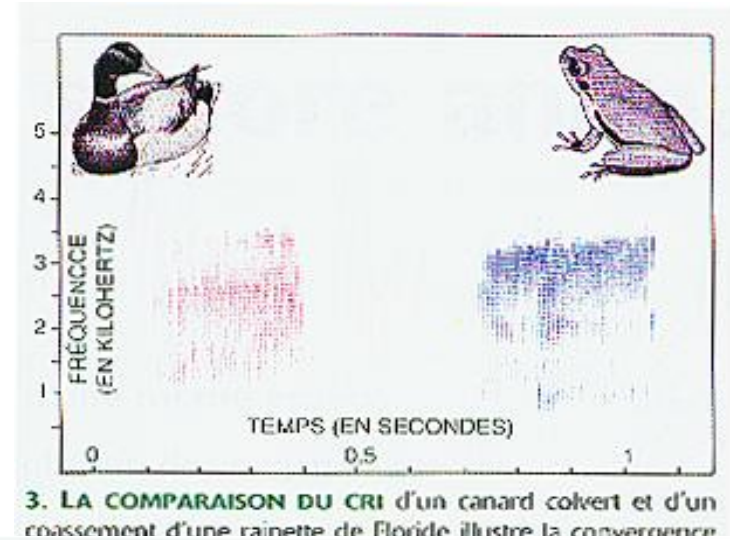
2. CHANT TERRITORIAL D'UNE PARULINE A SOURCILS BLANCS.
A gauche, le chant enregistré près de l'oiseau. Après 100 mètres de propagation à travers la forêt tropicale (à droite), les premiers

notes du chant, de haute fréquence, ont toutes été absorbées par la végétation. Seule la deuxième moitié du chant peut encore être perçue par l'oiseau récepteur.

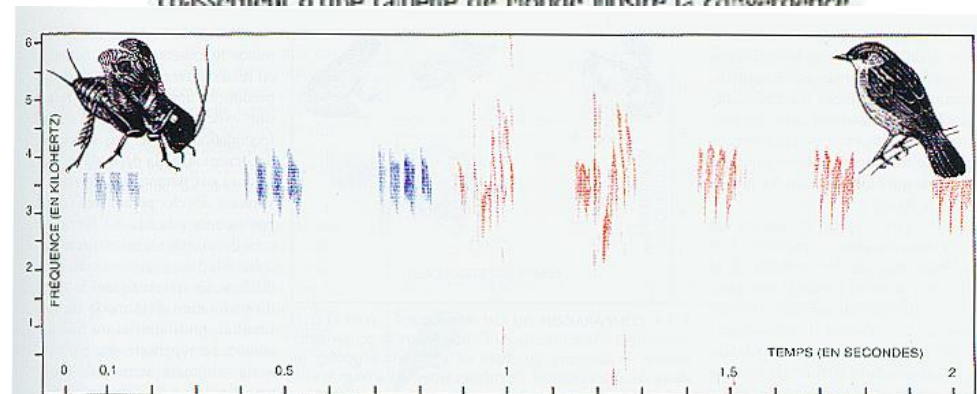
Песня белобровой американской славки

Конвергенция звуковых

● СИГНАЛОВ



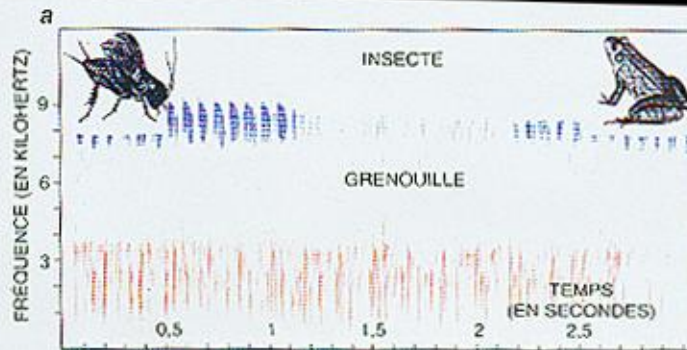
3. LA COMPARAISON DU CRI d'un canard colvert et d'un croassement d'une rainette de Floride illustre la convergence



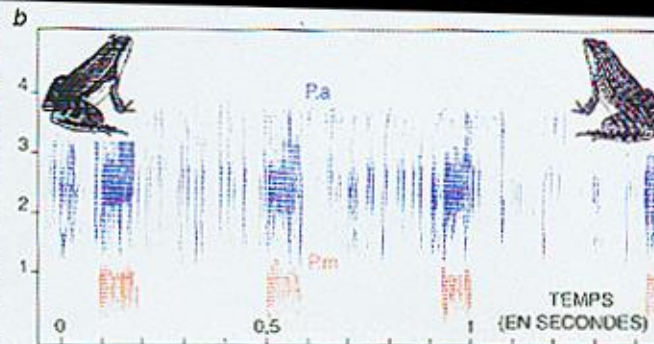
2. LA CONVERGENCE SONORE APPARAÎT sur ce sonagramme de la stridulation d'un grillon qui vit en terrain découvert. Le sonagramme d'une partie du chant de la cisticole à dos noir fait apparaître, après deux motifs complexes, trois motifs de quatre notes émis entre 2,8 et 4,2 kilohertz. À l'oreille, les motifs de

l'oiseau ressemblent à ceux du grillon. Pourtant, on note une différence de structure: l'unité sonore du grillon est un léger glissando descendant, tandis que la note de l'oiseau commence par une note un peu plus grave que l'ensemble de la note qui évolue en glissando ascendant.

Rasхождение сигналов

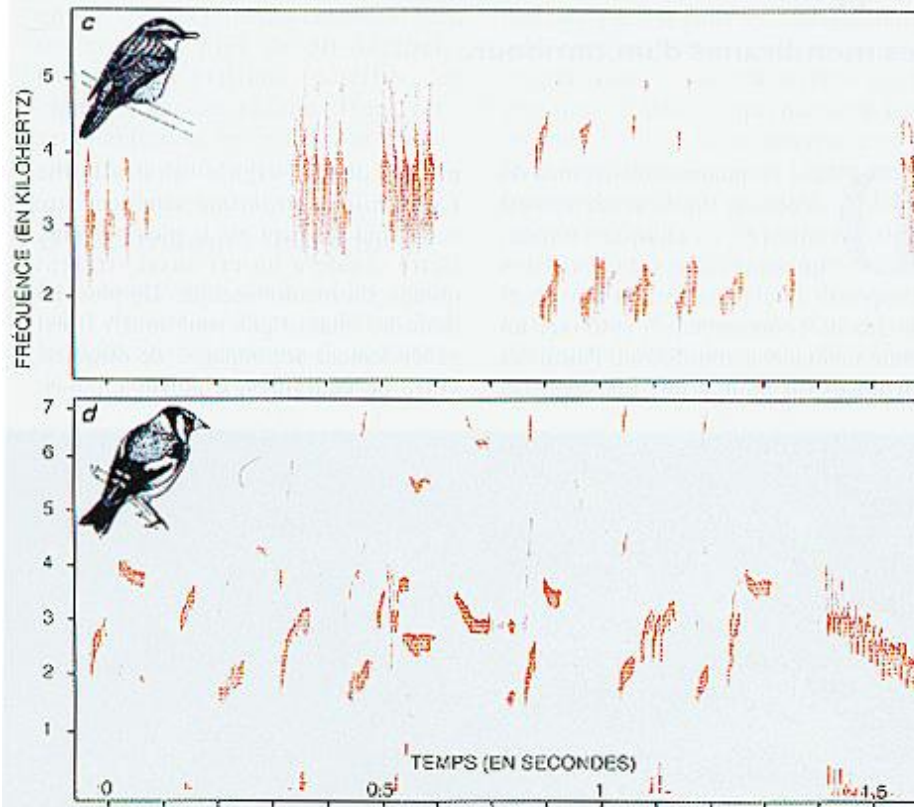
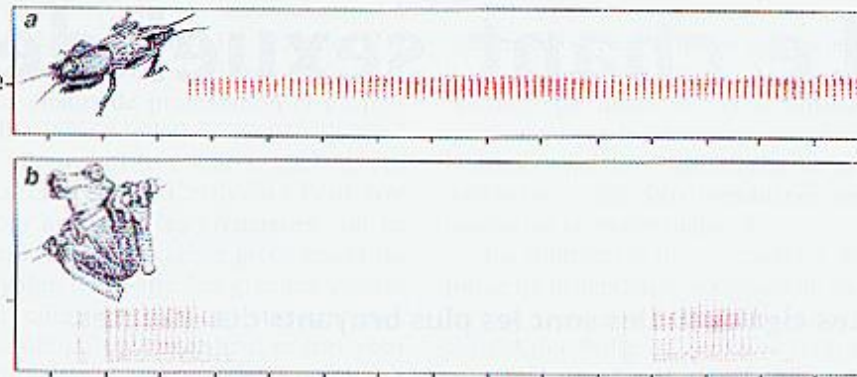


1. EXEMPLES D'ÉMERGENCE acoustique. L'exclusion fréquentielle (a): autour d'une mare de savane africaine, un orthoptère stridule en même temps que coasse une grenouille. Les spectres des fréquences de leurs émissions sont bien distincts, séparés de plus de trois kilohertz. Contraste rythmique (b): surimposition des émissions



vocales de deux espèces d'amphibiens anoures savaniques de Côte d'Ivoire *Phrynobatrachus accraensis* (P.a.) et *Ptychoadena macarthiensis* (P.m.). L'émission de clics peu espacés (0,01 seconde) du *Phrynobatrachus* ne se confond pas avec celle des cris longs (0,1 seconde) et espacés (0,4 seconde) de *Ptychoadena*.

ЭВОЛЮЦИЯ ВОКАЛЬНЫХ СИГНАЛОВ

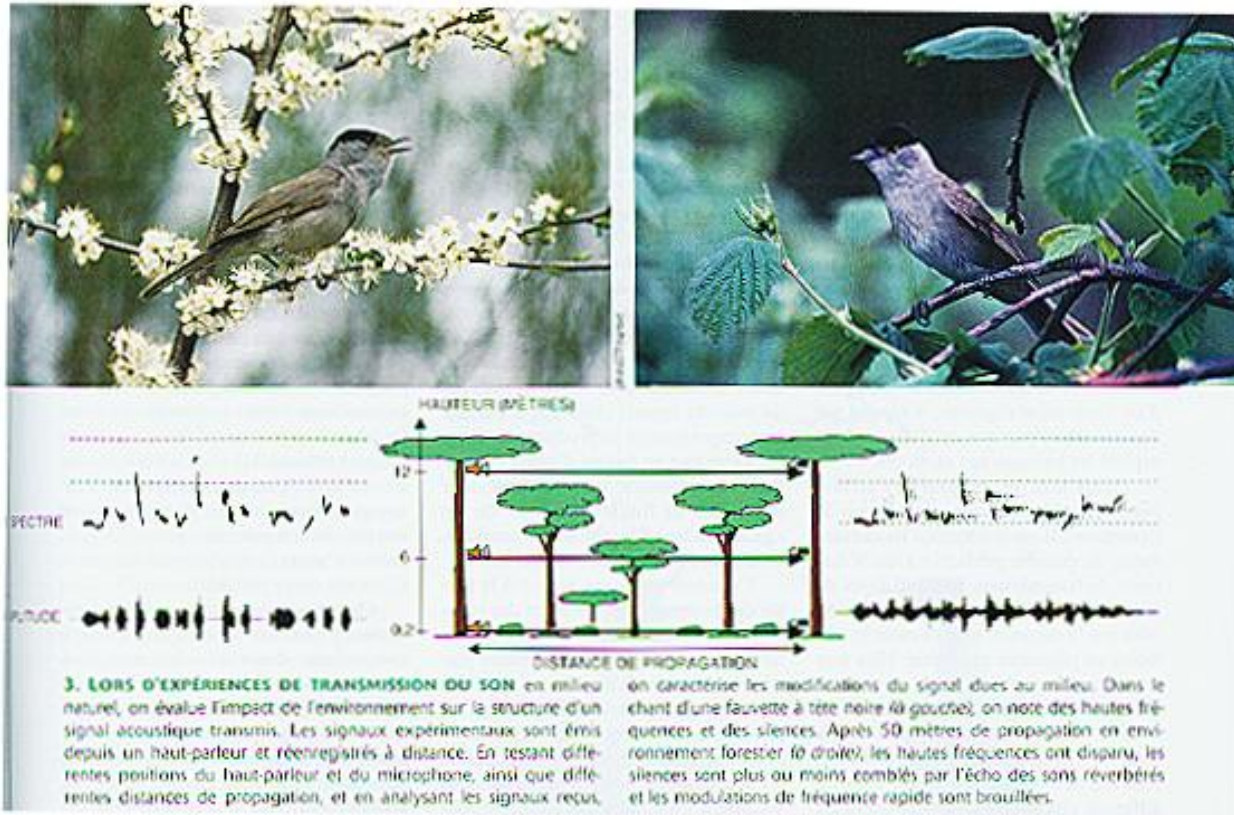


Сложности реципиента

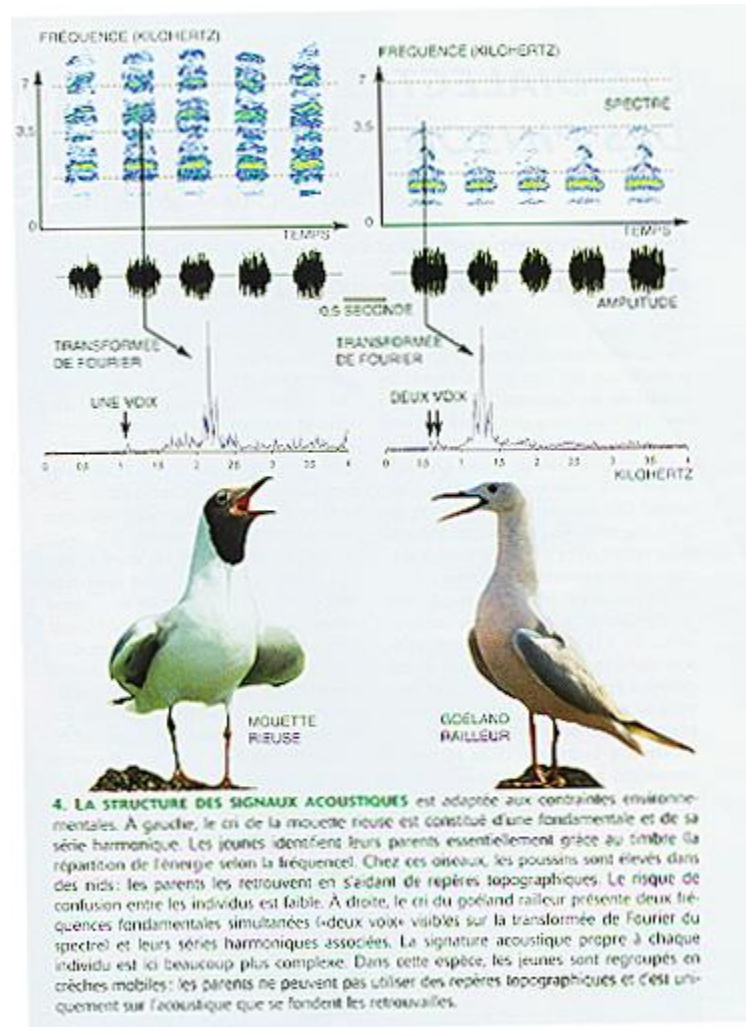
- Распознавание вида
- Определение местоположение донора



Распознавание вида



Распознавание вида



- ● ●

Акустическая коммуникация представителей разных таксономических групп



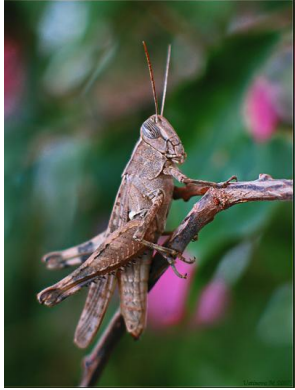
Водные беспозвоночные



- Двустворчатые моллюски, усоногие рачки продуцируют звуки, открывая и захлопывая свои раковины или домики
- Планкусты издают громкие скребущие звуки, потирая антеннами о панцирь.
- Крабы предупреждают или отпугивают чужаков, потрясая клешней, пока она не начинает трещать, причем самцы крабов издают этот сигнал даже при приближении человека.
- Благодаря высокой звукопроводимости воды сигналы, издаваемые водными беспозвоночными, передаются на расстояния.



Насекомые



- Первыми на суше, стали издавать звуки, которые они производят высокоспециализированными органами.
- тимпанальные органы (у бабочек, кузнечиков, сверчков, цикад);
- волосковидные сенсиллы, состоящие из воспринимающих вибрацию щетинок на поверхности тела;
- хордотональные (струновидные) сенсиллы, расположенные в различных частях тела



Рыбы

- Рыбы производят множество звуков, стуча жаберными крышками, и при помощи плавательного пузыря.
- Звуковые сигналы используются для сбора в стаю, как приглашение к размножению, для защиты территории, а также как способ индивидуального распознавания.
- У рыб нет барабанных перепонки, и они слышат не так, как люди. Система тонких косточек, т.н. **веберов аппарат**, передает колебания от плавательного пузыря к внутреннему уху.
- Диапазон частот, которые воспринимают рыбы, сравнительно узок - большинство не слышит звуков выше верхнего "до" и лучше всего воспринимает звуки ниже "ля" третьей октавы.



Земноводные

- Только лягушки, жабы и древесные лягушки издают громкие звуки;
- Из саламандр одни пищат или тихо свистят, другие имеют голосовые складки и издают негромкий лай.
- Звуки, издаваемые земноводными, могут означать угрозу, предупреждение, призыв к размножению, они могут использоваться как сигнал неблагополучия или как средство защиты территории.
- Некоторые виды лягушек квакают группами по три особи, а большой хор может состоять из нескольких громкоголосых трио.



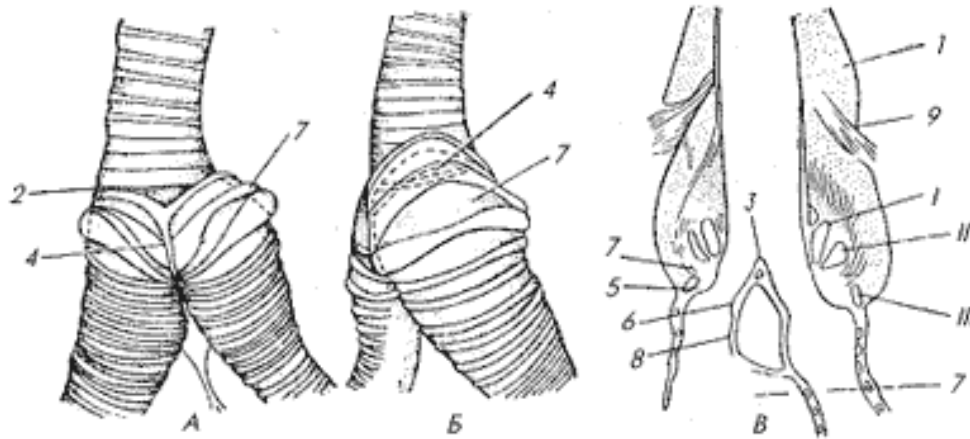
Пресмыкающиеся

- Змеи шипят или издают треск.
- В Африке и Азии встречаются змеи, которые стрекочут с помощью чешуек.
- Змеи не имеют наружных ушных отверстий, они ощущают только те вибрации, которые проходят через почву.
- Гекконы имеют наружные ушные отверстия. Они громко щелкают и издают резкие звуки.
- Весной самцы аллигаторов режут, призывая самок и отпугивая других самцов.
- Крокодилы издают громкие тревожные звуки, когда напуганы, и сильно шипят, угрожая вторгшемуся на их территорию чужаку.
- Детеныши аллигаторов пищат и хрипло квакают, чтобы привлечь внимание матери.
- Галапагосская гигантская, или слоновая, черепаха издает низкий хриплый рев, а многие другие черепахи угрожающе шипят.



Птицы

- Голосовой аппарат птиц, т.н. нижняя гортань, или сириккс, располагается в нижнем отделе трахеи

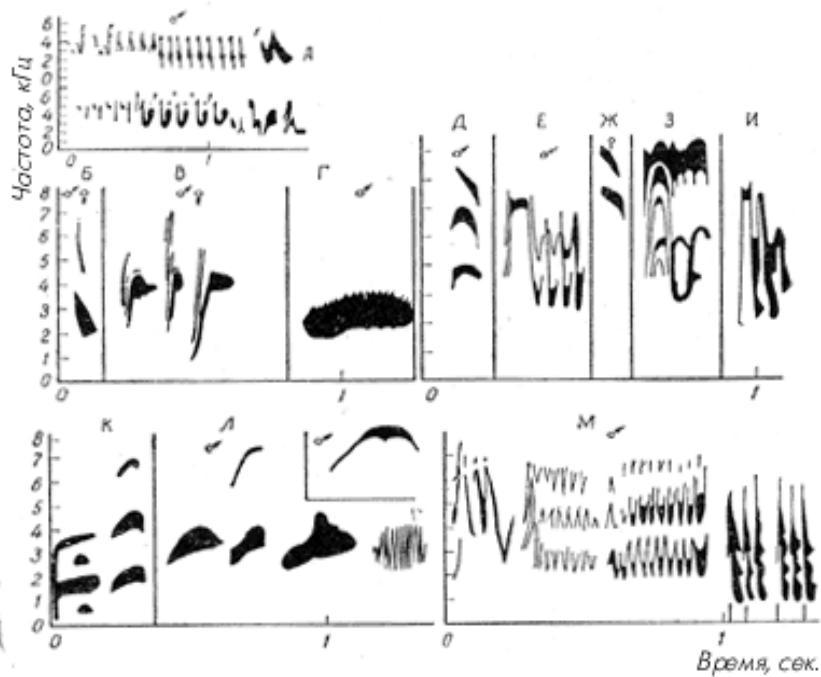


Сигналы птиц

- Инструментальные сигналы
- Голосовые сигналы
- делят на **позывы** – короткие, простые звуки, издаваемые в самых разнообразных ситуациях в течение всего года;
- и **песню**, которая имеет большую длительность, сложную структуру и связана в основном с репродуктивным периодом в жизни птиц.
- За песней признают две ведущие функции: рекламную, связанную с охраной границ гнездового участка,
- и функцию привлечения самки.



Песня птиц



Сонограммы сигналов зябликов

- Песня характеризуется полифункциональностью, индивидуальной и географической изменчивостью.
- Пение представляет собой сложную категорию, включающую звуки разного биологического значения. Различают территориальную песню, осеннюю песню, песню ухаживания, боевую песню, рекламную песню, песню-одиночке, песню молодых и т.д.

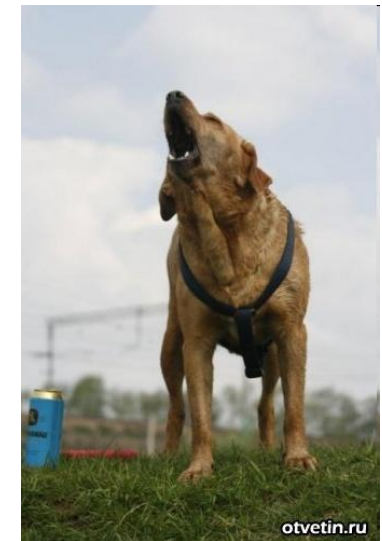




Наземные млекопитающие



- Сигналы тревоги;
- Предупреждения об опасности;
- Общение с детенышами;
- Брачные крики;
- Оповещение о находке пищи.
- Среди приматов широко распространена межвидовая коммуникация.



ВОДНЫЕ МЛЕКОПИТАЮЩИЕ



- Водные млекопитающие, как и наземные, имеют уши, состоящие из наружного отверстия, среднего уха с тремя слуховыми косточками и внутреннего уха, соединенного слуховым нервом с головным мозгом. Слух у морских млекопитающих превосходный, ему помогает и высокая звукопроводность воды.
- В период размножения самки и молодые тюлени воют и мычат, и эти звуки часто инициируются лаем и ревом самцов.



Самцы режут в основном для того, чтобы обозначить территорию, на которой каждый собирает гарем из 10-100 самок. Голосовое общение у самок связано, прежде всего, со спариванием и заботой о потомстве.

Киты и дельфины



- Киты постоянно издают щелканье, скрип, вздохи на низких тонах, а также нечто подобное скрипу ржавых петель и приглушенным ударам. Считается, что многие из этих звуков эхолокационные сигналы, используемые для обнаружения пищи, ориентации под водой, поддержания целостности группы.
- Звуки, издаваемые дельфинами, это стоны, пiski, скуление, свист, лай, визг, мяуканье, скрип, щелчки, чириканье, похрюкивание, пронзительные крики и т.п.
- Эти звуки состоят из непрерывной серии вибраций на частотах от 3000 до более чем 200000 Герц. Они производятся при выдувании воздуха через носовой проход и две клапановидные структуры внутри дыхала.
- Производимый дельфинами звук, похожий на скрип ржавых петель, представляет собой резкий, короткий, похожий на щелчок звук, который является эхолокационным сигналом. Этот звук используется для обнаружения пищи, ориентации под водой, поддержания целостности группы.

