

Оглавление

| | |
|--------------------|---|
| Введение | 9 |
|--------------------|---|

Глава 1

ОБОНЯНИЕ В АНТРОПОЦЕНЕ

| | |
|------------------------------------------------------------|----|
| Наш изменчивый обонятельный ландшафт | 22 |
| Разрушительная роль CO ₂ | 23 |
| Увеличение содержания газов и сдвиги температуры | 25 |
| Мир насекомых. | 26 |
| Воздействие озона. | 27 |
| Роль температурных колебаний | 29 |
| Исследования насекомых продолжаются. | 30 |
| Запах пластика | 31 |
| Изменение обоняния | 32 |
| Человеческое обоняние | 34 |
| Наше обоняние и антропоцен | 35 |
| Болезни и запах | 36 |

Глава 2

ЧЕЛОВЕЧЕСКОЕ ОБОНЯНИЕ И ЗАПАХИ

| | |
|----------------------------------------------|----|
| Ужасная утрата | 43 |
| Насколько мы чувствительны? | 47 |
| В наших генах. | 48 |
| Наши феромоны: правда или вымысел? | 49 |
| Отсутствующий орган? | 50 |
| Первые запахи | 55 |
| Кто сможет отличить? | 57 |
| Запах страха. | 58 |
| Можно ли угадать химию? | 59 |
| Генетика и сдвиг иммунитета | 61 |
| Женщины: синхронно или нет | 63 |
| От сердца: приближение и избегание | 65 |
| Как неприятно!. | 67 |
| Это происходит в нашей голове | 69 |
| Без вкуса и запаха | 71 |

| | |
|----------------------------------|----|
| Чувства и воспоминания | 72 |
| Нетривиальное чувство | 73 |

Глава 3

НАШ СТАРЫЙ ДРУГ СОБАКА И ЕЕ ПРЕВОСХОДНЫЙ НЮХ

| | |
|--------------------------------------|----|
| Чувствительный орган? | 79 |
| Длинная извилистая дорога | 81 |
| Собачья жизнь | 82 |
| А волки? | 84 |
| От частных случаев к науке | 85 |
| Незаменимые помощники | 86 |

Глава 4

У ПТИЦ ВЕДЬ НЕТ ОБОНЯНИЯ, НЕ ТАК ЛИ?

| | |
|----------------------------------------------|-----|
| Теория, изменившая все | 93 |
| Морской стервятник? | 94 |
| Навигационные средства | 96 |
| Оседлые птицы | 97 |
| Брачный сезон | 102 |
| Идентификация родственников | 103 |
| Ритуалы ухаживания и спаривания | 104 |
| Все дело в генах | 106 |
| Стервятники и их польза для нас | 107 |
| Баланс нарушен | 109 |

Глава 5

ЧТО ЧУЮТ РЫБЫ?

| | |
|----------------------------------------------|-----|
| Обонятельная анатомия рыб | 115 |
| Феромоны и общение рыб | 115 |
| Жертвующие собой партнеры-паразиты | 116 |
| Паразиты-вампиры | 119 |
| Поиск пути домой | 120 |
| Опасные мастера преследования | 123 |
| Фактор страха | 128 |
| Водные млекопитающие | 129 |

Глава 6

МЫШЬ НЕ МОЖЕТ БЕЗ ОБОНЯНИЯ

| | |
|------------------------------------------|-----|
| Самый главный из четырех носов | 136 |
|------------------------------------------|-----|

| | |
|-------------------------------|-----|
| Ганглий Грюнеберга | 139 |
| Септальный орган | 140 |
| Запах решает все | 142 |
| Кто есть кто? | 144 |
| Подготовка тела | 145 |
| Знай своего врага | 146 |
| Чуять, чтобы выжить | 148 |

Глава 7

ЛУЧШИЙ НЮХ – У МОТЫЛЬКА

| | |
|------------------------------------------------------|-----|
| Поиски самки | 152 |
| Мальми усилиями достигается многое | 153 |
| Передача через гены | 154 |
| Оценка рисков | 155 |
| Каждый сам за себя | 156 |
| Асимметричное отслеживание и женский напор | 158 |
| Мотыльки и наша экосистема | 160 |
| Работа над прорывными стратегиями | 161 |

Глава 8

НЕ ПРОСТО МАЛЕНЬКИЕ МУШКИ

| | |
|------------------------------------------|-----|
| Идеальная модель | 166 |
| Память в носу | 168 |
| Больше чем лабораторный тест | 169 |
| Запуск тактики выживания | 170 |
| Проклятье или нет? | 171 |
| Женский вопрос | 172 |
| Эволюция учтена | 173 |
| Более глубокое понимание | 174 |
| Новые события, новые опасности | 176 |

Глава 9

КОМАРЫ И ЗАПАХ КРОВИ

| | |
|-------------------------------------------|-----|
| Цепочка событий | 182 |
| Возможности оптимизированы | 183 |
| Цветочный аромат | 183 |
| Запах крови | 185 |
| Мы отличаемся друг от друга? | 187 |
| Нюхать языком | 190 |
| Куда отложить яйца? | 191 |
| Кровопийца, управляемая запахом | 192 |

Глава 10

ЖУКИ-КОРОЕДЫ: УБИЙЦЫ ДИНОЗАВРОВ

| | |
|---------------------------------------|-----|
| Коммуникация во время атаки | 197 |
| Уязвимая добыча. | 199 |
| Мощное оружие | 199 |
| Тактика уклонения | 200 |
| Охота на охотников. | 201 |
| Ошибки и экосистема. | 202 |

Глава 11

РАКИ С ОСТРОВА РОЖДЕСТВА

| | |
|---------------------------------------------|-----|
| Объект эволюционного исследования | 206 |
| Странная жизнь | 207 |
| Поиск следов в джунглях. | 208 |
| Секс на пляже. | 209 |
| Мозг, чтобы нюхать. | 213 |
| Возвращение на остров | 214 |
| Красные крабы. | 216 |
| Разные раки – разные мозги | 217 |
| Рай под угрозой | 218 |

Глава 12

ЕСТЬ ЛИ ОБОНЯНИЕ У РАСТЕНИЙ?

| | |
|--------------------------------------------------------|-----|
| Экспрессия в генах | 225 |
| Грозные предупреждения и подготовка | 226 |
| Грибы: отступление. | 227 |
| Идеальная защита | 228 |
| Тритрофическое взаимодействие: крик о помощи | 230 |
| Атака и приспособляемость. | 232 |
| Враждебное поведение. | 233 |
| Как накормить мир | 235 |
| Сокрушительная потеря? | 235 |
| Лишь первое впечатление. | 238 |

Глава 13

АРОМАТНЫЕ ОБМАНЩИКИ

| | |
|-----------------------------|-----|
| Без вознаграждения. | 242 |
| Умный обман | 243 |
| Запах смерти | 244 |
| Пахнет аппетитно!. | 247 |
| Опасные союзы | 248 |

| | |
|------------------------------------|-----|
| Болезненное влечение | 249 |
| Как мы используем запахи | 251 |

Глава 14

КАК МЫ ИЗВЛЕКАЕМ ВЫГОДУ
ИЗ ЗАПАХОВ И ОБОНЯНИЯ

| | |
|------------------------------------------------------------|-----|
| Сбор информации | 255 |
| Как обоняние помогает человеку | 256 |
| Как люди используют обоняние животных и насекомых. | 257 |
| Обонятельные машины | 260 |
| Манипулирование поведением человека. | 262 |
| Когда манипулируют животными | 264 |
| Помощь в производстве продуктов питания | 267 |
| Борьба с мухами | 268 |
| Доверяй своему носу | 270 |
| Заключение | 273 |
| Так пахнет будущее | 273 |
| Благодарности | 281 |
| Литература | 282 |

Введение

Холодные месяцы позади. Поля только что вспаханы. Воздух впервые с начала года кажется по-настоящему теплым. В нем витает особый приятный запах. Для всех, кто пережил такой момент, аромат означает именно это: весна, свежая земля, пашни. Нас может унести в прошлое воспоминание, спрятанное где-то в глубине мозга. Едва ли любой другой сенсорный опыт столь активно вызывает в воображении картины давно минувших дней, как полученный через обоняние. Воспоминания как будто только и ждут, когда подходящий запах пробудит их.

В литературе один из самых ярких примеров способности запаха вызывать воспоминания можно найти в первом из семи романов шедеврального цикла Марселя Пруста «В поисках утраченного времени» (оригинальное название на французском — *A la recherche du temps perdu*). Сладкий аромат «Мадлен», маленьких бисквитных печений, невольно будит воспоминания о детстве и взрослой жизни автора.

Но обоняние — это не уникальная особенность людей. Все живые существа, позвоночные и беспозвоночные, от насекомых до людей, используют сенсорные системы для восприятия окружающей среды и общения друг с другом. В ходе эволюции многие биологические виды стали в той или иной степени зависимы от информации определенного типа. Цикады и летучие мыши в основном используют звуковые волны, стрекозы и люди часто полагаются на визуальные об-

разы, а мотыльки, свиньи и собаки славятся своим острым нюхом.

Мы, люди, на самом деле очень рассчитываем на зрение и склонны забывать о других чувствах. Особенно это касается нашего обоняния — отчасти потому, что в наши дни мы меньше доверяем химической информации. Но и для нас в запахе есть нечто важное. Что-то, чего мы хотим избежать. Только подумайте, сколько усилий мы прилагаем, чтобы скрыть, замаскировав искусственными ароматизаторами или нейтрализовав дезодорантом, собственный естественный запах. Мы думаем, что меньше, чем другие живые существа, зависим от полученной благодаря обонянию информации, но в действительности это не так. Многие важные аспекты нашей жизни сильно зависят от запаха. О том, какие именно, я подробнее расскажу в главе о человеческом обонянии.

Животным острый нюх абсолютно необходим для выживания и размножения. Еще в XIX веке французский энтомолог Жан Анри Фабр заметил, что самка бабочки в клетке у него дома привлекает большое количество бабочек-самцов, и предположил, что это связано с запахами. Сегодня мы знаем, что он был на правильном пути. Самец мотылька следует за запахом, который самка оставляет в виде ароматного следа в гомеопатической концентрации; это делает мотылька, по-видимому, величайшим нюхачом среди всех животных.

Когда лосось возвращается на нерест в тот же рукав реки, где он родился, он ориентируется по запаху. Без обоняния он бы потерялся. Запахи в воде крайне специфичны: каждый приток имеет свои особенности.

Кобели так же, как мотыльки, стремятся учуять запах самки в течке, но их нюх не такой острый. Тем не менее чувствительность к запахам у собак в тысячу раз выше, чем

у нас, людей. Мы используем их способности во многих ситуациях, таких как охота и выслеживание, поиск оказавшихся под руинами после землетрясения и даже диагностика рака. Для собак большая часть жизни протекает не столько в визуальной среде, сколько в атмосфере запахов, соответственно, и прошлое они воспринимают не в виде зрительных впечатлений, а в виде запахов. Ароматы остаются в окружающем мире и могут рассказать нашим четвероногим друзьям, что произошло или кто прошел мимо, много часов спустя.

Долгое время считалось, что у птиц нет обоняния или оно очень плохое. Сегодня мы знаем о птичьем нюхе больше. Грифы могут издавлекать характерные молекулы запаха, исходящие от мертвого животного. Альбатросы и другие морские птицы находят дорогу к богатому планктонном участку по запаху, который обещает им успешную рыбалку.

Возможно, еще более удивительно то, что растения также могут посылать друг другу ароматические сообщения. Они также манипулируют друзьями и врагами с помощью очень специфических запахов. Например, если растение атакуют личинки бабочки, оно изменяет выделяемые летучие вещества. Эти молекулы играют две полезные роли. С одной стороны, они предупреждают соседей того же вида, что идет нападение, поэтому нужно активировать их защитные системы до того, как до них доберутся вредители. А с другой стороны, летучие вещества иногда могут служить и зовом о помощи: они привлекают естественных врагов этих личинок. Враг моего врага – мой друг. Даже в растительном мире. Кроме того, растения эволюционировали, чтобы привлекать насекомых, от которых зависит их опыление. Обычно этот процесс взаимовыгоден, но иногда растение обманом заставляет насекомых опылить его, не давая ничего взамен.

Все эти примеры ясно показывают, что выживание и размножение большинства живых существ зависит от обонятельной информации. Те, кто способен чувствовать химическую среду, могут адаптироваться к условиям окружающего мира, находить пищу или партнера и избежать множества врагов, токсинов и патогенов.

Но прежде чем мы сможем понять, как работает запах, нам нужно узнать, что это такое. Запах и вкус состоят из химической информации. Молекулы, растворенные в воде, дают нам вкус, а когда они находятся в воздухе, мы чувствуем их запах. Кусочек сахара не пахнет, потому что его молекулы слишком тяжелые и не взлетают, в то время как молекулы, которые исходят от лимона, нельзя спутать ни с чем другим. Молекулы лимона и цитраль* легко попадают в наши ноздри. Но не все испускаемые молекулы являются запахами. Они становятся частью запаха — например банана — только в том случае, если другое живое существо может их воспринять. Количество химических соединений поистине впечатляет. Банан испускает сотни различных молекул. Лишь немногие из них представляют собой настоящие молекулы запаха, которые могут уловить рецепторы насекомых или человеческий нос; все остальные — просто летучие вещества.

Чтобы иметь возможность воспринимать запахи, всем животным нужна некая система обнаружения. Особая часть нервной системы должна контактировать с окружающей средой и иметь специфические рецепторы, распознающие соответствующие молекулы. Эти рецепторы — специальные

* Цитраль — бесцветная или светло-желтая вязкая жидкость с сильным запахом лимона. — *Прим. перев.*

устройства распознавания — необходимы, поскольку нервы как таковые не могут ни видеть, ни обонять.

Чтобы видеть, людям нужны только три типа рецепторов, которые поглощают весь видимый свет. Свет состоит из более медленных или более быстрых волн, частота колебания которых вызывает впечатление разных цветов. Совсем иначе устроено обоняние. Каждая молекула аромата обладает уникальными химическими свойствами, которые отличают ее от всех других молекул. Вот почему у нас не три обонятельных рецептора, а около четырехсот. В противном случае мы не смогли бы воспринимать миллионы различных запахов.

Большинство рецепторов реагируют на целый спектр молекул. Их активация похожа на игру на фортепиано. Если вы нажмете четыреста клавиш-рецепторов, то сможете воспроизвести миллионы мелодий запахов. Как только нервы в нашем носу улавливают молекулы запаха, сигналы направляются в определенную область мозга, где информация передается в клубочки (гломерулы) — маленькие шарики нервной ткани. Каждый клубочек получает сообщения от нервов, связанных с определенным типом рецепторов. Соответственно, «мелодия» транслируется в трехмерную карту деятельности. Эта карта считывается нейронами следующего уровня и передается в другие области мозга, такие как гиппокамп и миндалевидное тело, где значение запаха кодируется и помещается в контекст. Я вернусь к важности этих областей и всей системы позже.

Интересно, что обонятельная система имеет в основном сходное строение у большинства изученных до сих пор живых организмов (за исключением растений). Периферические нервы с рецепторами сходятся в клубочки нервной ткани и в конечном итоге связаны с определенными областями мозга. Мы видим одни и те же строительные блоки у самых разных живых существ, от мух до людей.

Итак, хотя обоняние устроено более или менее одинаково у всех животных, оно, несомненно, имеет различное происхождение. Конвергентная эволюция на длинном пути от насекомых к человеку, вероятно, породила сходство между представителями различных классов. Для того чтобы все живые существа могли чувствовать запахи, их нос должен быть оснащен какой-либо формой химических детекторов, нейронов, которые могут улавливать различные молекулы в воздухе или в воде.

Восприятие и идентификация молекул происходят в обонятельных рецепторах, которые расположены в мембране обонятельных нервов — чувствительных нейронах. Рецепторы состоят из белков, молекулярные цепочки которых семь раз пронизывают мембрану нервной клетки. Они образуют карманы и складки, в которые молекулы аромата входят, как ключ в замок. Если ключ соответствует, он запускает нейробиохимический процесс, называемый каскадом передачи, который приводит к электрической реакции нервной клетки. Затем этот сигнал может пройти по аксону нейрона к первой обонятельной станции мозга.

Но прежде чем изучить, что происходит в мозге, давайте посмотрим на микроокружение обонятельных сенсорных нейронов. В носу всех млекопитающих, птиц и других наземных позвоночных нервные клетки контактируют напрямую с воздухом. Это единственное место в нашем теле, где нейроны непосредственно подвергаются воздействию среды. Поэтому нос снабжен защитным слоем слизи, который окружает открытые нейроны. У насекомых и других членистоногих нейроны заключены в маленькие волоски на антеннах и педипальпах («носах» насекомых). Каждый из этих крошечных волосков также содержит слизь. По составу она похожа на морскую воду, но в ней много белков, поэтому слизь становится вязкой и сложнее испаряется. Белки так-

же помогают жирным молекулам растворяться в «морской воде» носа.

От антенн и носа обонятельные сенсорные нейроны тянут свои аксоны к обонятельной луковице (у позвоночных) или антенной доле (у членистоногих) головного мозга. Эти первичные обонятельные центры мозга более или менее сходны у всех описанных здесь животных. Аксоны нейронов идут от носа к маленьким шарикам нервной ткани, называемым клубочками. Каждый тип обонятельных нейронов, продуцирующих обонятельные рецепторы определенного типа, нацеливается на определенный клубочек в луковице/доле. Таким образом, когда нейроны в носу или антеннах активируются, клубочки «раскрашиваются» картой активности. У насекомых — от пятидесяти до пятисот клубочков, у мыши их около двух тысяч, а у человека — еще больше.

Обработка информации частично происходит в обонятельной луковице или антенной доле с помощью рассеянных локальных нейронов, которые транспортируют информацию от одной маленькой сферы к другой и тем самым создают возможность влияния разных запахов друг на друга. В конце концов обработанное сообщение выходит из доли/луковицы через нейроны, связанные с высшими отделами мозга; здесь происходит восприятие, запоминание, принятие решений и другие когнитивные процессы.

А как насчет множества обонятельных сообщений, которые передают представители одного биологического вида друг другу и представителям другого вида? Что ж, для таких нейромедиаторов существует специальная терминология. Подробнее о ней рассказывается в следующих главах, здесь мы лишь упомянем некоторые из терминов.

Пахучее вещество, которое передает сообщение между особями одного и того же вида, называется феромоном.

Типичный пример можно найти у сук, которые, когда у них течка, посылают обонятельное сообщение, которое призывает всех кобелей в этом районе: «Приходите и спарьтесь со мной!» В следующих главах мы приведем много примеров феромонов и их действия.

Другие нейромедиаторы передают сообщения между разными видами. Обычно их различают в зависимости от того, кто получает от них пользу: отправитель или получатель. Если они приносят пользу получателю, говорят о кайромонах. Типичным примером может служить запах, испускаемый животным-жертвой — допустим, мышью, которую затем съест хищник, например кошка.

Если же запах полезен отправителю, это алломон. К этой категории относятся все аттрактанты, а также защитные механизмы, такие как у сунса, который распыляет вонючую жидкость, чтобы отогнать врагов.

И, наконец, запах-сообщение может принести пользу обеим сторонам. Такое вещество называется синомоном. Классический пример синомона — запах цветов, опыляемых насекомыми: цветок оплодотворяется, а насекомое получает вознаграждение в виде нектара и пыльцы.

Люди накопили большой объем информации о том, как работает обоняние, какие молекулы задействованы и какие поведенческие реакции оно вызывает. Обладая этими знаниями, мы можем планировать разные стратегии, которые принесут нам многочисленные выгоды. Электронные «носы» уже помогают нам в диагностике заболеваний, проверке безопасности и мониторинге загрязнения окружающей среды. Кроме того, существует огромная индустрия, занимающаяся изобретением новых соблазнительных ароматов для тела. Когда свиновод хочет оплодотворить свиноматку, он покупает синтетические феромоны хряка, чтобы настроить ее на нужный лад. Многие виды насекомых также мож-

но контролировать с помощью ароматов растений или феромонов.

В этой книге мы исследуем увлекательный мир ароматов на примерах из окружающей жизни. Получив знания о наших собственных органах обоняния, их функциях и строении, мы сможем рассмотреть системы других видов и даже классов.

В нескольких главах я поделюсь увлекательными открытиями, сделанными в ходе моих собственных исследований и исследований моих коллег. Это будут истории о разных животных, а также о том, как запахи растений влияют на окружающую среду. Я начну с возможного влияния изменения климата на экологию запахов и закончу обзором того, как люди используют обширные знания о запахах и поведении, управляемом запахами, в своих интересах.



Глава 1

ОБОНЯНИЕ В АНТРОПОЦЕНЕ